



TECNOLOGIAS

desenvolvidas pela Embrapa Cerrados e parceiros
que transformaram o Cerrado e o Brasil

Especial 40 anos



Fábio Gelape Faleiro
Sebastião Pedro da Silva Neto
Editores Técnicos

Embrapa

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Cerrados
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

TECNOLOGIAS

desenvolvidas pela Embrapa Cerrados e parceiros
que transformaram o Cerrado e o Brasil

Especial 40 anos

*Fábio Gelape Faleiro
Sebastião Pedro da Silva Neto*

Editores Técnicos

Embrapa
Brasília, DF
2022

Exemplar desta publicação disponível gratuitamente em: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br>

Responsável pelo conteúdo e pela edição

Embrapa Cerrados
BR 020, Km 18, Rod. Brasília / Fortaleza
Caixa Postal 08223
CEP 73310-970, Planaltina, DF
Fone: (61) 3388-9898
Fax: (61) 3388-9879
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente
Lineu Neiva Rodrigues
Secretária-executiva
Alexandra Duarte de Oliveira
Secretária
Alessandra S. Gelape Faleiro
Membros
Alessandra Silva Gelape Faleiro
Alexandre Specht
Edson Eyji Santo
Fábio Gelape Faleiro
Gustavo José Braga
Jussara Flores de Oliveira Arbues
Kleberson Worslley Souza
Maria Madalena Rinaldi
Shirley da Luz Soares Araujo
Supervisão editorial e revisão de texto
Jussara Flores de Oliveira Arbues
Normalização bibliográfica
Fábio Lima Cordeiro (CRB-1/1763)
Shirley da Luz Soares Araujo (CRB-1/1948)
Capa, projeto gráfico e diagramação
Wellington Cavalcanti
Fotos da capa
Fabiano Bastos
1ª edição
Publicação digital – PDF (2022)

Todos os direitos reservados

A reprodução desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei n° 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Cerrados

T255 Tecnologias desenvolvidas pela Embrapa Cerrados e parceiros que transformaram o Cerrado e o Brasil : especial 40 anos / Fábio Gelape Faleiro, Sebastião Pedro da Silva Neto, editores técnicos. – Planaltina, DF : Embrapa, 2022.

PDF (579 p.) : il. color.
ISBN 978-65-89957-03-4

1. Pesquisa agrícola. 2. Cerrado. I. Faleiro, Fábio Gelape. II. Silva Neto, Sebastião Pedro da. III. Embrapa Cerrados.

CDD (21. ed.) 333.740981

Shirley da Luz Soares Araujo (CRB-1/1948)

© Embrapa 2022

Autores

Adriano Delly Veiga

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Ailton Vitor Pereira

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Alexandre de Oliveira Barcellos

Engenheiro-agrônomo, doutor em Zootecnia, pesquisador da Embrapa-Sede, Secretaria Geral, Brasília, DF

Alexandre Nunes Cardoso

Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Ciência do Solo, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Alexandre Specht

Biólogo, doutor em Ecologia e Evolução da Biodiversidade, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Allan Kardec Braga Ramos

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Álvaro Moraes da Fonseca Neto

Médico-veterinário, doutor em Zootecnia, analista da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Amábilio José Aires de Camargo

Biólogo, doutor em Entomologia, analista da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Ana Maria Costa

Engenheira-agrônoma, doutora em Patologia Molecular, pesquisadora da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

André Ferreira Pereira

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Araci Molnar Alonso

Engenheira-agrônoma, doutora em Produção Vegetal, pesquisadora da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Arminda Moreira de Carvalho

Engenheira-agrônoma, doutora em Ecologia, pesquisadora da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Carlos Eduardo Lazarini da Fonseca

Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Melhoramento de Plantas e Biometria, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Carlos Frederico Martins

Médico-veterinário, doutor em Ciências Biológicas, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Charles Martins de Oliveira

Engenheiro-agrônomo, doutor em Entomologia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Claudio Alberto Bento Franz (in memoriam)

Engenheiro Agrícola, mestre em Engenharia Agrícola, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Cláudio Sanzonowicz

Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Ciências do Solo, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Claudio Takao Karia

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Cláudio Uilhôa Magnabosco

Zootecnista, doutor em Ciências Biológicas, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Cristiane Andréa de Lima

Engenheira-agrônoma, doutora em Produção Sustentável, estagiária da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Cynthia Torres de Toledo Machado

Engenheira-agrônoma, doutora em Ciências do Solo – Nutrição de Plantas, pesquisadora da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Daniel Pereira Guimarães

Engenheiro Florestal, doutor em Engenharia Florestal, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

Djalma Martinhão Gomes de Sousa (in memoriam)

Químico, mestre em Ciências do Solo, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Eder de Souza Martins

Geólogo, doutor em Geologia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Eduardo Alano Vieira

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitomelhoramento, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Eduardo Cyrino de Oliveira-Filho

Biólogo, doutor em Saúde Pública, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Eduardo da Costa Eifert

Engenheiro-agrônomo, doutor em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Elainy Botelho Carvalho Pereira

Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia, Pesquisadora da Agência Goiana de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária, Goiânia, GO

Fabiana de Gois Aquino

Bióloga, doutora em Ecologia, pesquisadora da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Fábio Bueno dos Reis Junior

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciências do Solo, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Fábio Gelape Faleiro

Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Fernando Antônio Macena da Silva

Engenheiro-agrônomo, doutor em Água e Solo, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Fernando Souza Rocha

Biólogo, doutor em Botânica, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Francisco Duarte Fernandes

Engenheiro-agrônomo, mestre em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Geraldo Bueno Martha Júnior

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência Animal e Pastagens, pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, SP

Giovana Alcantara Maciel

Zootecnista, doutora em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisadora da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Giuliano Marchi

Engenheiro-agrônomo, em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Gustavo José Braga

Zootecnista, doutor em Ciência Animal e Pastagens, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Heidi Christina Bessler Cumpa

Bióloga, mestre em Biologia Molecular, analista da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Helenice Moura Gonçalves

Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia, pesquisadora da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Herbert Cavalcante de Lima

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciências dos Alimentos, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Iêda de Carvalho Mendes

Engenheira-agrônoma, Ph.D. em Ciências do Solo, pesquisadora da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Isabel Cristina Ferreira

Médica-veterinária, doutora em Zootecnia, pesquisadora da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

João de Deus Gomes dos Santos Junior

Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

João Paulo Guimarães Soares

Zootecnista, doutor em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

João Roberto Correia

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciências do Solo, pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Alimentos e Territórios., Maceió, AL

Jorge Cesar dos Anjos Antonini

Engenheiro Agrícola, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Jorge Henrique Chagas

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS

Jorge Enoch Furquim Werneck Lima

Engenheiro Agrícola, doutor em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

José Carlos Sousa-Silva

Biólogo, Ph.D. em Botânica, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

José de Ribamar N. dos Anjos

Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Jose Felipe Ribeiro

Biólogo, Ph.D. em Ecologia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

José Humberto Valadares Xavier

Engenheiro-agrônomo, doutor em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

José Teodoro de Melo

Engenheiro Florestal, doutor em Ecologia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Josefino de Freitas Fialho

Engenheiro-agrônomo, mestre em Microbiologia Agrícola, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF.

Juaci Vitória Malaquias

Estatístico, mestre em Ciência de Materiais em Modelagem e Simulação Computacional, analista da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Julio Cesar Albrecht

Engenheiro-agrônomo, mestre em Fitomelhoramento, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Karina Pulrolnik

Engenheira Florestal, doutora em Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisadora da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Kleberson Worsley de Souza

Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Leide Rovenia Miranda de Andrade

Engenheira-agrônoma, Ph.D. em Solo e Nutrição Vegetal, pesquisadora da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Léo Duc Haa Carson Schwartzaupt da Conceição

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Lineu Neiva Rodrigues

Engenheiro Agrícola, doutor em Engenharia Agrícola, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Lourival Vilela

Engenheiro-agrônomo, mestre em Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Luciano Mansor de Mattos

Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Antropologia Social e Mudanças Climáticas Globais, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Luiz Carlos Balbino

Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Física do Solo, analista da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Luiz Carlos Stahnke Jung

Engenheiro-agrônomo, mestre em Ciências Agrárias, analista da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Luiz Osvaldo Fonseca Rezende (in memoriam)

Médico-veterinário, especialista em Reprodução em Bovinos, analista da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Marcelo Ayres de Carvalho

Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Agronomia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Marcelo Fideles Braga

Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Marcelo Leite Gastal

Engenheiro-agrônomo, doutor em Desenvolvimento Sustentável, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Marcelo Nascimento de Oliveira

Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Zootécnica de Sistemas de Criação, pesquisador da Embrapa Café, Brasília, DF

Marcos Aurélio Carolino de Sá

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência do Solo, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Marcos Fernando Oliveira e Costa

Médico-veterinário, doutor em Fisiologia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Maria Cristina Rocha Cordeiro

Bióloga, doutora Biofísica, pesquisadora da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Maria Madalena Rinaldi

Engenheira-agrônoma, doutora em Ciência e Tecnologia Pós-colheita, pesquisadora da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Marina de Fátima Vilela

Engenheira Florestal, doutora em Ciências Florestal, pesquisadora da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Nilton Tadeu Vilela Junqueira

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Omar Cruz Rocha

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Café, Brasília, DF

Rafael de Souza Nunes

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Café, Brasília, DF

Renato Fernando Amabile

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Robélio Leandro Marchão

Engenheiro Agrônomo, doutor em Agronomia, Pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Roberto Guimarães Júnior

Médico-veterinário, doutor em Ciência Animal, Pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF.

Roberto Teixeira Alves

Engenheiro-agrônomo, doutor em Entomologia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Rui Fonseca Veloso

Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Sistemas Rurais e Gestão de Recursos, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Sebastião Francisco Figueredo

Engenheiro Agrícola, mestre em Irrigação e Drenagem, pesquisador aposentado da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Sebastião Pedro da Silva Neto

Engenheiro-agrônomo, doutor em Biotecnologia Agrícola, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Sebastião Pires de Moraes Neto

Engenheiro Florestal, doutor em Ciências Biológicas, Pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Sergio Mauro Folle

Engenheiro Agrícola, mestre em Mecanização Agrícola, pesquisador Assessor da Diretoria de Inovação Tecnologia – DEIT Embrapa-Sede, Brasília, DF

Silvana Vieira de Paula Moraes

Engenheira-agrônoma, Ph.D. em Entomologia, professora da University of Florida, West Florida Research and Education Center, Jay, EUA

Solange Rocha Monteiro de Andrade

Bióloga, doutora Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisadora da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Sônia Maria Costa Celestino

Engenheira Química, doutora em Ciência Molecular, pesquisadora da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Tadeu Gracioli Guimarães

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Thomaz Adolpho Rein

Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Ciências do Solo, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Tito Carlos Rocha de Sousa

Cientista Econômico, mestre em Sociologia, analista da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Walter Quadros Ribeiro Júnior

Biólogo, Ph.D. em Filosofia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Wellington Pereira de Carvalho

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Apresentação

Este livro é um dos produtos da Reunião Anual de Apresentação de Resultados da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos. Esta reunião foi idealizada e realizada para alcançar cinco objetivos principais: (1) resgate e valorização da história da Embrapa Cerrados no desenvolvimento de tecnologias que transformaram o Cerrado e o Brasil; (2) levantamento das tecnologias desenvolvidas pela Embrapa Cerrados nos seus 40 anos de história; (3) levantamento de informações básicas de cada tecnologia para inserção no Sistema de Gestão das Soluções Tecnológicas da Embrapa (Gestec); (4) publicação da primeira versão do portfólio de tecnologias da Embrapa Cerrados; (5) identificação de tecnologias desenvolvidas pela Embrapa Cerrados para intensificação de ações de comunicação e transferência de tecnologia.

A Embrapa Cerrados ao longo da sua história, tem gerado soluções tecnológicas importantes para o desenvolvimento sustentável do bioma Cerrado. A produção agropecuária no Cerrado é referência de produtividade e sustentabilidade, conquistada por meio de importantes ações de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I). Tais ações foram importantes no passado, são no presente e serão no futuro, considerando a dinâmica da agricultura tropical e a complexidade do bioma Cerrado nos seus pilares

econômicos, sociais e ambientais. Uma agricultura forte exige uma ciência forte, de modo que é fundamental a continuidade das ações de PD&I na busca de soluções tecnológicas para ampliar o conhecimento, a preservação e a utilização racional dos recursos naturais do bioma Cerrado e para desenvolver sistemas de produção mais sustentáveis buscando o equilíbrio entre a agricultura e o uso dos recursos naturais.

Neste livro, foram definidas 22 áreas temáticas com base nos produtos, processos e serviços desenvolvidos pela Embrapa Cerrados nos seus 40 anos de história. Em cada área temática, é feito um relato histórico das ações de PD&I realizadas para o desenvolvimento das tecnologias. Além disso, foram relacionados os principais produtos, processos e serviços de cada área temática, os quais foram mais detalhados no Portfólio da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos (<https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br> (Digite o título e clique em “Pesquisar”). Entre as tecnologias relacionadas neste livro, foi feita uma análise daquelas que necessitam de maiores ações de comunicação e transferência de tecnologia para que sejam efetivamente disponibilizadas para o setor produtivo e para a sociedade.

Sebastião Pedro da Silva Neto
Chefe-Geral da Embrapa Cerrados

Sumário

CAPÍTULO 1 – Ações de Comunicação e Transferência de Tecnologia..25

| | |
|---|----|
| Introdução..... | 25 |
| A agenda de transferência de tecnologia da Embrapa Cerrados..... | 29 |
| Reunião Anual de Apresentação de Resultados da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos | 30 |
| Desafios e ações de transferência de tecnologia na Embrapa Cerrados..... | 31 |
| Considerações finais | 34 |
| Referências..... | 34 |

CAPÍTULO 2 – Recursos Naturais do Bioma Cerrado: componente biótico.....37

| | |
|--|----|
| Introdução..... | 37 |
| Um pouco da história das pesquisas e tecnologias geradas..... | 38 |
| Considerações..... | 45 |
| Produtos, processos e serviços descritos no portfólio de tecnologias da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos | 45 |
| Referências..... | 47 |

| | |
|--|------------|
| CAPÍTULO 3 – Geoprocessamento, Sensoriamento Remoto, Zoneamento Agrícola e a Busca de Sustentabilidade na Região do Cerrado | 55 |
| Introdução..... | 55 |
| Zoneamento agrícola de risco climático..... | 59 |
| Produtos, processos e serviços descritos no portfólio de tecnologias da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos | 63 |
| Referências..... | 64 |
| CAPÍTULO 4 – Soluções Tecnológicas nas Áreas de Irrigação, Hidrologia e Recursos Hídricos | 67 |
| Introdução..... | 67 |
| História das pesquisas com irrigação na Embrapa Cerrados | 69 |
| História das pesquisas em hidrologia e recursos hídricos na Embrapa Cerrados..... | 74 |
| Principais tecnologias geradas..... | 83 |
| Tecnologias geradas que necessitam de maiores ações de comunicação e transferência de tecnologia | 83 |
| Produtos, processos e serviços descritos no portfólio de tecnologias da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos | 86 |
| Referências..... | 87 |
| CAPÍTULO 5 – Caracterização, Manejo e Conservação do Solo e da Água | 109 |
| Introdução..... | 109 |
| Uma breve história das pesquisas sobre caracterização, manejo e conservação do solo e da água na Embrapa Cerrados | 111 |
| Principais tecnologias geradas..... | 112 |
| Considerações..... | 118 |
| Produtos, processos e serviços descritos no portfólio de tecnologias da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos | 118 |
| Referências..... | 119 |

| | |
|---|------------|
| CAPÍTULO 6 – Desenvolvimento das Tecnologias de Correção e Manutenção da Fertilidade dos Solos do Cerrado e Aspectos do seu Contexto | 133 |
| Introdução..... | 133 |
| Correção da acidez | 136 |
| Adubação fosfatada | 160 |
| Adubação potássica | 192 |
| Adubação nitrogenada | 197 |
| Adubação com enxofre..... | 207 |
| Adubação com micronutrientes | 212 |
| Considerações finais | 217 |
| Produtos, processos e serviços descritos no portfólio de tecnologias da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos | 221 |
| Homenagens e reconhecimento | 222 |
| Referências..... | 225 |
| CAPÍTULO 7 – Germoplasma, Melhoramento Genético e Uso Diversificado das Passifloras..... | 227 |
| Introdução..... | 227 |
| Um pouco da história das pesquisas com Passifloras na Embrapa Cerrados..... | 229 |
| Principais tecnologias geradas..... | 231 |
| Tecnologias geradas que necessitam de mais ações de comunicação e de transferência de tecnologia | 239 |
| Produtos, processos e serviços descritos no portfólio de tecnologias da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos | 240 |
| Referências..... | 243 |
| CAPÍTULO 8 – Soja: cultivares e sistema de produção..... | 245 |
| Retrospectiva histórica | 245 |
| A adaptação da soja às condições de baixas latitudes..... | 247 |
| Evolução do cultivo da soja no bioma Cerrado | 249 |
| Ambiente representativo do bioma Cerrado | 259 |

| | |
|--|------------|
| Novos desafios a partir da Lei de Proteção de Cultivares..... | 260 |
| Desenvolvimento de cultivares chave para a evolução da soja no Cerrado | 266 |
| Perspectivas para o futuro..... | 273 |
| Produtos, processos e serviços descritos no portfólio de tecnologias da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos | 274 |
| Referências..... | 276 |
| CAPÍTULO 9 – O Desenvolvimento do Trigo no Cerrado do Brasil Central: tecnologias geradas pela Embrapa Cerrados e parceiros | 279 |
| Introdução..... | 279 |
| Considerações finais | 289 |
| Produtos, processos e serviços descritos no portfólio de tecnologias da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos | 290 |
| Referências..... | 290 |
| CAPÍTULO 10 – Agroecologia e Produção Orgânica..... | 295 |
| Introdução..... | 295 |
| História das pesquisas com agroecologia e produção orgânica na Embrapa Cerrados | 297 |
| Principais resultados..... | 300 |
| Perspectivas para intensificação de pesquisa, transferência de tecnologia, intercâmbio, construção do conhecimento e comunicação..... | 303 |
| Produtos, processos e serviços descritos no portfólio de tecnologias da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos | 304 |
| Referências..... | 305 |
| CAPÍTULO 11 – Culturas Alternativas: cevada, girassol, café, pseudocereais e adubos verdes | 309 |
| Introdução..... | 309 |
| Cevada e girassol | 310 |
| Café | 314 |
| Pseudocereais..... | 317 |

| | |
|---|------------|
| Tecnologias geradas que necessitam de mais ações de comunicação e de transferência de tecnologia | 324 |
| Aubos verdes | 325 |
| Produtos, processos e serviços descritos no portfólio de tecnologias da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos | 330 |
| Referências..... | 332 |
| CAPÍTULO 12 – Melhoramento Participativo e Sistema de Produção da Mandioca..... | 337 |
| Introdução..... | 337 |
| Um pouco da história das pesquisas com mandioca na Embrapa Cerrados..... | 339 |
| Principais tecnologias geradas..... | 345 |
| Tecnologias geradas que necessitam de mais ações de comunicação e transferência de tecnologia | 352 |
| Produtos, processos e serviços descritos no portfólio de tecnologias da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos | 353 |
| Referências..... | 354 |
| CAPÍTULO 13 – Sistema de Produção Florestal | 359 |
| Introdução..... | 359 |
| Um pouco da história das pesquisas com <i>Eucalyptus</i> e <i>Pinus</i> , na Embrapa Cerrados | 363 |
| Um pouco da história das pesquisas com seringueira, na Embrapa Cerrados..... | 364 |
| Principais tecnologias geradas..... | 367 |
| Produtos, processos e serviços descritos no portfólio de tecnologias da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos | 374 |
| Referências..... | 377 |
| CAPÍTULO 14 – Contribuições na PD&I em Agroenergia | 381 |
| Introdução..... | 381 |
| Macaúba | 384 |
| Fevilha | 386 |

| | |
|---|------------|
| Dendê irrigado | 387 |
| Principais tecnologias geradas..... | 389 |
| Produtos, processos e serviços descritos no portfólio de tecnologias da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos | 392 |
| Referências..... | 393 |
| CAPÍTULO 15 – Fixação Biológica de Nitrogênio..... | 397 |
| Introdução..... | 397 |
| Um pouco da história das pesquisas com FBN na Embrapa Cerrados..... | 398 |
| Principais tecnologias geradas..... | 399 |
| Homenagens e reconhecimentos..... | 406 |
| Produtos, processos e serviços descritos no portfólio de tecnologias da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos | 409 |
| Referências..... | 410 |
| CAPÍTULO 16 – Fruticultura para o Cerrado | 413 |
| Introdução..... | 413 |
| Um pouco da história das pesquisas com fruticultura na Embrapa Cerrados..... | 414 |
| Principais tecnologias geradas..... | 415 |
| Tecnologias geradas que necessitam de mais ações de comunicação e de transferência de tecnologia | 424 |
| Publicações contendo partes das tecnologias descritas na Tabela 1 | 425 |
| Eventos para divulgação, treinamento e capacitação..... | 435 |
| Patentes, registros e cultivares protegidas..... | 436 |
| Produtos, processos e serviços descritos no portfólio de tecnologias da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos | 438 |
| Referências..... | 442 |
| CAPÍTULO 17 – Integração Lavoura-Pecuária e Integração Lavoura-Pecuária-Floresta..... | 445 |
| Introdução..... | 445 |

| | |
|--|------------|
| Evolução dos sistemas dos sistemas integrados na Embrapa Cerrados..... | 448 |
| A contribuição da experimentação na Embrapa Cerrados para quantificar os benefícios da integração lavoura-pecuária | 450 |
| Inclusão do componente florestal nos sistemas integrados..... | 458 |
| Considerações..... | 460 |
| Produtos, processos e serviços descritos no portfólio de tecnologias da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos | 460 |
| Referências..... | 461 |
| CAPÍTULO 18 – Tecnologias para Manejo Integrado de Insetos-Praga, Doenças e Plantas Daninhas..... | 463 |
| Introdução..... | 463 |
| Tecnologias desenvolvidas na Embrapa Cerrados | 464 |
| Consideração final | 477 |
| Produtos, processos e serviços descritos no portfólio de tecnologias da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos | 478 |
| CAPÍTULO 19 – Nutrição, Sanidade, Melhoramento Genético e Reprodução Animal | 481 |
| Introdução..... | 481 |
| Principais tecnologias geradas..... | 482 |
| Nutrição | 483 |
| Sanidade | 487 |
| Melhoramento genético..... | 490 |
| Reprodução animal..... | 494 |
| Manejo da reprodução | 494 |
| Avanços nas biotécnicas de reprodução animal | 497 |
| Treinamento em reprodução animal..... | 501 |
| Homenagens e reconhecimentos..... | 502 |
| Produtos, processos e serviços descritos no portfólio de tecnologias da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos | 502 |
| Referências..... | 503 |

| | |
|--|------------|
| CAPÍTULO 20 – Agronomia e Manejo de Plantas Forrageiras e de Pastagens..... | 507 |
| Introdução..... | 507 |
| Contexto das pesquisas com agronomia e manejo de forrageiras e de pastagens na Embrapa Cerrados | 509 |
| Principais tecnologias geradas..... | 512 |
| Tecnologias geradas que necessitam de maiores informações e ações de comunicação e transferência de tecnologia | 519 |
| Produtos, processos e serviços descritos no portfólio de tecnologias da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos | 521 |
| Referências..... | 521 |
| CAPÍTULO 21 – Melhoramento Genético de Forrageiras | 529 |
| Introdução..... | 529 |
| Contexto das pesquisas com forrageiras na Embrapa | 530 |
| Principais tecnologias geradas..... | 532 |
| Tecnologias geradas que necessitam de maiores informações e ações de comunicação e transferência de tecnologia | 536 |
| Produtos, processos e serviços descritos no portfólio de tecnologias da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos | 540 |
| Referências..... | 541 |
| CAPÍTULO 22 – Tecnologias em Mecanização Agrícola | 543 |
| Introdução..... | 543 |
| História das pesquisas em mecanização agrícola e principais tecnologias desenvolvidas | 544 |
| Homenagens e reconhecimentos..... | 561 |
| Produtos, processos e serviços descritos no portfólio de tecnologias da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos | 561 |
| Referências..... | 561 |

| | |
|--|------------|
| CAPÍTULO 23 – Agricultura Familiar e Desenvolvimento Rural | 565 |
| Introdução..... | 565 |
| As pesquisas com e para a agricultura familiar na Embrapa Cerrados..... | 568 |
| Exemplos de tecnologias desenvolvidas/adaptadas | 575 |
| Perspectivas para intensificação de ações de transferência de tecnologia, intercâmbio, construção do conhecimento e comunicação..... | 579 |
| Produtos, processos e serviços descritos no portfólio de tecnologias da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos | 579 |
| Referências..... | 580 |



Ações de Comunicação e Transferência de Tecnologia

Fábio Gelape Faleiro

Sebastião Pedro da Silva Neto

Introdução

O bioma Cerrado é a segunda maior formação vegetal brasileira e a savana tropical mais rica do mundo em biodiversidade, com plantas que apresentam diferentes potenciais de uso alimentar, medicinal, forrageiro, ornamental, artesanal, madeireiro, melífero, condimentar, oleaginoso, entre outros. Nos últimos anos, o aumento da produção agropecuária no Cerrado proporcionou incrementos significativos na participação do agronegócio no Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro. Essa importante contribuição da região do Cerrado para a economia brasileira é fruto das ações de pesquisa, desenvolvimento e inovação (Faleiro; Sousa, 2007) e do trabalho árduo dos agricultores. A produção agropecuária é uma relevante vocação do Cerrado, entretanto as questões ambientais e o uso racional dos recursos naturais são importantes demandas para as ações de pesquisa e desenvolvimento e de transferência de tecnologia.

Uma preocupação da sociedade é que a rica biodiversidade do Cerrado esteja ameaçada pelo avanço das fronteiras agrícolas, visando ao aumento

da produção de alimentos, de fibras e de energia. Esse avanço pode ocorrer pela ocupação antrópica desordenada e pelo extrativismo predatório, mas também por meio de ações planejadas de uma agricultura sustentável que aumente a produção e diminua os impactos ambientais (Parron et al., 2008). A busca pelo equilíbrio entre as demandas da sociedade, das atividades da agricultura e do impacto nos recursos naturais é um dos principais desafios para as ações de pesquisa, desenvolvimento, transferência de tecnologia e inovação para o Cerrado (Faleiro; Farias Neto, 2008; 2009).

Ao longo dos seus 40 anos de história, a Embrapa Cerrados tem gerado soluções tecnológicas importantes para o desenvolvimento sustentável do bioma Cerrado, as quais são apresentadas neste livro. Para que uma solução tecnológica seja utilizada de forma prática, resolva um problema e se torne uma inovação, as ações de comunicação e transferência de tecnologia são fundamentais. Para isso, a Embrapa Cerrados tem utilizado diferentes estratégias de comunicação e métodos e instrumentos de transferência de tecnologia, como capacitação continuada, dias de campo, cursos, feiras e exposições, lançamentos de tecnologias, leilões, palestras, reuniões técnicas, seminários, simpósios e congressos, visitas técnicas, workshops, unidades demonstrativas, unidades de observação e unidades de referência tecnológica, vitrines de tecnologias, redes e arranjos de inovação, entre outras. Normalmente, essas atividades são realizadas de forma participativa, colaborativa e organizada, que envolve produtores, governo, órgãos ambientais, comunidades locais, utilizando critérios técnicos e ações bem planejadas e estruturadas com o intuito de gerar benefícios sociais, econômicos e ambientais.

Para operacionalizar as ações de transferência de tecnologia, a Embrapa Cerrados conta com uma Chefia Adjunta de Transferência de Tecnologia, a qual possui dois setores operacionais: Setor de Implementação da Programação de Transferência de Tecnologia (SIPT) e Setor de Prospecção e Avaliação de Tecnologias (SPAT). O SIPT é responsável pela logística dos eventos técnicos, científicos e institucionais promovidos pela unidade (programação visual, design gráfico de publicações técnicas e peças promocio-

nais, infraestrutura necessária, divulgação, marketing, etc.); pelo Serviço de Atendimento ao Cidadão (SAC); pelo registro dos eventos no Sistema de Apoio à Gestão de Eventos (AGE) e das soluções tecnológicas desenvolvidas no Sistema de Gestão das Soluções Tecnológicas da Embrapa (Gestec). O SPAT é responsável pelos estudos de prospecção de demandas para ações de pesquisa, desenvolvimento e transferência de tecnologia e também pela avaliação do uso das tecnologias na perspectiva dos usuários (adoção) e de seus respectivos impactos socio-econômicos e ambientais. Estão também ligados à chefia adjunta de TT o Centro de Tecnologia para Raças Zebuínas Leiteiras (CTZL), que é um centro de referência tecnológica e de capacitação nas áreas de biotecnologia aplicada à pecuária e produção animal; e o Comitê Local de Propriedade Intelectual (CLPI), que atua na negociação de contratos de transferência de tecnologia com parceiros e clientes, na elaboração do plano de negócios e nos processos de registro de propriedade intelectual das tecnologias geradas pela Unidade. Outros setores de grande importância nas ações de transferência de tecnologia da Embrapa Cerrados são o Núcleo de Comunicação Organizacional (NCO) e o Núcleo de Articulação Internacional (NAI) que estão formalmente vinculados à chefia geral da Unidade, mas que trabalham de forma articulada e sinérgica com a equipe de TT (Figura 1).

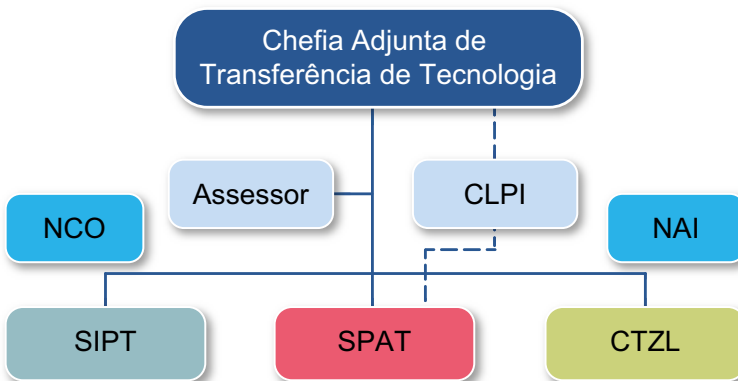


Figura 1. Organograma da Chefia Adjunta de Transferência de Tecnologia da Embrapa Cerrados.

As ações sinérgicas do SIPT e SPAT permitem a implementação da programação de transferência de tecnologia da unidade e também a realização de trabalhos de prospecção de demandas e avaliação de tecnologias desenvolvidas e disponibilizadas ao setor produtivo. Este trabalho envolve uma interação forte com a equipe de pesquisa e desenvolvimento no sentido de levantar as tecnologias desenvolvidas e validadas para uma determinada região ou cadeia produtiva e identificar usuários potenciais dessas tecnologias. Adequadas estratégias de comunicação são estabelecidas e as metodologias e ferramentas de transferência de tecnologia são aplicadas, viabilizando a adoção das tecnologias validadas disponíveis. Os resultados e impactos das tecnologias transferidas e adotadas são avaliados e novas demandas tecnológicas são identificadas ou prospectadas, o que retroalimenta os novos projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação (Figura 2).

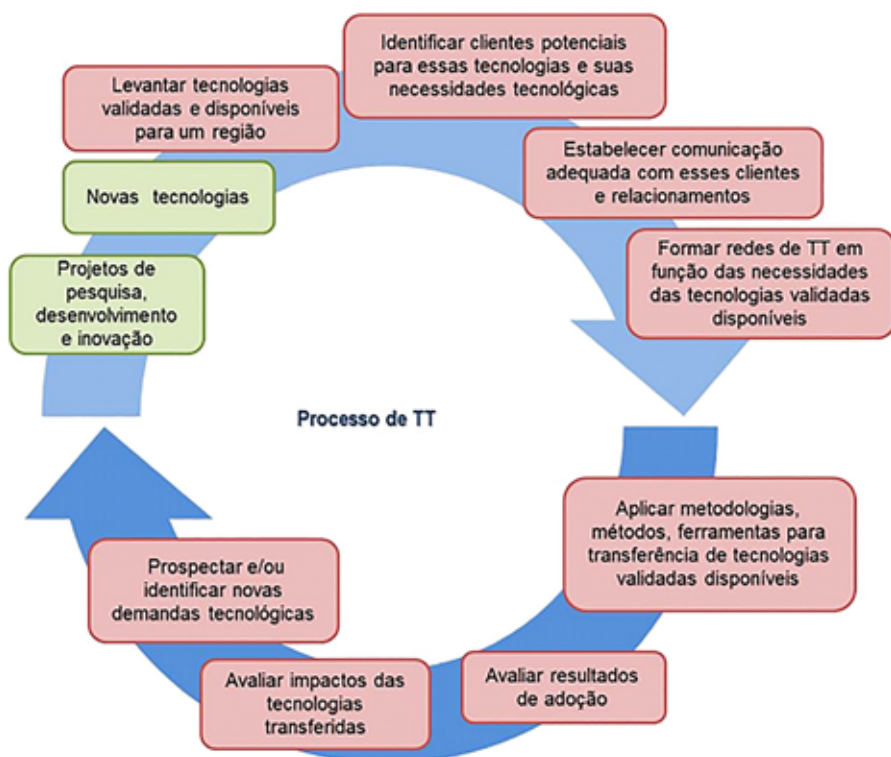


Figura 2. Processo simplificado das ações de transferência de tecnologia na Embrapa Cerrados.

A agenda de transferência de tecnologia da Embrapa Cerrados

Com o objetivo de nortear a atuação das ações de comunicação e de transferência de tecnologia, a unidade conta com uma agenda construída em alinhamento com o Plano de Trabalho da Chefia Geral, o Plano Diretor da Unidade (PDU), o Plano Diretor da Embrapa (PDE), a agenda de pesquisa e desenvolvimento, as políticas de transferência de tecnologia (TT) da Embrapa e com as demandas nacionais e internacionais que envolvem ações de TT. Essas demandas são oriundas do setor produtivo, dos programas e das políticas governamentais e dos programas de cooperação nacional e internacional.

A agenda de TT da Embrapa Cerrados foi fundamentada em cinco pilares:

Pilar I – Interface entre P&D e TT.

Pilar II – Formação e Fortalecimento de Redes de Parcerias Nacionais de P&D e TT.

Pilar III – Ampliação e Intensificação das Ações de TT.

Pilar IV – Políticas Públicas Nacionais- Programas e Projetos Governamentais.

Pilar V – Atuação Internacional da Embrapa Cerrados.

Nos últimos anos, tem-se feito um esforço para implementar a Agenda de TT, considerando seus alinhamentos e pilares. Entre os principais avanços pode-se citar:

- 1) Melhoria da organização das soluções tecnológicas e ações de TT, usando os sistemas corporativos da empresa (SAC, AGE e Gestec).
- 2) Estabelecimento de redes de cooperação para fortalecer e dar capilaridade às ações de transferência de tecnologia.
- 3) Estabelecimento e fortalecimento de redes para dar competitividade à agricultura de base familiar, agroecológica e aos assentados da refor-

ma agrária, a exemplo das parcerias com a Emater na montagem de unidades de referência tecnológica e na realização de eventos de TT.

- 4) Capacitação e atualização de profissionais da TT em áreas relacionadas ao processo de TT (negócios tecnológicos, marketing, propriedade intelectual, novas tecnologias da informação).
- 5) Fortalecimento do processo de Comunicação para Transferência de Tecnologia, incluindo ações integradas e sinérgicas com o Núcleo de Comunicação Organizacional.
- 6) Ações integradas com o Núcleo de Articulação Internacional para melhorar a atuação internacional da Unidade, em consonância com as prioridades e orientação da Agenda Internacional da Embrapa.
- 7) Desenvolvimento de instrumentos de gestão para TT para facilitar o planejamento, monitoramento e avaliação das tecnologias desenvolvidas e disponíveis na Unidade.

Para avançar nessa implementação da agenda de TT, o ponto chave foi integrar, interagir e trabalhar de forma sinérgica com a equipe de P&D, o que teve reflexos positivos em todos os cinco pilares da agenda de TT. Destaque especial dessa ação integrada foi a realização da Reunião Anual de Apresentação de Resultados da Embrapa Cerrados – Especial 40 Anos, com foco nas soluções tecnológicas e ações de comunicação e transferência de tecnologia.

Reunião Anual de Apresentação de Resultados da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos

Esta reunião foi idealizada e realizada para alcançar cinco objetivos principais:

- 1) Resgate e valorização da história da Embrapa Cerrados no desenvolvimento de tecnologias que transformaram o Cerrado e o Brasil.
- 2) Levantamento das tecnologias desenvolvidas pela Embrapa Cerrados nos seus 40 anos de história.

- 3) Levantamento de informações básicas de cada tecnologia para inserção no Sistema de Gestão das Soluções Tecnológicas da Embrapa (Gestec).
- 4) Publicação do portfólio de tecnologias da Embrapa Cerrados.
- 5) Identificação de tecnologias desenvolvidas pela Embrapa Cerrados para intensificação de ações de comunicação e transferência de tecnologia.

Pode-se dizer que os objetivos da reunião foram alcançados, considerando a memória do evento (Embrapa Cerrados, 2016) e o seu registro por meio das publicações do registro jornalístico e técnico dos 22 temas apresentados pelos grupos de trabalho e da elaboração da primeira versão do portfólio de soluções tecnológicas desenvolvidas na Embrapa Cerrados (Figura 3).

Desafios e ações de transferência de tecnologia na Embrapa Cerrados

Considerando as ações de TT no Cerrado, os principais desafios são o tamanho e a complexidade do bioma, tanto nos aspectos relacionados ao meio ambiente quanto à diversidade socioeconômica. O bioma Cerrado apresenta 204,7 milhões de hectares e uma área cultivável de aproximadamente 139 milhões de hectares. Para minimizar a dificuldade relacionada ao tamanho e à complexidade do bioma Cerrado, são realizadas ações para aumentar a capilaridade dos eventos de TT por meio do uso da internet (home page de eventos, registro de memória, disponibilização online de materiais didáticos) e dos diferentes veículos de comunicação impressa, rádio e TV, além do aumento da capacitação de multiplicadores com instituições parceiras da Rede de TT, articulada nos locais em que há atuação, visando aumentar a oferta de eventos e cursos com maior frequência e regularidade. Também é dada uma atenção especial aos sistemas corporativos da Embrapa, merecendo destaque a melhoria dos indicadores de qualidade do SAC e o aumento da quantidade e a qualidade de publicações técnico-científicas e

das soluções tecnológicas disponibilizadas no portal da Embrapa (Embrapa, 2016a; 2016b).



Figura 3. Registro da Reunião Anual de Apresentação de Resultados da Embrapa Cerrados – Especial 40 Anos. Brasília, DF, 2015.

Considerando a necessidade de ampliação do processo de transferência de tecnologia em todo bioma Cerrado, enfatiza-se a necessidade de captação de recursos e de ampliação da rede de parceiros para operacionalizar as ações de comunicação e TT com dinamismo e agilidade. Isso torna-se mais estratégico, uma vez que, a partir da reunião de apresentação de resultados 2015, a Embrapa Cerrados iniciou um processo de reflexão com o objetivo de atuar na perspectiva de apoio ao desenvolvimento em bases territoriais em regiões estrategicamente escolhidas. Esse processo possibilitará maior aproximação com o setor produtivo para identificar problemas e demandas reais para ações de pesquisa, de desenvolvimento e de transferência de tecnologia, além de dinamizar o processo de inovação tecnológica. Para que esse processo seja operacionalizado com sucesso e tenha continuidade, será necessária a construção de uma estratégia de atuação participativa e sinérgica por meio de fortes parcerias público-privadas, além de fontes de recursos financeiros que possam ser utilizados de forma dinâmica e eficiente.

A construção dessa agenda regionalizada e integrada vem aumentando a capacidade de resposta institucional às demandas do setor produtivo de várias regiões do bioma Cerrado. Essa estratégia está na coordenação do Departamento de Transferência de Tecnologia e do Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento da Embrapa e envolve várias unidades descentralizadas, além da Embrapa Cerrados. Os principais polos de atuação envolvem o Triângulo Mineiro, Sudoeste goiano, Norte e Sul do Mato Grosso, região do Matopiba e região dos Bolsões. Nos últimos anos, houve um avanço nos principais objetivos da rede:

- 1) Diagnosticar com o setor produtivo as principais demandas de P&D e TT para as regiões alvo.
- 2) Identificar os parceiros públicos e privados que poderão implantar e conduzir as ações de P&D e TT.
- 3) Identificar instituições privadas que poderão se constituir em “pontos focais” de ações em parceria.

- 4) Definir o melhor arranjo institucional para implementação de propostas.
- 5) Estruturar a Embrapa tanto nas suas equipes multidisciplinares quanto nas suas necessidades físicas e financeiras para a implementação de propostas.

Considerações finais

As inovações tecnológicas desenvolvidas pela Embrapa Cerrados ao longo dos seus 40 anos de história são impactantes e importantes para a agricultura brasileira, sobretudo para a região do Cerrado. Certamente, ainda existem produtores ou cadeias produtivas que podem melhorar sua eficiência e produtividade com sustentabilidade econômica e ambiental, utilizando as soluções tecnológicas desenvolvidas pela Embrapa Cerrados e parceiros. Nesse sentido, as ações de comunicação e transferência de tecnologia integradas às ações de pesquisa e desenvolvimento são essenciais. Considerando a complexidade e a natureza dinâmica da agricultura, novos desafios e demandas surgem a cada ano em busca do equilíbrio entre o agronegócio e seus impactos sociais e ambientais. Para a busca desse equilíbrio, ações de P&D e TT devem ser integradas e baseadas nas reais demandas da sociedade, visando ao desenvolvimento econômico regional e ao uso sustentável e racional dos recursos naturais.

Referências

EMBRAPA CERRADOS. **Memórias da Reunião Anual de Apresentação de Resultados da Embrapa Cerrados**: especial 40 anos. 2016. Disponível em: <http://www.cpac.embrapa.br/memoriamostra2015/>. Acesso em: 20 fev. 2016.

EMBRAPA. **Produtos, processos e serviços**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/produtos-processos-e-servicos>. Acesso em: 20 fev. 2016a.

EMBRAPA. **Publicações**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/publicacoes>. Acesso em: 20 fev. 2016b.

FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. **Savanas**: demandas para a pesquisa. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2009. 170 p.

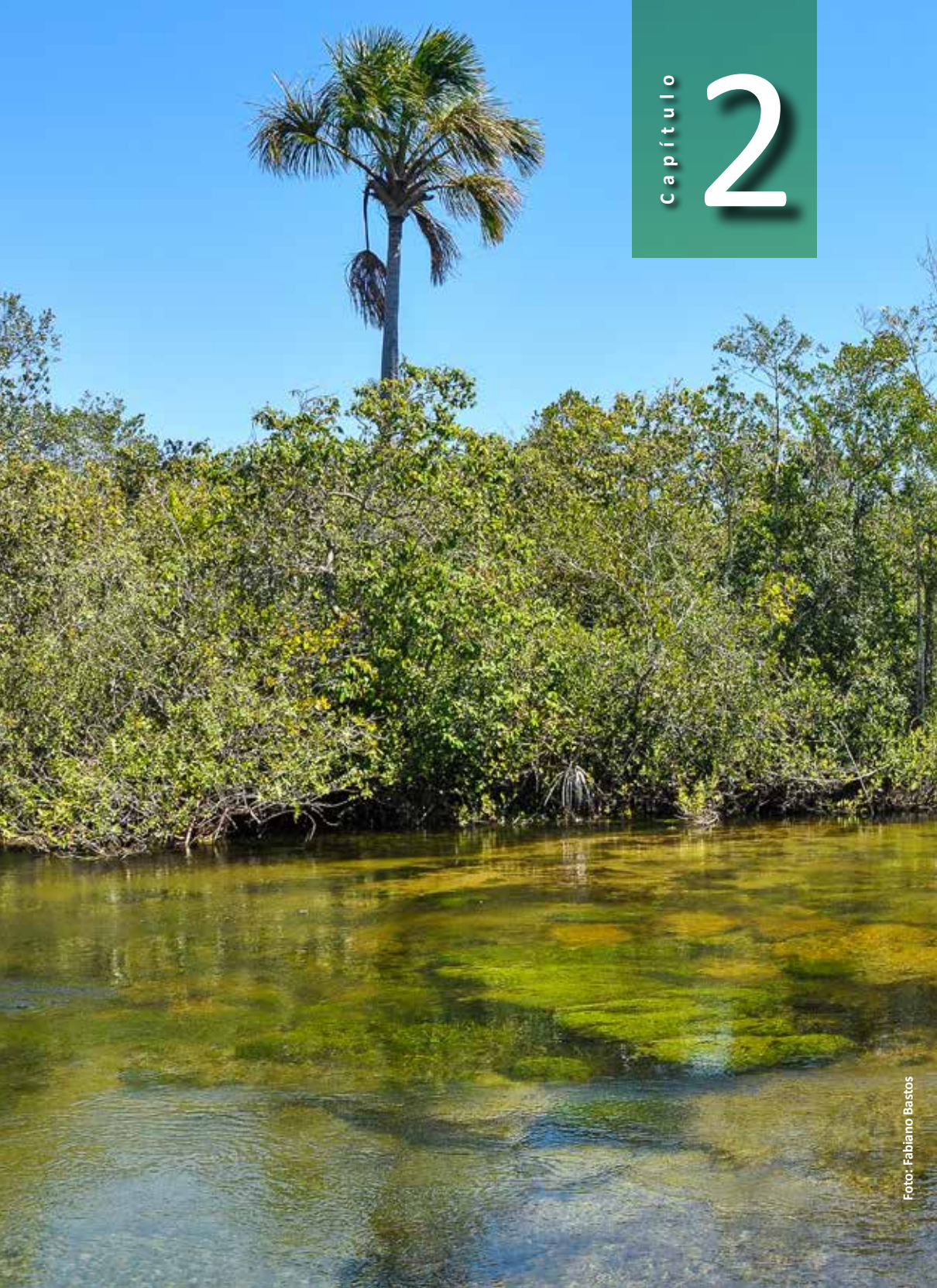
FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. **Savanas**: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. 1198 p.

FALEIRO, F. G.; SOUSA, E. S. **Pesquisa, desenvolvimento e inovação para o Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. 138 p.

PARRON, L. M.; AGUIAR, L. M. S.; DUBOC, E.; OLIVEIRA FILHO, E. C.; CAMARGO, A. J. A.; AQUINO, F. G. **Cerrado**: desafios e oportunidades para o desenvolvimento sustentável. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. 464 p.

Capítulo

2



Recursos Naturais do Bioma Cerrado: componente biótico

Carlos Eduardo Lazarini da Fonseca

Fabiana de Gois Aquino

José Felipe Ribeiro

Fernando Souza Rocha

José Carlos Sousa-Silva

Araci Molnar Alonso

Introdução

O bioma Cerrado é a segunda maior formação vegetal brasileira e a savana tropical mais rica do planeta em biodiversidade. Concentra em torno de 5% da flora e da fauna do mundo e em torno de 30% da biodiversidade do país. Na grandeza de sua riqueza e oportunidades, novas visões de aproveitamento dos recursos naturais da região do Cerrado para a produção de alimentos surgiram no início da década de 1970 do século passado, em razão da grande disponibilidade de terras, da água e da topografia, na maioria, compatível à mecanização agrícola.

As oportunidades fortemente atreladas às políticas públicas eram de substituição à importação de alimentos, de produção de excedentes para exportação e de melhoria no equilíbrio da balança comercial do País. Na ótica da pesquisa, o grande desafio era conhecer a oferta ambiental e desenvolver novas tecnologias para o domínio agrônomo da região com uma robusta base científica.

Conhecer a base de recursos naturais do bioma Cerrado se tornou a grande prioridade de pesquisa da Embrapa Cerrados, criada em 1975, visando o uso sustentável do bioma e o desenvolvimento de sistemas de produção agrícola que fossem técnico e economicamente viáveis. Estudos sobre o clima, o solo, os recursos hídricos, a geologia, o uso potencial da flora, as fitofisionomias, a fauna entomológica, o aproveitamento alimentar, entre outros, foram intensamente desenvolvidos nessa fase.

Um pouco da história das pesquisas e tecnologias geradas

No componente biótico, a realização de inúmeros levantamentos florísticos, fitossociológicos, fitofisionômicos, biogeográficos e faunísticos contribuiu com as informações para a construção da base de conhecimento para definir formas de preservação e conservação, incluindo o uso sustentável. Conhecimentos sobre caracterização fitossociológica de vegetação lenhosa e herbácea foram disponibilizados por Ribeiro et al. (1985a; 1985b); composição florística e ecologia de populações por Azevedo et al. (1985), Aquino et al. (2002), Ratter et al. (2003) e Aquino et al. (2014); definição das fitofisionomias do bioma Cerrado por Ribeiro e Walter (1998; 2008); fitossociologia e fisionomias dos Cerrados por Walter et al. (2015), como ilustrado na Figura 1; fenologia de espécies arbóreas por Sano et al. (1995) e Melo et al. (2008); levantamentos de lepidópteros noturnos por Camargo e Becher (1999), Camargo et al. (2008), Becker e Camargo (2001) e Aguiar e Camargo (2004); caracterização ambiental e da flora por Sano e Almeida (1998) e Sano et al. (2008); bem como registros iconográficos dos elementos da biota por Miranda et al. (2010).

Concomitantemente aos levantamentos, esforços foram feitos para caracterizar e definir o uso madeireiro de espécies nativas do bioma (medicinal e alimentar, potencial e real) por Almeida (1998a, 1998b), Almeida et al. (1987, 1998) e Aquino et al. (2007).



Figura 1. Fitofisionomias do bioma Cerrado.

Fonte: Ribeiro & Walter, 2008.

Após a fase inicial de caracterização dos recursos naturais bióticos, que gerou importante cabedal de conhecimento fundamental sobre o bioma Cerrado, uma variedade de estudos aplicados vem permitindo a disponibilização de tecnologias para viabilizar a restauração ecológica, dar suporte ao manejo extrativista e definir técnicas de cultivo de espécies frutíferas e florestais nativas. Os levantamentos florísticos foram usados para o mapeamento de populações silvestres de plantas lenhosas em 376 áreas de Cerrado e savanas amazônicas (Ratter et al., 2003). Os estudos fenológicos levaram à elaboração de calendários para orientação de épocas de coleta de frutos e sementes para espécies de diferentes fitofisionomias (Oliveira et al., 2016; Embrapa, 2016). O calendário contempla 135 espécies indicadas para restauração de Área de Preservação Permanente (APP) e Área de Reserva Legal (ARL) no bioma Cerrado, com indicação dos meses para a coleta de sementes em ambientes ripários (mata ciliar, mata de galeria e veredas), secos férteis (matas secas) e secos pouco férteis (paisagens savânicas/cerrado sentido amplo) do bioma. Também foram definidas técnicas de coleta de frutos e extração de sementes para mais de 250 espécies do bioma (Fonseca et al., 1999; Sousa-Silva et al., 2001; Salomão et al., 2003; Melo et al., 2008; Oliveira et al., 2016), bem como técnicas de armazenamento de sementes (Gomide et al., 1994; Oliveira; Silva, 2011).

Com a intensificação da produção agropecuária nas décadas de 1980 e 1990, grandes áreas de formações savânicas e florestais foram incorporadas ao processo produtivo de alimentos. Em várias dessas áreas, a ocupação foi desordenada, além de não considerar princípios básicos de uso potencial do solo e de produção agropecuária sustentada e equilibrada com a oferta ambiental. Diversos problemas ambientais decorrentes surgiram nas microbacias hidrográficas da região e, ainda na década de 1990, já era evidente uma consciência ambiental ligada às questões de produção de alimentos. Como resposta, a Embrapa Cerrados, com o apoio do Ministério da Agricultura e Abastecimento e do Ministério do Meio Ambiente, em parceria com outras unidades da Embrapa, Universidades de Brasília e Universidade Federal de Uberlândia, iniciou um amplo programa de pesquisa para caracterização e recuperação de matas de galeria do bioma. Mais recentemente, também

surgiu como demanda da sociedade, ações de pesquisa na vertente de restauração ecológica de áreas de reserva legal.

Tecnologias para propagação e produção de mudas foram definidas para várias espécies frutíferas nativas do bioma. Estudos de quebra de dormência criaram bases para a definição de técnicas de produção de mudas de pequi (*Caryocar brasiliense* Cambess.) e araticum (*Annona crassiflora* Mart.) (Melo; Gonçalves, 1991; Pereira et al., 2004; 2009). Estudos sobre germinação e emergência de plântulas permitiram definir épocas, profundidades e ambientes para produção de mudas de cagaita (*Eugenia dysenterica* (Mart.) DC.), baru (*Dipteryx alata* Vogel.) e mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) (Fonseca et al., 1994a; 1994b; Ribeiro et al., 1996; Pereira et al., 2000). Houve o desenvolvimento de técnicas específicas para propagação sexuada e assexuada de pitaya (*Selenicereus setaceus* Rizz.) (Junqueira et al., 2002), pequi (Silva; Fonseca, 1991; Pereira et al., 2002), mangaba (Pereira et al., 2002) e maracujá silvestre (*Passiflora setacea* De Candolle) (Braga et al., 2006; Costa et al., 2015). Um amplo compêndio foi organizado por Oliveira et al. (2016), contemplando técnicas de coleta de sementes e de produção de mudas de várias outras frutíferas nativas. Tecnologias para propagação e produção de mudas foram também definidas para espécies de ambientes florestais, como em Sousa-Silva et al. (2001), que realizaram estudos sobre coleta e germinação de sementes e emergência de plântulas de espécies arbóreas e arbustivas que ocorrem em matas de galeria, e em Ferreira; Ribeiro (2001), especificamente em áreas alagadas. Adicionalmente, definiram-se técnicas de propagação vegetativa para quatro espécies de mata de galeria: *Calophyllum brasiliense* Camb., *Simarouba versicolor* St. Hill., *Tibouchina stenocarpa* DC. (Rios et al., 2001) e *Euplassa inequalis* (Pohl) Engl. (Oliveira; Ribeiro, 2013). Técnicas de produção de mudas para um total aproximado de 150 espécies de matas de galeria estão descritas nos trabalhos de Fonseca e Ribeiro (1992, 1998), Parron e Caus (2001), Fonseca et al. (2001), Sousa-Silva e Fagg (2011); Oliveira et al. (2016) e Embrapa (2016).

Estudos sobre aspectos bióticos, abióticos e socioeconômicos contribuíram substancialmente para definição de técnicas para conservação e res-

tauração de ambientes degradados de matas de galeria. Inicialmente, foram desenvolvidos modelos de restauração de matas de galeria, com base no conceito de sucessão ecológica, em que grupos de espécies arbóreas, com funções ecológicas distintas, como pioneiras e não pioneiras, sucedem-se, gradualmente, ao longo do tempo. Esses modelos, aplicados em plantios de restauração de 114 propriedades agrícolas em microbacias do Distrito Federal e Entorno, partiram da utilização de 49 espécies florestais de 26 famílias botânicas e diferentes grupos sucessionais. Todos os levantamentos e técnicas contemplados nessa primeira fase de pesquisas de restauração foram amplamente descritos e detalhados por Ribeiro et al. (2001; 2012).

A incorporação de novos conceitos baseados em funcionalidade ecológica foi uma medida fundamental e inovadora nas pesquisas para a restauração ecológica de ambientes ripários. Diferentes técnicas vêm sendo desenvolvidas para plantios de restauração de matas de galeria e ciliares, como, por exemplo, via semeadura direta de espécies herbáceas, arbustivas e arbóreas, considerando a diversidade de espécies, grupos funcionais e tipos de preparo do solo (Albuquerque et al., 2010; Albuquerque et al., 2013a; Albuquerque et al., 2013b; Passos et al., 2014; Oliveira et al., 2015). Nas duas décadas mais recentes, vem sendo testadas técnicas de nucleação que visam criar micro-habitats que possam promover a regeneração natural por meio da atração de espécies de diferentes formas de vida, formando uma rede de interações entre os organismos (Reis et al., 2006). Esses novos conceitos permitem o desenho de modelos com estruturas e microambientes mais efetivos para o sucesso da restauração ecológica (Albuquerque et al., 2010; Albuquerque et al., 2013a; Albuquerque et al., 2013b; Passos et al., 2014; Oliveira et al., 2015).

Na vertente de fruteiras nativas, diversas técnicas foram definidas e sugeridas para o plantio de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.), pequi, mangaba, araticum e baru (Sano et al., 1994; Sano et al., 1995; Silva, 1998; Salviano et al., 2000a; 2000b; Sano; Fonseca, 2003; Melo et al., 2000). Alguns estudos sobre fungos associados ocorreram para cagaita (Gomide et al., 1994) e mangaba (Junqueira et al., 2005). Realizou-se, também, estudos visando a quantificação de frutos e produtos florestais não madeireiros de diversas

espécies nativas como o pequi, o araticum, a gueroba (*Syagrus oleracea* (Mart.) Becc.), a cagaita e o baru (Aguiar; Almeida, 2000; Ribeiro et al., 2000; Sano; Simon, 2008). Para espécies de maracujá nativo, Faleiro et al. (2014; 2015), inúmeras tecnologias voltadas ao plantio e processamento que estão descritas em capítulo específico desta publicação. A macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart.), prioridade energética para a região, detém várias tecnologias que também estão abordadas em capítulo específico.

Os estudos de caracterização do uso alimentar potencial se tornaram a base para o desenvolvimento de alguns produtos como a geleia de buriti (Celestino, 2013), iogurte com fibras da casca de maracujás nativos (Pereira et al., 2009), pães elaborados com jatobá e maracujá (Duarte et al., 2013), obtenção do óleo de baru (Sano et al., 2009), além de inúmeras receitas para processamento local e caseiro (Almeida et al., 1994; 1998b; Faleiro et al., 2015).

Nesse contexto, na Tabela 1, apresenta-se a síntese das principais tecnologias, processos e produtos gerados com base na fauna e flora do bioma Cerrado em 40 anos de Embrapa Cerrados.

Tabela 1. Tecnologias, processos e produtos gerados com base nos recursos naturais bióticos do bioma Cerrado em 40 anos da Embrapa Cerrados.

| Solução tecnológica | Tipo |
|--|-------------------------------|
| Tecnologias para a restauração de APPs e ARLs | |
| Método de classificação das fitofisionomias do bioma Cerrado | Metodologia |
| Tecnologia para coleta de frutos e sementes | Processo/Prática agropecuária |
| Tecnologia para armazenamento de sementes | Processo/Prática agropecuária |
| Tecnologia para propagação e produção de espécies nativas | Processo/Prática agropecuária |
| Modelos de plantios de restauração para APP | Processo/Prática agropecuária |
| Modelos de plantios de restauração para RL | Processo/Prática agropecuária |

Continua...

Tabela 1. Continuação.

| Solução tecnológica | Tipo |
|--|-----------------------------------|
| Tecnologias para uso, cultivo e manejo extrativista sustentável | |
| Mapeamento de áreas com interesse para conservação | Serviço/Mapeamento/ Zoneamento |
| Levantamentos florísticos e fitossociológicos | Serviço/Análise/Levantamento |
| Mapeamento de populações silvestres | Serviço/Mapeamento/ Zoneamento |
| Uso madeireiro, medicinal e alimentar, potencial e real de espécies nativas | Processo agroindustrial |
| Calendário fenológico | Processo/Prática agropecuária |
| Tecnologia para coleta de frutos e sementes | Processo/Prática agropecuária |
| Tecnologia para propagação e produção de mudas de espécies nativas | Processo/Prática agropecuária |
| Tecnologia para manejo da fauna | Processo/Prática agropecuária |
| Recomendação para o manejo da polinização | Processo/Prática agropecuária |
| Recomendação de sistemas de plantios | Processo/Prática agropecuária |
| Estabelecimento e manejo dos plantios | Processo/Prática agropecuária |
| Quantificação da produção de frutos | Processo/Prática agropecuária |
| Produtos | |
| Base de dados de levantamentos florísticos e espécies para estabelecimento de plantios | Serviço/Análise/Levantamento |
| Armadilha luminosa para captura de insetos noturnos | Equipamento |
| Protocolos para coleta de insetos noturnos | Metodologia |
| Monitoramento da diversidade de insetos | Serviço/Análise/Levantamento |
| Adaptação de metodologia para conservação de insetos em coleção entomológica | Metodologia |
| Método para recuperação e criopreservação de células somáticas de mamíferos silvestres | Metodologia |

Continua...

Tabela 1. Continuação.

| Solução tecnológica | Tipo |
|--|-------------------------------|
| Armadilha com dispositivo antipilhagem para coleópteros | Equipamento |
| Produtos alimentares (geleia de Buriti e barra de cereal de Baru) | Processo agroindustrial |
| Embalagens para armazenamento de sementes de espécies do bioma Cerrado | Processo/Prática agropecuária |
| Método para avaliação expedita da flora (levantamento rápido) | Metodologia |
| Registros iconográficos | Serviço/Análise/Levantamento |

Considerações

Este breve relato não contempla todo o universo de conhecimentos e de tecnologias desenvolvidas pela Embrapa Cerrados, ambos relativos ao uso sustentável dos recursos naturais bióticos do bioma. Ele sintetiza, numa sequência temporal e considerando os 40 anos da Embrapa Cerrados, as grandes prioridades que nortearam as suas pesquisas, bem como, descreve alguns de seus resultados e respectivas tecnologias geradas.

Produtos, processos e serviços descritos no portfólio de tecnologias da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos

- 1) Análise e Descrição das Principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado
- 2) Aproveitamento Alimentar de Espécies de Fruteiras Nativas
- 3) Aproveitamento Alimentar de Espécies Nativas dos Cerrados: araticum, baru, cagaita, jatobá
- 4) Calendário Fenológico: época de coleta de frutos e sementes nativos para recomposição ambiental no bioma Cerrado

- 5) Caracterização e Recuperação de Matas de Galeria no Cerrado
- 6) Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação
- 7) Ecologia e Flora do Cerrado
- 8) Economia do Meio Ambiente e Serviços Ambientais: estudo aplicado à agricultura familiar, às populações tradicionais e aos povos indígenas
- 9) Época de Coleta de Frutos e Sementes Nativos para Recomposição Ambiental no Bioma Cerrado
- 10) Espécies Arbóreas e Estratégias para a Recomposição da Vegetação Nativa no Bioma Cerrado
- 11) Espécies Vegetais Nativas Recomendadas para Recomposição Ambiental no Bioma Cerrado
- 12) Espécies Vegetais Úteis do Cerrado
- 13) Guia de Restauração do Cerrado por Semeadura Direta
- 14) Manual de Viveiro e Produção de Mudanças de Espécies Arbóreas Nativas do Cerrado
- 15) Mariposas Polinizadoras do Cerrado: identificação, distribuição, importância e conservação: Família Sphingidae (Insecta Lepidoptera)
- 16) Metodologia para Operacionalizar a Extração de DNA de Espécies Nativas do Cerrado Visando Análises Moleculares
- 17) Módulos para Recuperação de Cerrado com Espécies Nativas de Uso Múltiplo
- 18) Potencial Serviço Ecosistêmico Prestado por Marsupial na Predação do Percevejo-Marrom
- 19) Protocolo para a Extração de RNA de Plantas Nativas do Bioma Cerrado e Amazônico
- 20) Restauração de Matas de Galeria e Ciliares no Cerrado
- 21) WebAmbiente

Referências

- AGUIAR, J. L. P. de; ALMEIDA, S. P. de. **A guerobera (*Syagrus oleracea* Becc.) nas comunidades rurais II: sistema de produção e avaliação econômica**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2000. 47 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 24).
- AGUIAR, L. M. de S.; CAMARGO, A. J. A. de (ed.). **Cerrado: ecologia e caracterização**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 249 p. il.
- ALBUQUERQUE, L. B. de; ALONSO, A. M.; AQUINO, F. de G.; BRAGA, A. R. dos S.; SILVA, J. C. S.; LIMA, J. E. F. W.; SOUSA, A. C. DA S. A. DE; SOUSA, E. dos S. de. **Restauração ecológica de matas ripárias: uma questão de sustentabilidade**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010. 77 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 295).
- ALBUQUERQUE, L. B. de; AQUINO, F. de G.; SOUSA, A. C. S. A.; SOUSA, S. R.; PACHÊCO, B.; LIMA, P. A. F. Restauração ecológica em matas ripárias: sobrevivência de espécies arbustivas e arbóreas nativas do cerrado. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 9., 2012, Rio de Janeiro. **Recriando ambientes sustentáveis: anais**. Curitiba: SOBRADE, 2012.
- ALBUQUERQUE, L. B. de; AQUINO, F. de G.; SOUSA, S. R.; DE SOUSA, A. C. S.; PACHÊCO, B. S.; RUELA, D. M.; SILVA, Y. G.; PAIS, N. de O.; MENDONÇA, W. R. de; LIMA, P. A. F.; PEREIRA, C. D.; BRAGA, A. R. dos S.; MALAQUIAS, J. V.; GONÇALVES JÚNIOR, J. F.; BAMBI, P.; HENKE-OLIVEIRA, C.; SAITO, C. H.; OLIVEIRA FILHO, E. C. de; LIMA, J. E. F. W. Projeto aquaripária: implantação de experimentos de restauração ecológica em zonas ripárias (resultados preliminares). In: SIMPÓSIO DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA, 5., São Paulo, 2013. **Políticas públicas para conservação da biodiversidade**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2013a. p. 318-319.
- ALBUQUERQUE, L. B. de; AQUINO, F. de G.; COSTA, L. C.; MIRANDA, Z. de J. G.; SOUSA, S. R. Espécies de *Melastomataceae* juss. com potencial para restauração ecológica de mata ripária no Cerrado. **Polibotânica**, n. 35, p. 1-19, 2013b.
- ALMEIDA, S. P. de. Frutas nativas do cerrado: caracterização físico-química e fonte potencial de nutrientes. In: SANO, S.M.; ALMEIDA, S. P. de (ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1998a. p. 247-285.
- ALMEIDA, S. P. de; SILVA, J. A. da; RIBEIRO, J. F. **Aproveitamento alimentar de espécies nativas dos cerrados: araticum, baru, cagaita e jatobá**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1987. 83 p. (EMBRAPA-CPAC. Documentos, 26).
- ALMEIDA, S. P. de; SILVA, J. A. da; FONSECA, C. E. L. da. Valor nutricional de frutos nativos do cerrado. In: REUNIAO ESPECIAL DA SBPC, 1., 1994, Uberlândia. **O cerrado e o século XXI: o homem, a terra e a ciência**. Uberlândia: UFU/ SBPC, 1994. p. 23.
- ALMEIDA, S. P. de; PROENÇA, C. E. B.; SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: espécies vegetais úteis**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1998. 464 p. il.
- ALMEIDA, S. P. de. **Cerrado: aproveitamento alimentar**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1998b. 188 p.

AQUINO, F. de G.; OLIVEIRA, M. C. de; RIBEIRO, J. F.; SCHIAVINI, I. **Ecologia populacional de espécies arbóreas na estação ecológica do Panga (Uberlândia-MG)**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 24 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 26).

AQUINO, F. de G.; AGUIAR, L. M. S. Caracterização e conservação da biodiversidade do bioma Cerrado. In: FALEIRO, F. G.; SOUSA, E. dos S. de (ed.). **Pesquisa, desenvolvimento e inovação para o Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. p. 27-32.

AQUINO, F. de G.; WALTER, B. M. T.; RIBEIRO, J. F. Espécies vegetais de uso múltiplo em reservas legais de Cerrado- Balsas, MA. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, p. 147-149, jul. 2007.

AQUINO, F. de G.; OLIVEIRA, M. C. de; RIBEIRO, J. F.; PASSOS, F. B. **Módulos para recuperação de Cerrado com espécies nativas de uso múltiplo**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2009. 50 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 250).

AQUINO, F. de G.; ALBUQUERQUE, L. B. de; ALONSO, A. M.; LIMA, J. E. F. W.; SOUSA, E. dos S. de. **Cerrado: restauração de matas de galeria e ciliares**. Brasília, DF: Embrapa; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2012. Não paginado.

AQUINO, F. de G.; PEREIRA, C. A.; PASSOS, F. B.; OLIVEIRA, M. C. de. Composição florística e estrutural de um Cerrado sentido restrito na área de proteção de Manancial Mestre D'Armas, Distrito Federal. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 2, p. 565-575, mar./abr. 2014.

AZEVEDO, L. G.; RIBEIRO, J. F.; SCHIAVINI, I.; OLIVEIRA, P. E. A. M. Cobertura vegetal do Jardim Botânico de Brasília, DF. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 36., 1985, Curitiba. **Anais...** Brasília, DF: IBAMA, 1990. 2 v. p. 213.

BECKER, V. O.; CAMARGO, A. J. A. Three new species of Saturniidae (Lepidoptera) from Central Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 18, n. 1, mar. 2001.

BRAGA, M. F.; SANTOS, E. C. dos; JUNQUEIRA, N. T. V.; SOUSA, A. A. T. C. de; FALEIRO, F. G.; REZENDE, L. N.; JUNQUEIRA, K. P. Enraizamento de estacas de três espécies silvestres de Passiflora. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 2, p. 284-288, ago. 2006.

CAMARGO, A. J. A.; DOS SANTOS SOARES, R.; DE SÁ, K. R. Saturniidae (Lepidoptera) do Cerrado: biodiversidade e aspectos biogeográficos. In: SIMPÓSIO NACIONAL CERRADO, 9.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL SAVANAS TROPICAIS, 2., 2008, Brasília, DF. **Desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**: anais... Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. 1 CD-ROM.

CAMARGO, A. J. A.; BECKER, V. O. Saturniidae (Lepidoptera) from the Brazilian Cerrado: Composition and Biogeographic Relationships. **Biotropica**, v. 31, n. 4, p. 696-705, 1999.

CELESTINO, S. M. C. **Desenvolvimento e avaliação da vida de prateleira de geleia de buriti**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2013. 27 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 313).

COSTA, A. M.; LIMA, H. C. de; CARDOSO, E. R.; SILVA, J. R. da; PADUA, J. G.; FALEIRO, F. G.; PEREIRA, R. de C. A.; CAMPOS, G. A. **Produção de mudas de maracujazeiro silvestre (*Passiflora setacea*)**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2015. 6 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 176).

DUARTE, I. A. E.; MADALENA, J. O. M.; COSTA, A. M. Desenvolvimento de formulação de pães elaborados frutos do Cerrado (jatobá e maracujá *Passiflora edulis*). In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DOS ALIMENTOS, 10., 2013, Campinas. **Ciência de alimentos: impacto na nutrição e saúde: anais...** Campinas: Unicamp, 2013.

EMBRAPA. WebAmbiente. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2016. Disponível em: <https://www.webambiente.cnptia.embrapa.br/webambiente/publico/login.xhtml>. Acesso em: 11 abr. 2016.

FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; COSTA, A. M. **Ações de pesquisa e desenvolvimento para o uso diversificado de espécies comerciais e silvestres de maracujá (*Passiflora spp.*)**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2015. 26 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 329).

FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; COSTA, A. M.; JESUS, O. N. de; MACHADO, C. de F.; PEIXOTO, J. R.; BRAGA, M. F. Pré-melhoramento das passifloras: a base para o desenvolvimento de novas cultivares de maracujazeiro azedo, doce, ornamental e funcional-medicinal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE RECURSOS GENÉTICOS, 3., 2014, Santos, SP. **Resumos...** Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Recursos Genéticos, 2014. Acompanha Pôster apresentado no Congresso.

FONSECA, C. E. L. da; RIBEIRO, J. F. Produção de mudas e crescimento inicial de espécies arbóreas. In: RIBEIRO, J. F. (ed.). **Cerrado: matas de galeria**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1998. p. 121-133.

FERREIRA, J. N.; RIBEIRO, J. F. Ecologia da inundação em matas de galeria. In: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L. da; SOUSA-SILVA, J. C. (ed.). **Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. p. 425-451.

FONSECA, C. E. L. da; RIBEIRO, J. F. Fruteiras nativas do cerrado: estágio atual e perspectivas futuras. In: SIMPOSIO NACIONAL DE RECURSOS GENETICOS DE FRUTEIRAS NATIVAS, 1992, Cruz das Almas, BA. **Anais...** Cruz das Almas: EMBRAPA-CNPMP, 1993. p. 63-74.

FONSECA, C. E. L. da; CONDE, R. de C. C.; SILVA, J. A. da Influência da profundidade de semeadura e da luminosidade na germinação de sementes de mangaba (*Hancornia speciosa* Gom.) **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 4, p. 661-666, 1994a.

FONSECA, C. E. L. da; FIGUEIREDO, S. A.; SILVA, J. A. da. Influência da profundidade de semeadura e da luminosidade na germinação de sementes de baru (*Dipteryx alata* Vog.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 4, p. 653-659, 1994b.

FONSECA, C. E. L. da; SOUSA-SILVA, J. C.; RIBEIRO, J. F.; PARRON VARGAS, L. M. **Matas de galeria: coleta e processamento de sementes**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1999. 2 p. (Embrapa Cerrados. Guia Técnico do Produtor Rural, 50).

FONSECA, C. E. L. da; RIBEIRO, J. F.; SOUZA, C. C. de; REZENDE, R. P.; BALBINO, V. K. Recuperação da vegetação de matas de galeria: estudos de caso no Distrito Federal e entorno. In: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L. da; SOUSA-SILVA, J. C. (ed.). **Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. p. 815-870.

MIRANDA, Z. de J. G.; NUNES, A. E. X.; SANTOS-SILVA, M.A. encontro nacional de ilustradores científicos, 3., 2010, Brasília, DF. **Ilustre Cerrado: anais**. Brasília, DF: Associação dos Ilustradores Científicos do Centro-Oeste brasileiro, 2010. 114 p. il. Acompanha 1 CD-ROOM.

GOMIDE, C. C. C.; FONSECA, C. E. L. da; NASSER, L. C. B.; CHARCHAR, M. J. D'A; FARIAS NETO, A. L. de. Identificação e controle de fungos associados as sementes armazenadas de cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 6, p. 885-890, 1994.

JUNQUEIRA, K. P.; JUNQUEIRA, N. T. V.; RAMOS, J. D.; PEREIRA, A. V. **Informações preliminares sobre uma espécie de pitaya do cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 18 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 62).

JUNQUEIRA, N. T. V.; CHARCHAR, M. J. D.; PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C. Doenças. In: SILVA JUNIOR, J. F.; LÉDO, A. da S. (org.). A cultura da mangaba. Brasília, DF: Embrapa Transferência de Tecnologia, 2005, v. 1, p. 177-189.

MELO, J.T. de; GONÇALVES, A.N. Inibidores de germinação em frutos e sementes de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). Boletim de Pesquisa, 34. Planaltina-DF: Embrapa-CPAC, 1991. 11 p.

MELO, J.T. de; SALVIANO, A.; SILVA, J.A. da; Produção de mudas e plantio do araticum. Recomendações Técnicas, Planaltina-DF: Embrapa Cerrados. 2000.

MELO, J. T de; TORRES, R. A. de A.; SILVEIRA, C. E. dos S. da. CALDAS, L. S. Coleta, propagação e desenvolvimento inicial de plantas do Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de; RIBEIRO, J. F. (ed.). **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília, DF: Embrapa Cerrados; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 1 v. p. 319-350.

OLIVEIRA, S. C. C.; SILVA, J. C. S. Germinação de sementes e a manutenção da biodiversidade do cerrado: definição, coleta, marcação de matrizes, beneficiamento, armazenamento. In: FAGG, C. W.; MUNHOZ, C. B. R.; SOUSA-SILVA, J. C. **Conservação de áreas de preservação permanente do cerrado: caracterização, educação ambiental e manejo**. Brasília, DF: CRAD, 2011. p. 91-113.

OLIVEIRA, M. C.; RIBEIRO, J. F. Enraizamento de estacas de *Euplassa inaequalis* (Pohl) Engl. de Mata de Galeria em diferentes estações do ano. **Bioscience Journal**, v. 29, p. 991-999, 2013.

OLIVEIRA, M. C.; RIBEIRO, J. F.; PASSOS, F. B. ; AQUINO, F. de G. ; OLIVEIRA, F. F. ; SOUSA, S. Crescimento de espécies nativas em um plantio de recuperação de Cerrado sentido restrito no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 13, p. 25-32, 2015.

OLIVEIRA, M. C.; OGATA, R. S.; ANDRADE, G. A. de; SANTOS, D. da S.; SOUZA, R. M.; GUIMARAES, T. G.; SILVA JÚNIOR, M. C. da; PEREIRA, D. J. de S.; RIBEIRO, J. F. **Manual de viveiro e produção de mudas: espécies arbóreas nativas do Cerrado**. Brasília, DF: Universidade de Brasília: Rede de Sementes do Cerrado, 2016. 124 p.

PARRON, L. M.; CAUS, J. F. Produção de mudas de espécies arbóreas de matas de galeria: substrato e inoculação com fungos micorrízicos. In: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L. da; SOUSA-SILVA, J. C. (ed.). **Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. p. 735-776.

PASSOS, F. B.; LOPES, C. de M.; AQUINO, F. de G.; RIBEIRO, J. F. Nurse plant effect of *Solanum lycocarpum* A. St.-Hil. in area of Brazilian Savanna undergoing a process of restoration. Brazilian Journal of Botany, v. 37, n. 3, p. 251-259, 2014. p. 251-259

PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; JUNQUEIRA, N. T. V.; SALVIANO, A.; SILVA, D. B. da; MELO, J. T. de. **Produção de mudas de mangabeira**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2000. 3 p. (Embrapa Cerrados. Recomendações Técnicas, 18).

PEREIRA, B. G.; LIMA, H. C. de; MADALENA, J. O. de M.; VICENTINE, G. C.; SIMÕES, C. de O.; ARAÚJO JÚNIOR, I. O.; HENRIQUE, J. R.; FARIA, D. A.; KISHI, S. M.; COSTA, A. M. Desenvolvimento de iogurte enriquecido com fibras da casca de maracujás nativos. In: ENCONTRO DE JOVENS TALENTOS DA EMBRAPA CERRADOS, 4., 2009, Planaltina, DF. **Resumos apresentados...** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2009.

PEREIRA, E. B. C.; PEREIRA, A. V.; CHARCHAR, M. J. de A.; PACHECO, A.; JUNQUEIRA, N. T. V.; FIALHO, J. de F. **Enxertia de mudas de mangabeira**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 27 p. il.; color. (Embrapa Cerrados. Documentos, 65).

PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; JUNQUEIRA, N. T. V.; FIALHO, J. de F. **Enxertia de mudas de pequi**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 26 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 66).

PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; SILVA, D. B. da; GOMES, A. C.; SOUSA-SILVA, J. C. **Quebra da dormência de sementes de pequi**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 15 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 136).

PEREIRA, E. B. C.; PEREIRA, A. V.; MELO, J. T. de; SOUZA-SILVA, J. C.; FALEIRO, F. G. **Quebra da dormência de sementes de araticum**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 15 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 137). (antes tava 2009)

RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; ATKINSON, R.; RIBEIRO, J. F. **Analysis of the floristic composition of the Brazilian cerrado vegetation III: comparison of the woody vegetation of 376 areas**. *Edinburgh Journal of Botany*, v. 60, n. 1, p. 57-109, 2003.

REIS, A.; TRES, D. R.; BECHARA, F. C. A nucleação como novo paradigma da restauração ecológica: “espaço para o imprevisível”. In: SIMPÓSIO SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS COM ÊNFASE EM MATAS CILIARES; WORKSHOP SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS NO ESTADO DE SÃO PAULO, 2006, São Paulo. **Avaliação da aplicação e aprimoramento da Resolução Sma 47/03**. Instituto de Botânica de São Paulo, 2006.

RIBEIRO, J. F.; OLIVEIRA, P. E. A. M.; SCHIAVINI, Ivan; AZEVEDO, L. G. Caracterização fitossociológica preliminar da vegetação lenhosa da área do Jardim Botânico de Brasília. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 36., 1985a, Curitiba. **Anais...** Brasília, DF: IBAMA, 1990. 2 v. p. 148.

RIBEIRO, J. F.; SCHIAVINI, Ivan; AZEVEDO, L. G.; OLIVEIRA, P. E. A. M. Análise quantitativa preliminar do estrato herbáceo de um campo sujo e de um Campo limpo na área do Jardim Botânico de Brasília-DF. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 36., 1985b, Curitiba. **Anais...** Brasília, DF: IBAMA, 1990. 2 v. p. 149.

RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L. da; MELO, J. T. de; ALMEIDA, S. P. de; SILVA, J. A. da. Propagação de fruteiras nativas do cerrado. In: PINTO, A. C. de Q. (Coord.). **Produção de mudas frutíferas sob condições do ecossistema de cerrados**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1996. p. 55-80.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S.P. de (ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1998. p. 89-152.

RIBEIRO, J. F.; BRITO, M. A. de; SCALOPPI-JÚNIOR, E. J.; FONSECA, C. E. L. da. **Araticum (Annona crassiflora Mart.)**. Jaboticabal: FUNEP, 41 p. 2000. (Série de Frutas Nativas).

RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L. da; SOUSA-SILVA, J. C. (ed.). **Cerrado**: caracterização e recuperação de matas de galeria. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. p. 815-870.

RIBEIRO, J. F.; OLIVEIRA, M. C.; FONSECA, C. E. L. Produção agrícola e conservação no bioma **Cerrado**: é possível evitar este conflito de escolhas? CEPPG Revista, v. 27, p. 10-17, 2012.

RIOS, M. N. da S.; RIBEIRO, J. F.; REZENDE, M. E. Propagação vegetativa: enraizamento em estacas de espécies nativas de mata de galeria. In: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L. da; SOUSA-SILVA, J. C. (ed.). **Cerrado**: caracterização e recuperação de matas de galeria. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. p. 455-491

SALOMÃO, A. N.; SOUSA-SILVA, J. C.; DAVIDE, A. C.; GONZÁLES, S.; TORRES, R. A. A.; WETZEL, M. M. V. S.; FIRETTI, F.; CALDAS, L. S. (org.). **Germinação de sementes e produção de mudas de plantas do cerrado**. Brasília, DF: Rede de Sementes do Cerrado, 2003. 96 p.

SALVIANO, A.; PEREIRA, A. V.; SILVA, J. A.; MELO, J. T.; SILVA, D. B.; PEREIRA, E. B. C.; JUNQUEIRA, N. T. V. **Mangaba**: instruções de cultivo. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2000a. (Recomendações Técnicas).

SALVIANO, A.; PEREIRA, A. V.; SILVA, J. A. da; PEREIRA, E. B. C.; SILVA, D. B. da; JUNQUEIRA, N. T. V. **Pequi**: instruções para o cultivo. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2000b. 2 p. (Embrapa Cerrados. Recomendações Técnicas, 2).

SAMPAIO, A. B.; VIEIRA, D. L. M.; CORDEIRO, A. O. de O.; AQUINO, F. de G.; SOUSA, A. de P.; ALBUQUERQUE, L. B. de; SCHMIDT, I. B.; RIBEIRO, J. F.; PELLIZZARO, K. F.; SOUSA, F. S. de; MOREIRA, A. G.; SANTOS, A. B. P. dos; REZENDE, G. M.; SILVA, R. R. P.; ALVES, M.; MOTTA, C. P.; OLIVEIRA, M. C.; CORTES, C. de A.; OGATA, R. **Guia de restauração do Cerrado**: volume 1: semeadura direta. Brasília, DF: Universidade de Brasília: Rede de Sementes do Cerrado, 2015. 40 p.

SANO, S. M.; FONSECA, C. E. L. da; SILVA, J. A.; CHARCHAR, M. J. d' A. **Teste de progênes de baru, jatobá e mangaba**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1994. 4 p. (EMBRAPA-CPAC. Pesquisa em Andamento, 74).

SANO, S. M.; FONSECA, C. E. L. da; RIBEIRO, J. F.; OGA, F. M.; LUIZ, A. J. B. Folhagem, floração, frutificação e crescimento inicial da cagaiteira em Planaltina, DF. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n. 1, p. 5-14, jan. 1995.

SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de (ed.). **Cerrado**: ambiente e flora. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1998.

SANO, S. M.; FONSECA, C. E. L. da. **Avaliação de progênes de mangabeira do Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 16 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 96).

SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de; RIBEIRO, J. F. (ed.). Cerrado: ecologia e flora. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. 3 v.

SANO, S. M.; SIMON, M. F. **Produtividade de baru (*Dipteryx alata* vog.) em ambientes modificados, durante 10 anos**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008.

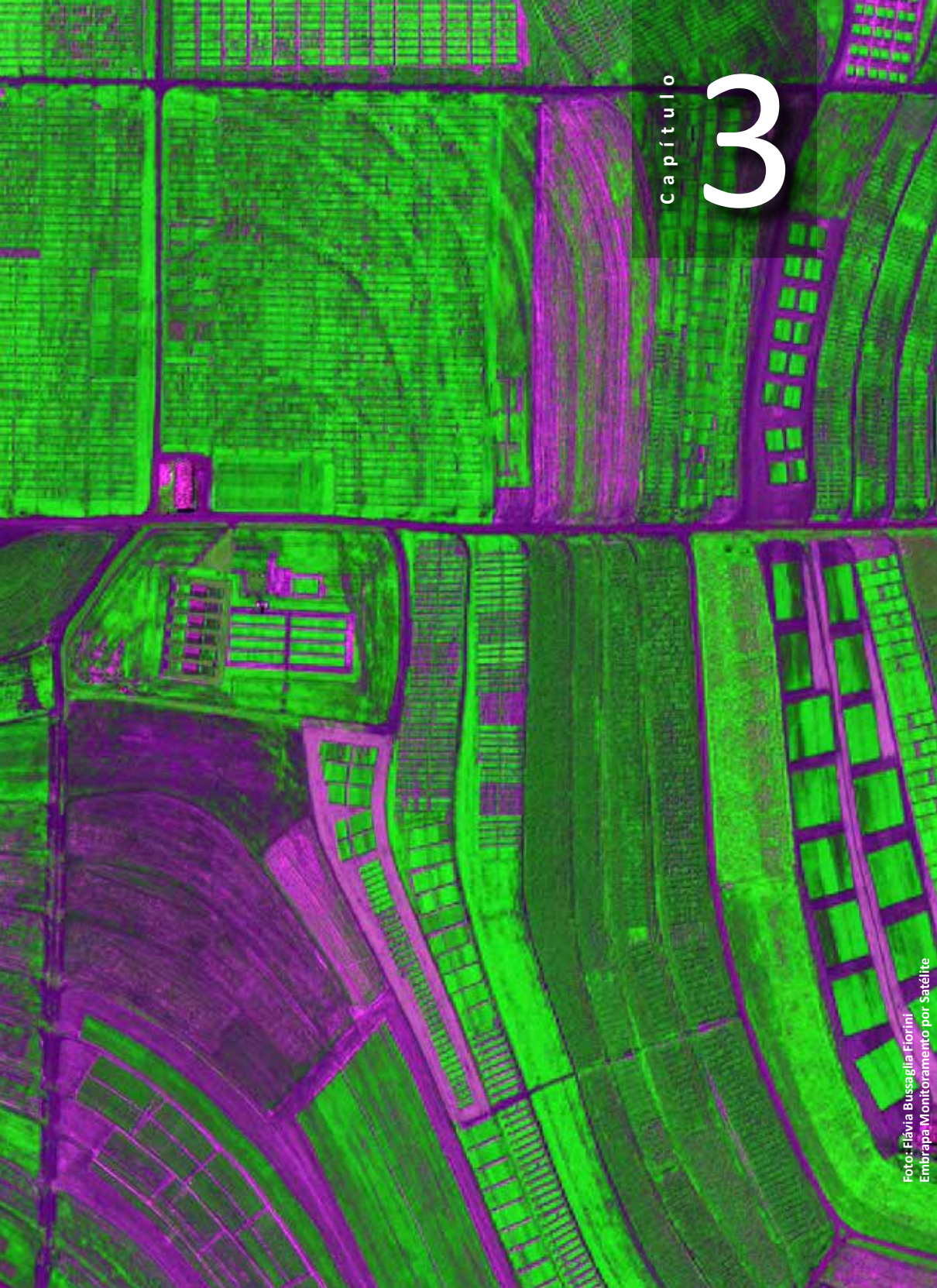
SANO, S. M.; RAMOS, F. T. M.; SOUSA, A. C. S. A.; JUNQUEIRA, N. T. V. Estimativa de produção de óleo de baru. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURA E BIODIESEL, 6., 2009, Montes Claros. Anais... Lavras: UFLA, 2009.

SILVA, J. A. da. **O cultivo da mangabeira**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1998. 2 p. (Embrapa Cerrados. Guia Técnico do Produtor Rural, 14).

SILVA, J. A. da; FONSECA, C. E. L. da. **Propagação vegetativa do pequi**: enxertia em garfagem lateral e no topo. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1991. 4p. (EMBRAPA-CPAC. Pesquisa em Andamento, 53).

SOUSA-SILVA, J. C.; RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L. da; ANTUNES, N. B. Germinação de sementes e emergência de plântulas de espécies arbóreas e arbustivas que ocorrem em Matas de Galeria. In: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L. da; SOUSA-SILVA, J. C. (ed.). **Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. 899 p.

SOUSA-SILVA, J. C.; FAGG, C. W. Viveiros: produção de mudas nativas do bioma Cerrado. In: FAGG, C. W.; MUNHOZ, C. B. R.; SOUSA-SILVA, J. C. (ed.). **Conservação de áreas de preservação permanente do cerrado**: caracterização, educação ambiental e manejo. Brasília, DF: CRAD, 2011. p. 115-146.



Capítulo

3

Geoprocessamento, Sensoriamento Remoto, Zoneamento Agrícola e a Busca de Sustentabilidade na Região do Cerrado

Fernando Antônio Macena da Silva

Marina de Fátima Vilela

Introdução

Os primeiros habitantes da região do Cerrado datam de 15 mil anos, entretanto, o processo de ocupação se iniciou lentamente no século 17, movido pelo interesse por ouro e por pedras preciosas. Com a construção de Brasília e a adoção de uma política de expansão agrícola, o processo de ocupação se acelerou.

Em 1975, com a criação da Embrapa Cerrados e um investimento intensivo na capacitação técnica de pesquisadores, foram iniciados os estudos e a caracterização dos recursos naturais da região, etapa fundamental para entendimento do funcionamento e das limitações dos diversos ambientes que compõem o bioma Cerrado.

O entendimento dos diversos ambientes do bioma, mesmo que inicial, possibilitou o domínio tecnológico do Cerrado no início da década de 1980. Entre as tecnologias geradas, citam-se aquelas ligadas ao sensoriamento remoto e ao geoprocessamento, sobretudo, no que diz respeito ao conhecimento dos ambientes e ao mapeamento/zoneamento de áreas aptas à

agricultura. Na Tabela 1, são apresentadas algumas das tecnologias geradas que contribuíram e ainda contribuem para o domínio tecnológico do Cerrado, muitas vezes em parcerias com outras instituições de pesquisa e universidades.

Tabela 1. Tecnologias geradas para o domínio tecnológico e desenvolvimento do bioma Cerrado inseridas no Sistema de Gestão das Soluções Tecnológicas da Embrapa (Gestec e disponibilizadas para a sociedade por meio do portal da Embrapa (<https://www.embrapa.br/produtos-processos-e-servicos?link=acesso-rapido/>), <https://www.embrapa.br/biblioteca?link=acesso-rapido/>).

| Solução tecnológica | Tipo |
|--|---------------------------|
| Calibração e validação de sensor para estimativa de água no solo | Metodologia |
| Delineamento de Zonas de manejo | Metodologia |
| Estimativa de estoque de carbono em áreas de campo limpo úmido | Metodologia |
| Geração de mapas de produtividade | Metodologia |
| Geração de mapas multitemáticos em agricultura de precisão | Metodologia |
| Mapeamento de maciços naturais da palmeira macaúba (<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. ex Mart.) em áreas de Cerrado | Mapeamento |
| Identificação e quantificação de impurezas no café | Metodologia |
| Levantamento da área irrigada por pivô-central no Cerrado | Metodologia |
| Mapeamento da distribuição espacial de plantas daninhas por meio de sensoriamento remoto | Metodologia |
| Discriminação e mapeamento de áreas úmidas do bioma Cerrado empregando imagens orbitais | Metodologia |
| Mapeamento de cobertura vegetal do bioma Cerrado | Mapeamento/ Zoneamento |
| Discriminação e mapeamento de fitofisionomias do bioma Cerrado empregando imagens orbitais | Metodologia |
| Metodologia para o mapeamento de pastagens degradadas no bioma Cerrado | Metodologia |
| Modelagem do potencial de erosão do solo | Metodologia |
| Uso de uma câmera digital convencional para cálculo de índice de área foliar | Metodologia |

A disponibilização de informações e de tecnologias para a região permitiu a produção de alimento para abastecimento do mercado interno com exportação dos excedentes. O contínuo investimento em pesquisa e a transferência das tecnologias geradas resultaram numa intensificação da produção agropecuária no bioma Cerrado, especialmente a partir da década de 1990, desempenhando um papel fundamental na balança comercial brasileira. O Brasil passou de importador de alimentos num cenário de insegurança alimentar para exportador de grãos, de carne e de outros produtos.

Além da produção agrícola do Cerrado, deve-se ressaltar que a região é berço das águas de oito grandes regiões hidrográficas brasileiras e a segunda maior biodiversidade do país, sendo considerada um dos *hot spots* mundiais de biodiversidade (Myers et al., 2000; Silva; Bates, 2002), onde habitam cerca de 320 mil espécies divididas em 35 filós, 89 classes, dos quais os vírus representam 50%; os insetos, 28%; os fungos, 12,5%; as plantas com flor, 3,1%; e os vertebrados, 0,6% (Dias, 1996; Sousa; Camargo, 2008).

Com a intensificação da produção agropecuária, agravaram-se os processos de degradação ambiental. Se mantidas as taxas de desmatamento de 1,04% calculada com base nos dados de Sano et al. (2008) e IBAMA (2009) e a taxa de 1,1% calculada pela Conservation International (Marris, 2005), o bioma Cerrado estará totalmente destruído em 51 anos e 30 anos, respectivamente, desconsiderando-se as áreas indígenas e unidades de conservação que somam 4,5% do bioma. Ademais, estima-se que 60% a 70% das pastagens do Cerrado apresentam algum nível de degradação e, segundo a LISTA da fauna... (2016), ao menos 112 espécies de animais estão ameaçadas de extinção.

Diante dos cenários e dos desafios que se apresentam, como a escassez de recursos naturais, a emissão de gases de efeito estufa e o aquecimento global, a necessidade de alimentação de uma população crescente e considerando o Cerrado como a última fronteira agrícola do planeta (Borlaug, 2002, citado por Durigan, 2010), surgiram novos desafios pautados em sistemas de produção sustentáveis e integrados, aliando aumento de produtividade com baixo impacto ambiental e a promoção de equidade social. Entre os novos desafios citam-se a restauração ambiental, a continuidade do zoneamento agrícola de risco climático, a mitigação das consequências da

emissão dos gases de efeito estufa e das mudanças climáticas, a agricultura de precisão e a incorporação das áreas de baixa produtividade e a pastagem degradada ao sistema produtivo sustentável.

Frente aos desafios que atingem escalas regionais e globais, o sensoriamento remoto, o geoprocessamento e o zoneamento agrícola de risco climático, por atuações em temas e escalas diversas, ainda são tecnologias indispensáveis à expansão agrícola do Cerrado; à definição das áreas aptas à agricultura e à conservação ambiental; ao monitoramento espaço-temporal das atividades antrópicas, além de subsidiar a incorporação das áreas de baixa produtividade ao sistema produtivo sustentável.

A atuação cronológica da Embrapa na pesquisa agropecuária da região do Cerrado frente aos desafios apresentados pode ser observada na Figura 1.

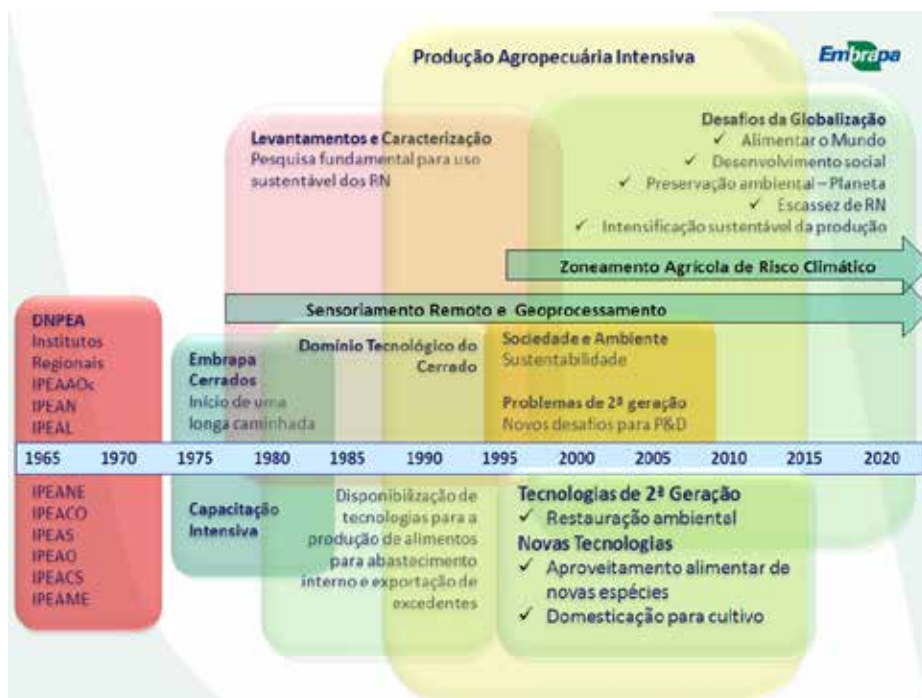


Figura 1. Atuação da Embrapa frente aos desafios da pesquisa agropecuária da região do Cerrado. Elaborado por Carlos Eduardo Lazarini da Fonseca.

Zoneamento agrícola de risco climático

A Embrapa Cerrados iniciou os estudos sobre a caracterização e a modelagem do funcionamento dos sistemas de cultivo no início da década de 1990, com os objetivos de avaliar a variabilidade dos rendimentos das culturas em decorrência do clima e de aperfeiçoar algumas estratégias de manejo, tais como, melhor data de semeadura e de colheita (Assad et al., 1998; Silva, 2004).

Esses estudos foram realizados a partir da parceria entre a Embrapa Cerrados e o Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour Le Développement (Cirad), que desenvolveu e disponibilizou os modelos de balanço hídrico denominados BIPZON (Forest, 1984) e Système d'Analyse Régional des Risques Agroclimatiques (Sarrazin) (Franquim; Forest, 1977).

Esses modelos simulam o balanço hídrico das principais culturas agrícolas a partir de um conjunto de parâmetros para descrever o solo, a cultura e o clima. Os principais dados de entrada do modelo são: precipitação pluviométrica, evapotranspiração de referência, coeficientes culturais, reserva útil de água no solo. O modelo estima a variação de água no solo e os índices de satisfação da necessidade de água (ISNA) definidos como sendo a relação existente entre evapotranspiração real (ET_r) e a evapotranspiração máxima da cultura (ET_c) (Figura 2).

Os resultados dessas pesquisas deram sustentação científica à implementação operacional de uma nova proposta de Zoneamento Agrícola para o Brasil. A partir do ano de 1996, essa proposta começou a ser implementada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) para a cultura do trigo e, na safra seguinte, para as culturas do feijão, do arroz, do milho e da soja, sob a coordenação da Secretaria da Comissão Especial de Recursos – Programa de Garantia da Atividade Agropecuária – CER/Proagro (Cunha, 2001).

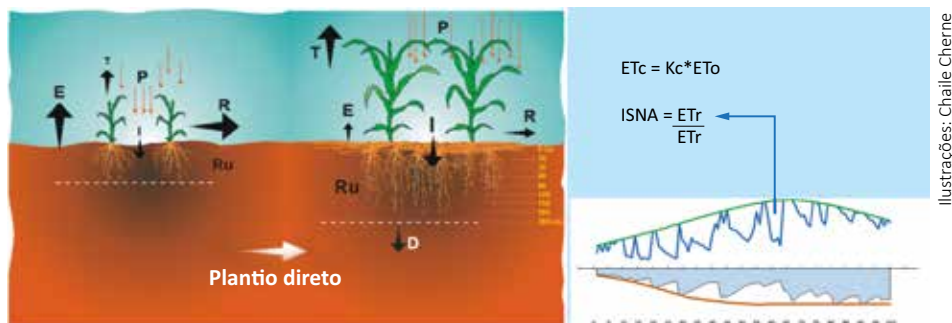


Figura 2. Modelo conceitual do Modelo Sarra: P = precipitação pluviométrica; E = evaporação do solo; T = transpiração da planta; I = infiltração; R = escoamento superficial; Ru = reserva útil de água no solo; e D = drenagem.

A partir desse momento, o Mapa implantou um projeto denominado Redução de Riscos Climáticos na Agricultura, que serviu de referência para os ditames da política agrícola, principalmente no que diz respeito à aplicação racional do crédito rural e ao Proagro (Rossetti, 2001).

O zoneamento agrícola passou para a segunda fase da sua trajetória, iniciando, já no ano de 1996, a implementação do Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC), que passou a contemplar outras culturas e a proporcionar seus benefícios a um seguimento maior da agricultura (Rossetti, 2001). No ano agrícola 2002/2003, o Ministério de Desenvolvimento Agrário (MDA) expandiu o ZARC para outras culturas mediante a criação do Proagro Mais, que objetivou atender as demandas dos pequenos agricultores. Isso só foi possível devido a colaboração das mais diversas instituições federais e estaduais de pesquisa agrícola que tem disponibilizado seu corpo técnico com vários especialistas, visando aperfeiçoá-lo cada vez mais (Figura 3).

Para fazer jus ao Proagro, ao Proagro Mais e à subvenção federal ao prêmio do seguro rural, o produtor deve observar as recomendações desse pacote tecnológico. Além disso, alguns agentes financeiros já estão condicionando a concessão do crédito rural ao uso do zoneamento.



Figura 3. Instituições de pesquisa envolvidas na elaboração do zoneamento agrícola de risco climático.

Portanto, o *Zoneamento Agrícola de Risco Climático* é um instrumento de política agrícola e de gestão de riscos na agricultura que está sob a responsabilidade da Coordenação Geral de Zoneamento Agropecuário, subordinada ao Departamento de Gestão de Risco Rural, da Secretaria de Política Agrícola do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa). Essa tecnologia possibilita indicar o que plantar, onde plantar e quando plantar para fugir dos eventos climáticos generalizados, como por exemplo, chuva em excesso e seca.

Entre os objetivos do ZARC, citam-se como principais: (a) minimização dos riscos de perdas por adversidades climáticas incontrolláveis, garantindo capacidade de investimento do agricultor; (b) fortalecimento da adoção de tecnologias; (c) incentivo à expansão de culturas e de regiões com potencial agrícola; (d) contribuição para a redução de gastos públicos; e (e) redirecionamento e melhor alocação de recursos para os empreendimentos rurais viáveis.

Algumas recomendações do *Zoneamento Agrícola de Risco Climático* (Tabela 2), desenvolvidas em parceria com demais unidades da Embrapa, universidades e outras instituições de pesquisa, contribuem de forma significativa para o desenvolvimento do bioma Cerrado e para a definição e a implantação de políticas públicas relacionadas ao crédito rural.

Tabela 2. Recomendações geradas pelo Zoneamento Agrícola de Risco Climático que contribuíram e ainda contribuem para o domínio tecnológico e desenvolvimento do bioma Cerrado inseridas no Sistema de Gestão das Soluções Tecnológicas da Embrapa (Gestec) e disponibilizadas para a sociedade por meio do portal da Embrapa¹.

| Solução tecnológica | Tipo |
|--|-----------------------|
| Recomendação de datas para o plantio de arroz (<i>Oryza sativa</i>) no Sul do Estado do Maranhão e microrregião de Chapadinha | Serviço |
| Zoneamento agroclimático da cultura do café (<i>Coffea arabica</i>) no Distrito Federal, utilizando modelagem numérica de terreno | Zoneamento |
| Zoneamento climático da cultura do café (<i>Coffea arabica</i>) para o Estado de Goiás e Sudoeste do Estado da Bahia | Zoneamento |
| Parâmetros hídricos, área foliar e coeficiente cultural (kc) do consórcio milho-braquiária irrigado | Análise/ levantamento |
| Coefficientes de cultura (Kc) do milho (<i>Zea mays</i>) consorciado com feijão (<i>Phaseolus vulgaris</i>) nas condições de cerrado do Distrito Federal | Análise/ levantamento |
| Épocas de semeadura com baixo risco climático para a cultura do milho (<i>Zea mays</i>) em consórcio com a <i>Brachiaria brizantha</i> no Estado de Goiás | Zoneamento |
| Recomendação de datas para o plantio de milho (<i>Zea mays</i>) no Estado do Rio de Janeiro, Sudoeste do Estado da Bahia, Sul do Estado do Piauí | Zoneamento |
| Recomendação de datas para o plantio de soja (<i>Glycinemax</i> (L.) Merrill) na região Sudoeste do Estado da Bahia, Sul do Estado do Maranhão, microrregião de Chapadinha e Sul do Piauí | Zoneamento |

¹ <https://www.embrapa.br/produtos-processos-e-servicos?link=acesso-rapido/>, <https://www.embrapa.br/biblioteca?link=acesso-rapido/>.

Produtos, processos e serviços descritos no portfólio de tecnologias da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos

- 1) Coeficientes de Cultura (Kc) do Milho (*Zea mays*) Consorciado com Feijão (*Phaseolus vulgaris*) nas Condições de Cerrado do Distrito Federal
- 2) Delineamento de Zonas de Manejo
- 3) Discriminação e Mapeamento de Áreas Úmidas do Bioma Cerrado Empregando Imagens Orbitais
- 4) Discriminação e Mapeamento de Fitofisionomias do Bioma Cerrado Empregando Imagens Orbitais
- 5) Épocas de Semeadura com Baixo Risco Climático para a Cultura do Milho (*Zea mays*) em Consórcio com a *Brachiaria brizantha* no Estado de Goiás
- 6) Geração de Mapas de Produtividade em Cultura de Milho
- 7) Geração de Mapas Multitemáticos em Agricultura de Precisão
- 8) Mapeamento da Distribuição Espacial de Plantas Daninhas por Meio de Sensoriamento Remoto
- 9) Mapeamento das Ecorregiões do Bioma Cerrado
- 10) Mapeamento de Cobertura Vegetal do Bioma Cerrado
- 11) Metodologia para o Mapeamento de Pastagens Degradadas no Bioma Cerrado
- 12) Parâmetros Hídricos, Área Foliar e Coeficiente Cultural (Kc) do Consórcio Milho-Braquiária Irrigado
- 13) Recomendação de Datas para o Plantio de Arroz (*Oryza sativa*) no Sul do Estado do Maranhão e Microrregião de Chapadinha
- 14) Recomendação de Datas para o Plantio de Milho (*Zea mays*) na Região Sudoeste do Estado da Bahia
- 15) Recomendação de Datas para o Plantio de Milho (*Zea mays*) na Região Sul do Estado do Piauí
- 16) Recomendação de Datas para o Plantio de Milho (*Zea mays*) no Estado do Rio de Janeiro⁵¹

- 17) Recomendação de Datas para o Plantio de Soja (*Glycine max* (L.) Merrill) na Região Sudoeste do Estado da Bahia
- 18) Recomendação de Datas para o Plantio de Soja (*Glycine max* (L.) Merrill) na Região Sul do Estado do Piauí
- 19) Recomendação de Datas para o Plantio de Soja (*Glycine max* (L.) Merrill) no Sul do Estado do Maranhão e Microrregião de Chapadinha
- 20) Uso de Câmera Digital Convencional para Cálculo de Índice de Área Foliar
- 21) Zoneamento Agroclimático da Cultura do Café (*Coffea arabica*) no Distrito Federal Utilizando Modelagem Numérica de Terreno
- 22) Zoneamento Agropedoclimático dos Estados da Região Centro-Oeste do Brasil e Estado do Tocantins
- 23) Zoneamento Climático da Cultura do Café (*Coffea arabica*) no Cerrado
- 24) Zoneamento Climático da Cultura do Café (*Coffea arábica*) para o Estado de Goiás
- 25) Zoneamento Climático da Cultura do Café (*Coffea arábica*) para o Sudoeste do Estado da Bahia
- 26) Zoneamento Agrícola de Risco Climático – ZARC

Referências

- ASSAD, E. D.; SANO, E. E.; BEZERRA, H. da S.; SILVA, S. C. da; LOBATO, E. J. V. Uso de modelos numéricos de terrenos na espacialização de épocas de plantio. In: ASSAD, E.D.; SANO, E.E. (ed.). **Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura**. 2. ed. rev. ampl. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI/EMBRAPA-CPAC, 1998. p. 311-327.
- CUNHA, G. R. da; ASSAD, E. D. Uma visão geral do número especial da RBA sobre o zoneamento agrícola no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 3, p. 377-385, dez. 2001. Número especial.
- DIAS, B. F. S. (Coord) **Alternativas de desenvolvimento dos cerrados: manejo e conservação dos recursos naturais renováveis**. Brasília, DF: Fundação Pró-Natureza, 1996. 97 p.
- DURIGAN, G. Cerrado: o trade-off entre a conservação e o desenvolvimento. **Desenvolvimento Sustentável: Parcerias Estratégicas Edição Especial**, v.15, n. 36. p. 243-250, jul-dez, 2010.
- FOREST, F. **Simulation du bilan hydrique des cultures pluviales**. Présentation et utilisation du logiciel BIP. Montpellier: IRAT-CIRAD, 1984, 63 p.

FRANQUIM, P.; FOREST, F. Dês programmes pour l'évaluation et l'analyse fréquentille des termes dubilan hydrique. **Agronomie tropical**, v. 32, n. 1, p. 7-11, 1977.

IBAMA. **Relatório técnico de monitoramento do desmatamento no bioma Cerrado, 2002 a 2008**: dados revisados. Disponível em: http://siscom.ibama.gov.br/monitorabiomas/cerrado-/Relatorio_tecnico_Monitoramento_Desmate_Bioma_Cerrado_CRIS_REV.pdf. Acesso em: 01 jul. 2010.

LISTA da fauna brasileira ameaçada de extinção. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas. Disponível em: http://www.biodiversitas.org.br/f_ameaca/. Acesso em: 20 de jul. 2016.

MARRIS, E. The forgotten ecosystem. **Nature**, v. 13, n. 437, p. 944-945, out. 2005.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B. da; KENT, J. Biodiversityhotspots for conservationpriorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858, 2000.

ROSSETTI, L. A. Zoneamento agrícola em aplicações de crédito e securidade rural no Brasil: aspectos atuariais e de política agrícola. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 3, p. 527-535, 2001.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L.S.; FERREIRA, L. G. **Mapeamento da cobertura vegetal do bioma Cerrados**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. 60 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Embrapa Cerrados, 205)

SILVA, F. A. M. da. **Parametrização e modelagem do balanço hídrico em sistema de plantio direto no Cerrado brasileiro**. 2004. 218 f. Tese (Doutorado)- Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, 2004.

SILVA, J. M. C.; BATES, J. M. Biogeographic patterns and conservation in the South American Cerrado: a tropical savanna hotspot. **BioScience**, v. 52, p. 225-233, 2002.

SOUSA, J. C. S.; CAMARGO, A. J. A. A flora e a fauna do Cerrado. In: ALBUQUERQUE, C. S., SILVA, A. G. (ed.). **Agricultura tropical**: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 149-201.



Soluções Tecnológicas nas Áreas de Irrigação, Hidrologia e Recursos Hídricos

Jorge Enoch Furquim Werneck Lima

Lineu Neiva Rodrigues

Eduardo Cyrino de Oliveira-Filho

Introdução

No Brasil, a área potencialmente agricultável é historicamente estimada em cerca de 120 milhões de hectares, dos quais, aproximadamente 30 milhões de hectares teriam potencial para o uso da irrigação (Christofidis, 1999). Estudos mais recentes estimam um potencial ainda maior de terras irrigáveis, de 75 milhões de hectares (FEALQ, 2014). No entanto, apenas cerca de 6 milhões de hectares eram irrigados em 2009 (ANA, 2015), valor que atualmente deve estar entre 7 e 8 milhões de hectares, o que indica que, independente da estimativa, ainda há um grande potencial de crescimento dessa prática no país.

Destaca-se que o Brasil é um país privilegiado em termos de disponibilidade hídrica, pois por seu território passa cerca de 19% da vazão de todos os rios da Terra (Lima, 2001). No entanto, também é importante ressaltar que aproximadamente 80% dessa disponibilidade está na bacia Amazônica, habitada por menos de 10% da população brasileira. Dessa forma, apenas 20% da vazão que flui em rios do país abastecem cerca de 90% de sua população.

Em termos quantitativos, a agricultura irrigada responde, em média, por 70% de toda a água utilizada no mundo (FAO, 2011). Destaca-se que esse dado se refere apenas a “água consumida”, que é um percentual da água que flui nos rios. Em relação à vazão utilizada no território nacional (1.161 m³/s), a irrigação responde por 72% (836 m³/s) do total (ANA, 2014), percentual similar ao que ocorre no mundo.

No bioma Cerrado, reconhecido como “Berço das águas do Brasil” por ocupar região alta e central do país, contribuindo para os recursos hídricos de 8 das 12 grandes regiões hidrográficas brasileiras (Lima; Silva, 2007), a irrigação, desde o início da sua ocupação, apresenta-se como uma tecnologia importante para o desenvolvimento da agricultura. A sazonalidade das chuvas, o risco de veranicos (Assad et al., 1993), a disponibilidade hídrica e as grandes extensões de solos planos e aptos ao desenvolvimento de uma agricultura tecnificada corroboram tal afirmativa.

Estima-se que o Cerrado possua um potencial de 10 milhões de hectares aptos para a irrigação, no entanto, atualmente, apenas cerca de 1,5 milhões destes são utilizados, sendo 840 mil hectares irrigados por pivô-central (Lima et al., 2015). De acordo com Lima e Silva (2007), a produção hídrica superficial na área de Cerrado é, em média, de aproximadamente 19.000 m³/s e, considerando uma demanda média de 0,40 L/s/ha para irrigação (Lima et al., 2003) – o dado correspondente da ANA (2014) é de ~0,14 L/s/ha –, temos que a vazão média necessária para atender esse uso seria de cerca de 600 m³/s, ou seja, apenas 3% da vazão média total. Esse percentual obviamente aumenta quando se trabalha com a sazonalidade anual da oferta e a demanda hídrica, no entanto, ainda assim, em níveis gerais, esse percentual é ainda pequeno.

Desde a sua criação, no início da década de 1970, a Embrapa Cerrados e parceiros vêm desenvolvendo ações de pesquisa e tecnologias para subsidiar o uso racional da água na agricultura do Cerrado. A princípio, o foco estava no desenvolvimento de técnicas para adução e condução da água aos campos irrigados. Nesse período, destaca-se o uso de várzeas e os métodos de irrigação por superfície, preconizados e incentivados em programas de

governo como o *Programa Nacional de Valorização e Utilização de Várzeas Irrigáveis* (Provarzeas), criado em 1981. Na sequência, programas como o Programa de Financiamento de Equipamento de Irrigação (Profir) (1982) e o Programa Nacional de Irrigação (Proni) (1986), mudaram o foco dos estudos para os sistemas pressurizados, em especial, a irrigação por aspersão. Nesse momento, as discussões sobre o manejo de irrigação se intensificaram, resultando no avanço de métodos para a definição de quando e quanto irrigar, seja por métodos climáticos ou pelo monitoramento da água no solo. Os estudos de irrigação perduram até hoje, contudo, no final da década de 1990, com a promulgação da Lei das Águas do Brasil (Lei nº 9.433/97), o foco dos estudos também passou a considerar a inserção das propriedades rurais e seus sistemas de produção, principalmente os irrigados, em uma escala de bacias hidrográficas.

Neste capítulo, é apresentado um breve histórico das ações de pesquisa e desenvolvimento nas áreas de irrigação e recursos hídricos realizadas por pesquisadores da Embrapa Cerrados e parceiros, listando as principais tecnologias geradas e disponibilizadas para a sociedade.

História das pesquisas com irrigação na Embrapa Cerrados

O início das ações de pesquisa e desenvolvimento com irrigação na Embrapa Cerrados aconteceu com o pesquisador Ady Raul da Silva, autor da primeira Circular Técnica desta Unidade da Embrapa, em 1976, intitulada *A cultura do trigo irrigada nos cerrados do Brasil Central* (da Silva et al., 1976). Neste documento, é apresentado pacote tecnológico para o cultivo de trigo irrigado em áreas do Cerrado acima de 800 m de altitude, utilizando irrigação por superfície pelo método da corrugação (Figura 1).

Em 1982, os pesquisadores da Embrapa Cerrados, Euzébio Medrado da Silva, Juscelino Antônio de Azevedo e Morethson Resende, desenvolveram e testaram o método do tubo janelado como alternativa para melhorar o controle sobre a quantidade de água aplicada em sistemas de irrigação por superfície (Silva et al., 1982).



Figura 1. Irrigação por superfície pelo método da corrugação.

Fonte: IICA; Ministério da Agricultura, 1986.

Outro método de irrigação por superfície que chegou a ser estudado foi o de sulcos em contorno, que teve os seus parâmetros operacionais determinados para as condições físico-hídricas típicas de latossolos do Cerrado (Azevedo; Silva, 1983; Rosa; Silva, 1987).

Na medida em que os métodos de irrigação por aspersão se tornaram mais disponíveis com a implantação de programas de governo específicos como o Profir, os produtores se interessaram por essa modalidade de distribuição de água, que, além de permitir o controle da taxa de aplicação de água, dispensava a necessidade de sistematização do terreno (Azevedo et al., 1983). Desse momento em diante, as pesquisas da Embrapa Cerrados foram intensificadas no sentido de prover alternativas para o manejo racional da água de irrigação. Nessa época, pesquisadores como Jorge Antonini, Joaquim Rassini, Eduardo Reis, Antônio Fernando Guerra e Sebastião Figueiredo já estavam integrados à equipe de irrigação da Embrapa Cerrados. Tempos depois, foram integrados ao grupo os pesquisadores Jorge Enoch Furquim Werneck Lima, em 2001; Lineu Neiva Rodrigues, em 2002; Omar Cruz Rocha, em 2004; e Vinícius Bof Bufon, em 2010.

Vários cultivos com potencial para irrigação na região do Cerrado passaram a ser objeto de estudos para a obtenção das informações técnicas necessárias ao manejo da água de irrigação com base na tensiometria (Silva et al., 1999), como trigo (Azevedo, 1988; Guerra et al., 1994; Guerra; Silva, 1994; Guerra, 1995a; Guerra; Antonini, 1996), feijão (Azevedo; Caixeta, 1986; Figueredo et al., 1994; Azevedo; Miranda, 1996; Azevedo et al., 1997; Figueredo et al., 1997; Azevedo et al., 1998), ervilha (Miyazawa et al., 1994), cevada (Silva; Andrade, 1985; Guerra, 1994; 1995a, 1995b; Guerra; Antonini, 1996; Filgueira et al., 1996; Silva et al., 1998), milho (Guerra et al., 1997b; Azevedo; Rocha, 2001), soja (Guerra et al., 1997a); e estudos adicionais com outros cultivos irrigados como girassol (Farias Neto et al., 2000) e amendoim (Figueredo et al., 2006a, b).

Além dos cultivos de grãos, plantas perenes, tais como, laranja (Azevedo et al., 1994), maracujá-doce (Azevedo; Figueredo, 2005), manga (Silva et al., 1996), graviola (Pinto; Silva, 1994), café (Guerra et al., 2003), coco (Azevedo et al., 2005), entre outras culturas beneficiadas com irrigação por aspersão ou localizada e responsivas à irrigação, tanto em relação à produtividade quanto à qualidade do produto.

Para viabilizar o uso adequado da tensiometria no manejo da irrigação, também se destaca a contribuição da Embrapa Cerrados na área de física de solos, integrando as equipes de irrigação e solos da Unidade. Entre as principais tecnologias geradas estão: (a) a adaptação de métodos laboratoriais para a geração de curvas de retenção de água no solo (Freitas Jr.; Silva, 1984; Silva; Azevedo, 2001; 2002; Silva et al., 2002; 2006; Reatto et al. 2008); (b) a definição de equações para o traçado de curvas granulométricas com poucos pontos medidos (Silva et al., 2004); (c) o uso da curva de retenção como indicador da qualidade físico-hídrica de solos do Cerrado (Santos et al., 2011); (d) o desenvolvimento de funções de pedotransferência para estimativa da curva de retenção de água de solos do Cerrado (Medrado; Lima, 2014) e de parâmetros físico-hídricos (Rodrigues et al., 2011) e; (e) o aprimoramento de método para ajuste da curva característica (Paraíba et al., 2016).

O manejo da irrigação por meio de dados climáticos também foi objeto de vários estudos na Embrapa Cerrados desde o final da década de 1990. Destaca-se a geração dos coeficientes de cultura (K_c) para diferentes produtos, como: a cevada (Guerra; Silva, 1999); o feijão (Guerra, 1999; Guerra et al., 2003); trigo (Guerra et al., 2003); milho (Guerra et al., 2003; Meirelles et al., 2003); arroz (Guerra et al., 2003); café (Guerra et al., 2006a), dendê (Antonini et al., 2015) e cana-de-açúcar (Hernandez et al., 2013; Santos et al., 2014).

Para a determinação da evapotranspiração de referência na região de Cerrado, que, associada aos valores de K_c das culturas, possibilitam o manejo da irrigação por meio do monitoramento de variáveis climáticas, vários métodos matemáticos foram avaliados e sugeridos, como: razão de bowen/balanco de energia (Guerra et al., 1999); tanque classe A (Guerra; Jacomazzi, 2001a; 2001b; Guerra et al., 2002a; 2002b; Guerra et al., 2005a); Modelo Chistiansen-Hargreaves (Rocha et al., 2003; Rocha; Guerra, 2005); Penman-FAO (Rocha; Guerra, 2005); modelo Jansen-Haise (Rocha et al., 2009).

Estudos foram desenvolvidos para estimativa da evapotranspiração real da cultura por meio do cálculo individualizado da transpiração e da evaporação direta da água do solo (Rodrigues e Azevedo, 2005). Mais recentemente, diversos estudos para a estimativa da evapotranspiração real por meio de sensoriamento remoto vêm sendo desenvolvidos (Santos et al., 2007a; 2007b; 2007c; Scherer-Warren et al., 2012; Scherer-Warren; Rodrigues, 2012; 2013; Scherer-Warren et al., 2013; 2014).

O manejo da irrigação por meio do monitoramento da tensão da água na folha foi a base para o desenvolvimento da técnica do estresse hídrico controlado no cultivo do café no Cerrado. Essa técnica tem demonstrado o quanto é possível racionalizar quantidade de água aplicada com benefícios diretos na qualidade dos grãos de café e na redução dos custos com energia de bombeamento, mão de obra, manutenção de equipamento e outros (Guerra et al., 2005b; 2006b; 2007). Essa tecnologia, além de favorecer a uniformidade de maturação do café com benefícios aos processos de colheita e beneficiamento dos grãos, resultando numa melhor homogeneida-

de e qualidade do produto final, possui um forte apelo ambiental, uma vez que a irrigação é interrompida justamente no período em que os rios têm menor disponibilidade hídrica, durante a época seca do ano.

Grande esforço também foi empreendido por pesquisadores da Embrapa Cerrados no desenvolvimento de métodos matemáticos para a avaliação do desempenho de sistemas de irrigação quanto à uniformidade de aplicação da água (Silva et al., 2002; 2004; 2006; 2009), informação fundamental para o adequado manejo da irrigação. Com o entendimento cada vez maior da comunidade científica internacional sobre a importância de se adotar a produtividade de uso da água como principal indicador para avaliação da qualidade da irrigação, os esforços começaram a ser empreendidos no sentido de desenvolvimento de estratégias para aumentar a produtividade de uso da água em escala de bacia (Maneta et al., 2009; Rodrigues; Vliet, 2014).

Mais recentemente, quando as bases para o estabelecimento da agricultura de precisão estavam se consolidando em vários países do mundo e a Embrapa iniciava seus trabalhos nessa área, a irrigação de precisão era vista como uma possível estratégia para economia de água. Nessa época, a Embrapa Cerrados foi pioneira, estabelecendo as bases para o desenvolvimento de um sistema de suporte à decisão (Rodrigues et al., 2008; Rodrigues et al., 2005 a,b,c). Desse trabalho, foram desenvolvidas equações para orientar o produtor e os técnicos no valor máximo da intensidade de precipitação máxima admissível em pivô-central sob diferentes condições (Rodrigues et al., 2009).

A equipe também tem trabalhado de maneira intensa no desenvolvimento de modelos matemáticos visando o estabelecimento de estratégias de irrigação que possam reduzir os conflitos pelo uso da água nas bacias hidrográficas da região (Rodrigues; Moreira, 2015), na avaliação e na adaptação de modelo de simulação (Vliet; Rodrigues, 2013) e no desenvolvimento de modelos de tomada de decisão (Moreira et al., 2013).

História das pesquisas em hidrologia e recursos hídricos na Embrapa Cerrados

Conforme citado, as pesquisas com irrigação na Embrapa Cerrados iniciaram logo na criação desta Unidade, na década de 1970, no entanto, o mesmo não ocorre com a área de recursos hídricos, aqui entendida como aquela que trata do estudo do comportamento hidrológico de áreas do Cerrado e das relações das atividades agropecuárias, inclusive a irrigação, com os corpos hídricos, em diferentes escalas (parcelas, bacias ou regiões hidrográficas).

As pesquisas em recursos hídricos na Embrapa Cerrados começam no final dos anos 1990, a partir dos trabalhos realizados no âmbito do convênio com a Companhia de Promoção Agrícola (Campo), responsável pela implantação do Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para o Desenvolvimento dos Cerrados (Prodecer). Nesse contexto, foram efetuados levantamentos preliminares de dados de qualidade da água em rios do bioma Cerrado (Oliveira et al., 1997; Orioli et al., 1998; Shibano et al., 2000; Yoshii et al., 2000). O objetivo principal dos trabalhos na ocasião era avaliar os possíveis impactos dos projetos de colonização agrícola sobre a qualidade da água de rios adjacentes. Ainda com resultados do Prodecer, é publicado o primeiro trabalho que avalia preliminarmente se a qualidade da água dos rios da região é adequada para irrigação (Azevedo et al., 2002).

Maior ênfase foi dada a área de recursos hídricos com a incorporação dos pesquisadores Jorge Enoch Furquim Werneck Lima, Lineu Neiva Rodrigues e Eduardo Cyrino de Oliveira-Filho à equipe da Embrapa Cerrados, nos anos de 2001, 2002 e 2002, respectivamente.

Há muito se ouvia dizer que o Cerrado era o “berço das águas do Brasil”, no entanto, faltavam números que comprovassem tal fato. Dessa forma, Lima e Silva (2002) apresentaram trabalho sobre a contribuição hídrica do Cerrado para as oito grandes bacias hidrográficas brasileiras. Com a mudança da divisão hidrográfica nacional pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos,

dricos (CNRH, 2003), esse trabalho foi ajustado e publicado novamente, em relação a 12 grandes regiões hidrográficas brasileiras definidas (Lima; Silva, 2007), estudo que se tornou referência em relação aos recursos hídricos do Cerrado. Este trabalho motivou outras análises em relação à importância dos recursos hídricos do Cerrado para o desenvolvimento do Brasil (Lima; Silva, 2008; Lima et al., 2011; Lima, 2011). Em termos regionais, também merece destaque o trabalho de Carvalho et al. (2011), no qual, os autores avaliam a ocorrência de mudanças no regime de chuvas, vazões e fluxo de sedimentos em grandes rios do Brasil ao longo do tempo, incluindo na análise rios em áreas do bioma Cerrado.

Com o desenvolvimento da agricultura irrigada na região, as pequenas barragens passaram a ter papel fundamental ao mesmo tempo em que seus impactos na hidrologia e na biodiversidade eram questionados. Havia poucas informações sobre essas infraestruturas. Trabalhos relacionados a estimativas da capacidade de armazenamento (Rodrigues et al., 2012), da perda por infiltração (Rodrigues; Dekker, 2008), da perda por evaporação (Rodrigues et al., 2012) foram realizados na bacia hidrográfica do rio Preto. Além disso, foram desenvolvidas equações para estimativas do volume de água armazenada nas barragens com base em imagens de satélite (Rodrigues; Sano, 2012), relações cota-área-volume (Rodrigues; Liebe, 2013) e de sistema de suporte para locação de pequenas barragens (Linsen; Rodrigues, 2011).

Quanto à análise e ao levantamento da qualidade da água em ambientes de Cerrado, destacam-se os trabalhos de Parron et al. (2008; 2009; 2010; 2014) e Muniz et al. (2011; 2013), que caracterizaram a qualidade da água em áreas representativas de ambientes naturais, urbanos e agrícolas típicos do Cerrado. Outros estudos também foram realizados avaliando possíveis impactos de diferentes usos do solo sobre os recursos hídricos (Simplício et al., 2011; Oliveira-Filho et al., 2011a; Pires et al., 2015; Dias et al., 2015). A definição de métodos de análise dos impactos de substâncias químicas (Muniz et al., 2010; Oliveira-Filho et al., 2011b; Oliveira-Filho et al., 2010; Oliveira-Filho et al., 2013a; Oliveira-Filho et al., 2013b; Brito, 2014) e produ-

tos biológicos (Oliveira-Filho, 2008; Oliveira-Filho et al., 2009a; 2009b; Grisolia et al., 2009; Oliveira-Filho et al., 2011; Oliveira-Filho et al., 2014) sobre espécies aquáticas são outros temas estudados pela equipe.

Quanto ao monitoramento de processos hidrológicos em parcelas experimentais, destacam-se os trabalhos de Dedecek et al. (1986) e Dedecek (1987), elaborados em calhas do tipo padrão de Wischmeier, nas quais, avaliou-se a perda de água, solo e nutrientes por erosão em um Latossolo típico do Cerrado submetido à diferentes coberturas e sob chuva natural. Esses estudos representam referências sobre o impacto do plantio direto sobre o fluxo de água e sedimentos em áreas agrícolas. No caso, esse sistema se mostrou mais eficiente em conter o fluxo de sedimentos do que o de água, o que nos dá base, ainda hoje, para recomendar a manutenção dos terraços em áreas de plantio direto. Depois de mais de 20 anos, a Embrapa Cerrados conta novamente com baterias de calhas de monitoramento da enxurrada em dois solos típicos do bioma (Latossolos), um argiloso e outro arenoso, com as quais estão sendo gerados informações e parâmetros relacionados aos seguintes processos hidrológicos: escoamento superficial, infiltração, chuva, solos, interceptação foliar, erosão, fluxo de sedimentos e de nutrientes, em áreas naturais e agrícolas do Cerrado (Lima et al., 2013; Silva et al., 2014; Oliveira et al., 2014; Rocha et al., 2015).

No que se refere ao monitoramento de processos hidrológicos em Bacias Experimentais e Representativas de áreas do bioma Cerrado, destacam-se os trabalhos desenvolvidos nas bacias dos seguintes corpos hídricos: Córrego Capetinga (10 km²); Alto Rio Jardim (105 km²); Córrego Buriti Vermelho (10 km²); Córrego Sarandi (30 km²) e Ribeirão Pipiripau (237 km²).

Em parceria com a Universidade de Brasília, no Córrego Capetinga, Lima et al. (2001; 2002) mediram a quantidade de chuva, de escoamento superficial e de base, de armazenamento de água nas zonas vadosa e saturada do solo e, por meio do balanço hídrico no tempo, determinaram a evapotranspiração real em bacia com vegetação natural do Cerrado.

Em 2001, foram iniciados os trabalhos de hidrometria e hidrologia na Bacia Experimental e Representativa do Alto Rio Jardim, que desde então tem seu monitoramento incrementado ou adaptado de forma a atender a diferentes objetivos de pesquisa no que concerne ao conhecimento do comportamento e dos diferentes processos hidrológicos (chuva, infiltração, variação da umidade do solo, variação no nível freático, escoamento superficial e escoamento de base) na região (Lima et al., 2005; 2008). Os resultados indicam que cerca de 70% da água precipitada em bacias da região é evapotranspirada, enquanto a vazão dos rios representa cerca de 30% da chuva, sendo 90% deste escoamento proveniente da água que infiltra no solo (recarga do lençol freático) e apenas 10% gerados por escoamento superficial (Lima, 2010). Os dados levantados têm servido para a avaliação de impactos antrópicos sobre a qualidade da água superficial (Muniz et al., 2011; 2013) e subterrânea (Parron, 2009a; 2009b), demonstrando a capacidade de solos do Cerrado em reter agroquímicos, protegendo os recursos hídricos.

A Bacia do Alto Rio Jardim integra a Rede Nacional de Bacias Experimentais e Representativas (Projeto Rehidro) e seus resultados têm sido utilizados em estudos de hidrologia comparativa entre bacias do Cerrado e do Semiárido brasileiro, buscando melhor compreender as relações entre as características físicas das regiões (chuva, solo, relevo, uso e outras), o comportamento hidrológico e os parâmetros de modelos aplicados em diferentes biomas (Montenegro et al., 2014; Lima et al., 2014).

Os trabalhos na Bacia Experimental do rio Buriti Vermelho iniciaram em 2008. Essa bacia se insere na Rede Agrohidro, que atualmente agrega bacias experimentais em diferentes biomas do país (Rodrigues, 2012; Rodrigues et al., 2012; 2010; 2016; Rodrigues; Schuler, 2016; Moura et al., 2014). Visando um melhor entendimento dos processos hidrológicos, realizou-se um intenso trabalho de caracterização e de instrumentalização da bacia (Passo et al., 2014; Rodrigues, 2014a, b; Rodrigues, 2016; Marioti et al., 2009; Grah et al., 2009; Passo et al., 2009). Os dados levantados têm sido utilizados nos trabalhos de modelagem, de avaliação do potencial de uso da água sub-

terrânea para expansão da irrigação (Wendt et al., 2015), de qualidade de água (Parron et al., 2008; 2010) e na definição de estratégias de gestão de recursos hídricos.

A Bacia do Córrego Sarandi foi definida como bacia experimental para estudos hidrológicos em 2012, quando foi instrumentada e se iniciou o monitoramento hidrológico em sua área (Martins et al., 2012; Oliveira et al., 2013). Como a Embrapa Cerrados está inserida nesta bacia, sede e campos experimentais, dados climáticos já são acompanhados desde a década de 1970 (Silva et al., 2014).

No Ribeirão Pipiripau, o monitoramento sistemático da chuva é efetuado por meio de parceria entre a Embrapa, a Emater e a Caesb, desde a década de 1970. Na mesma época, a Caesb iniciou o monitoramento das vazões na bacia que hoje é utilizada no fornecimento de água para as regiões de Planaltina e Sobradinho. Em razão de conflitos pelo uso da água, iniciou-se em 2010 o Programa Produtor de Águas na Bacia do Pipiripau, uma parceria entre 18 instituições, entre as quais a Embrapa Cerrados, com a finalidade de implantar boas práticas em áreas agrícolas (terraceamento, barraginhas, recuperação florestal e aumento da eficiência do uso da água) com o objetivo maior de melhorar a situação hídrica (quantidade e qualidade da água). A Embrapa Cerrados tem o papel de levar conhecimento à gestão do projeto por meio da disponibilização de tecnologias, levantamentos específicos em campo e estudos que balizem o projeto e a extrapolação daquilo que está se implementando na bacia e seus resultados (Strauch et al., 2011; 2013; Lima et al., 2013; Lorz et al. 2016).

Outra linha de atuação trata-se do desenvolvimento e teste de equipamentos e metodologias para apoio ao monitoramento hidrológico. No início da década de 2000, houve um esforço no desenvolvimento de um pluviômetro automático de pesagem e um equipamento de monitoramento automático do nível de rios utilizando transdutor de pressão (Lima et al., 2005), os quais foram utilizados para coleta de dados em campo na Bacia Experimental do Alto Rio Jardim no período de 2002 a 2004. Lima et al. (2006; 2007) selecionaram equações para o traçado de curvas granulomé-

tricas sedimentos do leito e em suspensão em rios, importante ferramenta não apenas para a facilitação das análises e extração de dados necessários para a utilização de determinados modelos hidrológicos e hidrossedimentométricos, mas também para a padronização de métodos de medição e de integração/compatibilização de bases de dados. Desenvolveu-se também na Embrapa Cerrados um equipamento pontual de amostragem de água + sedimentos para pequenos cursos d'água (Lima et al., 2010; 2011), o qual vem sendo até hoje utilizado para coleta de amostras para análise de sedimentos e qualidade da água por diferentes grupos de pesquisa em razão da eficiência e do baixo custo em relação aos equipamentos comerciais com mesma finalidade. Muniz et al. (2010) e Oliveira-Filho et al. (2011) adaptaram teste de toxicidade de sedimentos para a avaliação dos impactos de resíduos da mineração sobre peixes de água doce. Lima et al. (2011; 2014), buscando métodos automáticos de monitoramento de variáveis hidrológicas, desenvolveram relações entre a turbidez e a concentração de sedimentos em suspensão em pontos de amostragem em rios e em caixas de coleta de calhas de monitoramento da enxurrada. Lima et al. (2012) testaram e reprovaram o uso de determinada sonda de capacitância no monitoramento da umidade de latossolos do Cerrado em condições de campo com uma única equação indicada pelo fabricante. Informação relevante para grupos de pesquisa que atuam com monitoramento hidrológico ou manejo de irrigação.

A equipe também trabalha intensamente no desenvolvimento e na adaptação de modelos hidrológicos, bem como nas suas aplicações como ferramenta de suporte à gestão territorial e dos recursos hídricos no Cerrado. Lima et al. (2007) disponibilizaram ferramenta para aplicação do multicritério Electre-Tri para apoio à seleção de alternativas de alocação de água em bacias hidrográficas, mas que também pode ser utilizado para diversos fins.

A adaptação e a parametrização da Equação Universal de Perda de Solo (USLE ou EUPS) para a região do bioma Cerrado, em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), vêm sendo objetos de estudo do grupo de pesquisas da Embrapa Cerrados (Dedecek et al., 1986; Dedecek, 1987;

Lima et al., 2006; 2007; 2009). A aplicação da USLE para a gestão territorial tem sido feita, por exemplo, para suporte à implantação de programas de manejo e de conservação do solo, de programas de pagamento por serviços ambientais ou no desenvolvimento de outros instrumentos que balizam políticas públicas, como o Zoneamento Ecológico-Econômico do estado do Tocantins e do Distrito Federal (Lima et al., 2007; 2009; 2012a; 2012b; 2013; 2015).

O modelo hidrológico *Finite Element Subsurface* (FEFLOW), que possibilita uma modelagem com robusta base física e de forma espacialmente e temporalmente distribuída, teve seu uso avaliado em diferentes condições (escalas, processos e dimensões) no bioma Cerrado (Silva et al., 2007; Lima et al., 2009; Lima 2010). Um dos principais focos da modelagem com o Feflow foi a integração dos processos subterrâneos com a geração de vazão de base em bacias do Cerrado, processo fundamental para esta região em que grande parte dos rios são perenes, mesmo com os longos períodos de seca típicos desse bioma.

O modelo hidrológico Modhms, que simula os processos hidrológicos com base em equações físicas e calcula de forma integrada os processos de superfície e subsuperfície, foi avaliado para as condições do Cerrado visando o entendimento físico dos processos, para a regionalização de vazões (Maneta et al., 2009). Trabalhos buscando a alocação de recursos hídricos com vista a redução de conflitos na bacia do rio São Francisco foram realizados utilizando-se o modelo hidrológico (Mike Basin) conceitual e semidistribuído (Maneta et al., 2009a, b).

Mais recentemente, o modelo hidrológico Soil Water Assessment Tool (SWAT) tem sido objeto de diversos projetos e estudos desenvolvidos na Embrapa Cerrados. Na busca pela adaptação do modelo às condições do Cerrado, foi desenvolvida base de dados de solos específica para a aplicação do modelo SWAT em bacias hidrográficas do Cerrado (Lima et al., 2013a; 2013b). O uso dessa nova base de dados de solos trouxe uma melhoria na base física do modelo e nos resultados das simulações, principalmente, no escoamento de base, que é fundamental para estimativas de vazões mí-

nimas e para apoio à gestão sob condições de escassez hídrica (Castro et al., 2014; Salles et al., 2015). O aumento da base física do modelo SWAT tem permitido melhores estudos de impacto de mudanças do uso do solo e a adoção de boas práticas agropecuárias sobre os processos hidrológicos (Strauch et al., 2013a; 2013b; Ferrigo et al., 2014), bem como os possíveis impactos das mudanças climáticas sobre os recursos hídricos (Ferrigo et al., 2014; 2015). A parametrização do modelo SWAT para a região do Cerrado também tem sido avaliada em diferentes condições e escalas de bacias hidrográficas, de 10 km² até 10.000 km², até o momento (Carvalho et al., 2013; Lima et al., 2015; Teixeira et al., 2016; Wehling et al., 2016).

Com o aumento dos conflitos pelo uso da água na região, a gestão de recursos hídricos e a alocação de água passaram a fazer parte dos trabalhos do grupo, principalmente por meio do uso de ferramentas de planejamento de recursos hídricos (Rodrigues et al., 2009; Rodrigues e Kemp-Benedict, 2009; Linsen et al., 2011).

A equipe também passou a desenvolver trabalhos com modelos hidro-econômicos (Torres et al., 2016; Maneta et al., 2010; Torres et al., 2014). Em razão das características da pequena agricultura irrigada na região, com predominância de canais, foi desenvolvido modelos específicos para essa situação (Rodrigues; Torres, 2015; Silva et al., 2008; Silva et al., 2009a, b).

O uso de sensoriamento remoto para a obtenção de dados acerca de processos hidrológicos – como a evapotranspiração em ambientes de Cerrado, informação que pode ser útil para estudos hidrológicos e para a irrigação – também tem sido alvo de estudos realizados para equipe da Embrapa Cerrados. Um exemplo disso é a aplicação do modelo SEBAL na região (Santos et al., 2007a; 2007b; Scherer-Warren; Rodrigues, 2012; 2013; Scherer-Warren et al., 2012; 2013; 2014).

Outros temas relevantes e que apresentam contribuição da equipe da Embrapa Cerrados no campo da modelagem hidrológica são: desenvolvimento de método para tratar questões relativas aonexo entre segurança

hídrica, energética e alimentar (Lima et al., 2003); e a modelagem integrada de serviços ecossistêmicos (Lors et al., 2016).

O mapeamento e/ou zoneamento de informações relevantes para a adequada gestão dos recursos hídricos é mais um dos tópicos amplamente estudados.

Sendo o uso da água para a irrigação por meio de pivôs-centrais importante na região, a equipe vem trabalhando no monitorando, utilizando imagens de satélite e ferramentas de geoprocessamento, o avanço dessa prática no bioma Cerrado desde 2002 até os dias atuais (Lima et al., 2004; 2007; 2009; 2015a; 2015b; Sano et al., 2005; Santos et al., 2007), tendo verificado que a área irrigada por esse método cresce a uma taxa de aproximadamente 5% ao ano. Ainda no campo da demanda hídrica para a agricultura, foi desenvolvido e aplicado método para mapeamento da demanda de água para irrigação de determinada cultura, de forma distribuída no espaço (Silva et al., 2008).

No que se refere ao mapeamento da oferta hídrica, tem-se trabalhado de forma sistemática no mapeamento/zoneamento da disponibilidade hídrica/vazão outorgável em bacias hidrográficas e ecorregiões do bioma Cerrado (Lima; Silva, 2002; 2007; Lima et al., 2008; Gebrim, 2013; Martins, 2014). Confrontando os zoneamentos de oferta e demanda hídrica, a equipe da Embrapa Cerrados tem trabalhado no sentido de identificar zonas com risco de conflitos ou com potencial para o avanço sustentável da agricultura irrigada no Cerrado (Silva; Lima, 2003; Lima et al., 2007; Silva et al., 2008).

Além do zoneamento da disponibilidade e demanda hídrica no bioma Cerrado, destaca-se o trabalho de zoneamento das zonas de produção ou deposição de sedimentos em bacias hidrográficas do Brasil (Lima et al., 2005; 2006; 2008; Carvalho et al., 2006). Nesse contexto, efetuou-se o diagnóstico detalhado do fluxo de sedimentos em suspensão em importantes bacias hidrográficas com nascentes no Cerrado, como as do Paraná (Lima et al., 2005; Lopes et al., 2005; 2007), do São Francisco (Lima et al., 2001; 2002) e do Tocantins-Araguaia (Lima et al., 2003).

Por fim, alguns trabalhos fazem uma análise mais estratégica, com base nos dados e informações técnicas geradas em ações de pesquisa, trazendo de forma integrada, os desafios e as perspectivas em relação ao uso da água para o desenvolvimento sustentável da agropecuária no bioma Cerrado (Lima; Silva, 2003; Lima et al., 2007; Lima; Silva, 2008a; 2008b; Silva et al., 2008; Resende et al., 2009; Menezes et al., 2016).

É importante destacar que a equipe, além de participar na geração de dados, de informações e no desenvolvimento de soluções tecnológicas para o bioma Cerrado, tem forte atuação na formação de pessoas (graduação, mestrado e doutorado) no Brasil e no exterior, além de representar a Embrapa e o Ministério da Agricultura em conselhos, associações, comissões, comitês de bacia, câmaras técnicas e grupos de trabalho nas diferentes esferas dos governos estaduais, distrital e federal, apoiando o desenvolvimento e a implantação de ações e políticas públicas relacionadas com o tema Água.

Principais tecnologias geradas

Na Tabela 1, são listados os principais produtos tecnológicos desenvolvidos pelas equipes de Irrigação e Recursos Hídricos da Embrapa Cerrados, os quais foram expostos na *Reunião Anual de Apresentação de Resultados desta Unidade de Pesquisa – Especial 40 anos*.

Tecnologias geradas que necessitam de maiores ações de comunicação e transferência de tecnologia

O momento de crise hídrica por que passa grande parte do bioma Cerrado se apresenta como oportunidade importante de divulgação e inserção dos conhecimentos e produtos gerados pela Embrapa Cerrados, que certamente podem ajudar a superar esses momentos de dificuldade, favorecendo o uso mais eficiente da água na agricultura e uma melhor gestão dos recursos hídricos na região.

Tabela 1. Processos, produtos e serviços desenvolvidos pelas equipes de Irrigação e Recursos Hídricos da Embrapa Cerrados.

| Nº | Solução tecnológica | Tipo |
|----|--|-------------------------------|
| 1 | Irrigação por superfície: sulco por corrugação (trigo) | Processo/Prática agropecuária |
| 2 | Irrigação por superfície: sulco em nível/tubo janelado | Processo/Prática agropecuária |
| 3 | Irrigação por aspersão: manejo da irrigação com base no monitoramento da água no solo (tensões de referência, profundidade de monitoramento e necessidade hídrica para diferentes culturas: arroz, cevada, feijão, milho, soja, trigo, café e outras) | Processo/Prática agropecuária |
| 4 | Irrigação por aspersão: manejo da irrigação com base no monitoramento da água no solo (Metodologias para traçado da curva de retenção de água em solos do Cerrado: método da centrífuga, tempo de centrifugação, pontos de medição; funções de pedotransferência) | Metodologia |
| 5 | Irrigação por aspersão: manejo da irrigação com base no monitoramento climático (coeficientes de cultura – Kc e necessidade hídrica das culturas: feijão, trigo, milho, arroz, soja, café e outras) | Processo/prática agropecuária |
| 6 | Irrigação por aspersão: Manejo da irrigação com base no monitoramento do potencial da água na folha (estresse hídrico controlado do café irrigado) | Processo/prática agropecuária |
| 7 | Metodologia para avaliação de sistemas de irrigação (funções e modelos para a avaliação de desempenho de sistemas de irrigação na aplicação da água) | Metodologia |
| 8 | Softwares para apoio ao manejo da irrigação (ferramenta web a partir de dados climáticos; simulação do comportamento hidráulico de pivôs; estimativa da precipitação efetiva; MSEI- simulação de estratégias de irrigação) IrrigaCerrado – manejo por tensiometria; estimador de curva de retenção na web) | Softwares |

Continua...

Tabela 1. Continuação.

| Nº | Solução tecnológica | Tipo |
|----|---|------------------------------|
| 9 | Monitoramento hidrológico em bacias experimentais e representativas do bioma Cerrado (Alto Rio Jardim, Buriti Vermelho, Sarandi, Pipiripau, Capetinga e Capão Comprido) | Serviço/análise-levantamento |
| 10 | Monitoramento de processos hidrológicos em parcelas experimentais no bioma Cerrado (precipitação, escoamento superficial, infiltração, umidade do solo, interceptação, erosão, fluxo de nutrientes e outros) | Serviço/análise-levantamento |
| 11 | Desenvolvimento de equipamentos para monitoramento hidrológico (pluviômetro de pesagem; limnígrafo automático; amostrador pontual de água + sedimentos) | Máquina/equipamento |
| 12 | Desenvolvimento/adaptação de metodologias para monitoramento hidrológico (locação de estações; precipitação efetiva; vazões naturais; temperatura/evapotranspiração por meio de sensores remotos; turbidez x sedimentos; testes ecotoxicológicos em água; estações de monitoramento de diferentes processos hidrológicos em escala unidimensional e outras) | Metodologia |
| 13 | Desenvolvimento/adaptação de metodologias para modelagem hidrológica e o seu uso como ferramenta de gestão territorial e dos recursos hídricos (método multicritério de seleção de alternativas de ações e projetos relacionados aos recursos hídricos; tropicalização do modelo SWAT; parametrização e aplicação da Equação Universal de Perda de Solos; simulação de vazões naturais; modelagem integrada de processos hidrológicos superficiais e subterrâneos e outras) | Metodologia |
| 14 | Mapeamento/zonamento da área irrigada por pivô-central no Cerrado | Mapeamento/zonamento |
| 15 | Mapeamento/zonamento da demanda hídrica em bacias hidrográficas do Cerrado | Mapeamento/zonamento |
| 16 | Mapeamento/zonamento da disponibilidade hídrica em bacias hidrográficas do Cerrado | Mapeamento/zonamento |

Continua...

Tabela 1. Continuação.

| Nº | Solução tecnológica | Tipo |
|----|--|----------------------|
| 17 | Mapeamento/zonamento do potencial de avanço sustentável da agricultura irrigada em bacias hidrográficas do Cerrado | Mapeamento/zonamento |
| 18 | Mapeamento/zonamento da susceptibilidade à erosão em bacias hidrográficas do Cerrado | Mapeamento/zonamento |
| 19 | Mapeamento/zonamento de zonas de produção ou deposição de sedimentos em bacias hidrográficas do Cerrado | Mapeamento/zonamento |

Produtos, processos e serviços descritos no portfólio de tecnologias da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos

- 1) Análise Comparativa da Qualidade da Água dos Recursos Hídricos em Áreas Urbanas e Agrícolas
- 2) Análise da Periculosidade de Resíduos da Mineração de Níquel sobre o Ambiente Aquático
- 3) Análise do Impacto das Cinzas de Queimadas na Qualidade de Recursos Hídricos
- 4) Análise Motivacional para Uso de Fogo na Agricultura no DF e Entorno
- 5) Atlas Hidrológico do Bioma Cerrado: zonamento da disponibilidade hídrica superficial no bioma Cerrado
- 6) Bacias Pilotos do Bioma Cerrado
- 7) Coletores de Enxurrada
- 8) Levantamento da Área Irrigada por Pivô-Central no Cerrado
- 9) Levantamento e Análise da Importância Hidrológica do Cerrado
- 10) Mapeamento da Área Irrigada por Pivô-central no Cerrado

- 11) Metodologia para Estimativa da Precipitação Efetiva em Áreas Agrícolas
- 12) Molinete: software para cálculo, armazenamento e avaliação de vazão
- 13) Relação Área-volume para Pequenas Barragens de Terras na Bacia Hidrográfica do Rio Preto
- 14) Software para Uso Eficiente da Água e Economia na Irrigação em Cultivos no Cerrado
- 15) Zoneamento do Fluxo de Sedimentos em Suspensão em Rios do Brasil

Referências

- ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**. Brasília, DF, 2015.103 p.
- ANTONINI, J. C. A.; VELOSO, R. F.; MALAQUIAS, J. V. **Evapotranspiração e coeficiente de cultivo na fase produtiva da palma de óleo (*Elaeis guineenses* Jacq.) nas condições de clima tropical de savana**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2015. 21 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 325).
- ASSAD, E. D.; SANO, E. E.; MASUTOMO, R.; CASTRO, L. H.; SILVA, F. A. M. Veranicos na região dos Cerrados brasileiros: frequência e probabilidade de ocorrência. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, n. 9, p. 993-1003, 1993.
- AZEVEDO, J. A.; SILVA, E. M. Parâmetros da irrigação por sulco em solos de cerrados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 11., 1981, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: Editerra, 1983, p. 841-842.
- AZEVEDO, J. A.; SILVA, E. M.; RESENDE, M.; GUERRA, A. F. **Aspectos sobre o manejo da irrigação por aspersão para o Cerrado**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1893. 52 p. (EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 16).
- AZEVEDO, J. A.; SHIBANO, K.; GOMES, A. C. **Análise da qualidade da água utilizada para irrigação em algumas localidades do Distrito Federal**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 4 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 82).
- BRITO, D. Q. **Avaliação ecotoxicológica das cinzas de queimadas do Cerrado em ambientes aquáticos**. 2014. 120 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural)-Universidade de Brasília, 2014.
- CARVALHO, F. H.; LACERDA, M. P. C.; SILVA, C. L.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. A. A.; OLIVEIRA JUNIOR, M. P. Predição de vazões em uma pequena bacia hidrográfica do bioma Cerrado com utilização do modelo SWAT. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 20., 2013, Bento

Gonçalves, RS. **Anais...** Bento Gonçalves, RS: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2013. v.1. p. 1-8

CARVALHO, N. O.; ROSS, J.; SILVA, L. F. A.; CAFE, F. A.; COIMBRA, A. R. S. R.; LIMA, J. E. F. W.; CELERI, A.; ALVES, C. F. C.; IDE, C. N.; VAL, L. A. A.; BRAGA, A. Aumento do transporte de sedimentos e da erosão em grandes bacias hidrográficas brasileiras. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS, 7., 2006, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2006. p. 1-20.

CARVALHO, N. O.; ROSS, J.; SILVA, L. F. A.; CAFE, F. A.; COIMBRA, A. R. S. R.; LIMA, J. E. F. W.; CELERI, A.; ALVES, C. F. C.; IDE, C. N.; VAL, L. A. A.; BRAGA, A. Evaluation of temporal variability of rainfall, water discharge and sediment yield in large river basins of Brazil. In: BIBLIO, C.; HENSEL, O.; SELBACH, J. F. (org.). **Sustainable water management in the tropics and subtropics: and case studies in Brazil.** Jaguarão, RS: Fundação Universidade Federal do Pampa, UFMA, 2011. v. 1, p. 149-174.

CASTRO, K.; LIMA, J. E. F. W.; ROIG, H. Impacts of a specific soil database on streamflow simulation with SWAT in an experimental rural catchment of the Brazilian savanna. In: CONFERENCE THE SOIL AND WATER ASSESSMENT TOOL (SWAT), 2014, Porto de Galinhas. **Book of Abstracts...** Texas: USDA Agricultural Research Service, 2014.

CHRISTOFIDIS, D. **Recursos Hídricos e Irrigação no Brasil.** Brasília, DF: UnB, 1999. 19 p.

DA SILVA, A. R.; ANDRADE, J. M. V.; CALDAS LEITE, J. **Contribuição da Embrapa ao desenvolvimento do trigo na região dos Cerrados.** Brasília, DF: EMBRAPA- DID, 1981.

DA SILVA, A. R.; CALDAS LEITE, J.; MAGALHÃES, J. C. A. J.; NEUMAIER, N. **A cultura do trigo irrigada nos cerrados do Brasil Central.** Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1976. (Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. Circular Técnica, n. 1).

DEDECEK, R. A. Efeito das perdas e deposições de camadas de solo na produtividade de um Latossolo VermelhoEscuro dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 11, p. 323-328, 1987.

DEDECEK, R. A.; DE-FREITAS JR., E.; RESCK, D. V. S. Perdas de água solo e nutrientes por erosão em Latossolo Vermelho-Escuro dos Cerrados em diferentes cultivos sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 10, p. 265-272, 1986.

DIAS, Z. M. B.; MUNIZ, D. H. de F.; BRITO, D. Q.; ROCHA, F. R. M.; SIMPLÍCIO, N. de C. S.; FARIA, B. P. da C.; LIMA, J. E. F. W.; OLIVEIRA FILHO, E. C. de. Avaliação dos efeitos das cinzas de queimada sobre a química do solo e da água subterrânea em área de cerrado. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 21., 2015, Brasília, DF. **Segurança hídrica e desenvolvimento sustentável: desafios do conhecimento e da gestão:** anais. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2015. 7 p.

FAO. FAOSTAT. 2011. Disponível em: <http://faostat.fao.org/default.aspx>. Acesso em: 10 maio 2016.

FEALQ. **Análise territorial para o desenvolvimento da agricultura irrigada no Brasil**, 2014. 217 p.

FERRIGO, S.; LIMA, J. E. F. W.; TÁVORA, B. E.; MINOTI, R. T.; KOIDE, S. Appraisal of possible climate change impacts on the sediment yield in a rural catchment of the Brazilian savanna. In:

INTERNATIONAL SWAT CONFERENCE, 2015, Pula, Sardinia, Italia. **Book of Abstracts...** Temple: Texas A&M, 2015. p. 108-108, v. 1.

FERRIGO, S.; TÁVORA, B. E.; MINOTI, R. T.; LIMA, J. E. F. W.; KOIDE, S. Avaliação de possíveis impactos das mudanças climáticas e do uso do solo sobre a produção de sedimentos em bacia hidrográfica no distrito federal. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS, 11., 2014, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: ABRH, p. 1-15, v. 1.

FREITAS JR, E.; SILVA, E. M. Uso da centrífuga para determinação da curva de retenção de água do solo, em uma única operação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 19, n. 11, p. 1423-1428, 1984.

GBRIM, N.; LIMA, J. E. F. W.; MARTINS, P. R.; SILVA, F. D. M.; ARAUJO, L. S.; OLIVEIRA, L. Caracterização do comportamento hidrológico de duas ecorregiões do Cerrado brasileiro: os casos do Chapadão do São Francisco e do Parecis. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA CERRADOS, 2013, Planaltina, DF. **Jovens Talentos 2013**: resumos. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2013. (Embrapa Cerrados. Documentos, 319).

GRAH, V. de F.; RODRIGUES, L. N.; MARIOTI, J.; FILHO, R. G. C.; AZEVEDO, J. A. Avaliação da uniformidade e do manejo da irrigação localizada realizada por pequenos produtores na bacia hidrográfica do Rio Buriti Vermelho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 38., 2009, Juazeiro. **Planejamento da bacia hidrográfica e o desenvolvimento da agricultura**: anais. Juazeiro: UNIVASF: Embrapa Semiárido: CEFET: SBEA, 2009. 1 CD-ROM.

GRAH, V. de F.; RODRIGUES, L. N.; MARIOTI, J.; SOCCOL, O. J. Avaliação da irrigação por aspersão convencional praticada por pequenos produtores na bacia hidrográfica do Buriti Vermelho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 38., 2009, Juazeiro, Petrolina.

Planejamento da bacia hidrográfica e o desenvolvimento da agricultura: anais. Juazeiro, Petrolina: UNIVASF: Embrapa Semiárido: CEFET: SBEA, 2009. 1 CD-ROM.

GRISOLIA, C. K.; OLIVEIRA-FILHO, E. C.; RAMOS, F. R.; LOPES, M. C.; MUNIZ, D. H. F.; MONNERAT, R. G. Acute Toxicity and Cytotoxicity of *Bacillus thuringiensis* and *Bacillus sphaericus* Strains on Fish and Mouse Bone Marrow. **Ecotoxicology**, v. 18, p. 22-26, 2009.

GUERRA, A. F. **Coefficientes de cultura (Kc) para o feijão preto**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1999. (Embrapa Cerrados. Guia técnico do produtor rural, n. 47).

GUERRA, A. F.; JACOMAZZI, M. A. **Método do tanque classe A para irrigação do trigo no Cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001a. 2 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 58).

GUERRA, A. F.; JACOMAZZI, M. A. **Método do tanque classe A para irrigação suplementar da cultura de milho no Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001b. 2 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 59).

GUERRA, A. F.; ROCHA, O. C.; RODRIGUES, G. C. Coeficientes de cultura para cafeeiros (*Coffea arabica* L.) no Cerrado. **Item**, Brasília, DF, n. 69/70, p. 81-86, 2006.

GUERRA, A. F.; ROCHA, O. C.; RODRIGUES, G. C.; SANZONOWICZ, C.; SAMPAIO, J. B. R.; SILVA, H. C.; ARAÚJO, M. C. de. **Irrigação do cafeeiro no cerrado**: estratégia de manejo de água para uniformização de florada. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. 4 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 122).

GUERRA, A. F.; ROCHA, O. C.; RODRIGUES, G. C.; SANZONOWICZ, C.; SAMPAIO, J. B. R. **Manejo da Irrigação do cafeeiro com uso do estresse hídrico para uniformização de florada.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006b. 1 Folder.

GUERRA, A. F.; ROCHA, O. C.; RODRIGUES, G. C.; SOUZA, P. I. de M. de. **Método do tanque classe A para irrigação da soja, cultivar Sambaíba, no Cerrado.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005b. 3 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 120).

GUERRA, F.; ROCHA, O. C.; RODRIGUES, G. C. Manejo do cafeeiro irrigado no Cerrado com estresse hídrico controlado. **Item**, n. 65/66, p. 42-45, 2005c.

GUERRA, A. F.; RODRIGUES, G. C.; NAZARENO, R. B. **Método do tanque classe A para irrigação do arroz no Cerrado.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002a. 4 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 77).

GUERRA, A. F.; RODRIGUES, G. C.; NAZARENO, R. B. **Uso do tanque classe A para irrigação do feijão Pérola no Cerrado.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002b. 4 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 84).

GUERRA, A. F.; RODRIGUES, G. C.; ROCHA, O. C.; EVANGELISTA, W. **Necessidade hídrica no cultivo de feijão, trigo, milho e arroz sob irrigação no bioma Cerrado.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 15 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 100).

GUERRA, A. F.; SANZONOWICZ, C.; RODRIGUES, G. C.; SAMPAIO, J. B. R.; ROCHA, O. C. **Manejo do cafeeiro Irrigado no Cerrado.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. 1 folder.

GUERRA, A. F.; SILVA, D. B. da. **Coefficientes de cultura (Kc) para a cevada BRS 180, cultivada em áreas irrigadas do Cerrado.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1999. 2 p. (Embrapa Cerrados. Guia Técnico do Produtor Rural, 48).

GUERRA, A. F.; SILVA, E. M. Tensão de água no solo: um critério viável para a irrigação do trigo na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 4, p. 631-636, 1994.

HERNANDES, T. A. D.; BUFON, V. B.; SEABRA, J. E. A. Water footprint of biofuels in Brazil: assessing regional differences. **Biofuels, Bioproducts & Biorefining**, v. 8, p. 1-11, 2013.

IICA. Ministério da Agricultura. **Projeto Demonstrativo de Irrigação e Drenagem:** Colégio Agrícola de Brasília, Informação Técnica. Brasília, DF: IICA; Ministério da Agricultura, 1986. 31 p. (Documento, 5).

LIMA, J. E. F. W. **Recursos Hídricos no Brasil e no mundo.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. 46 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 33).

LIMA, J. E. F. W. Situação e perspectivas sobre as águas do Cerrado. **Ciência e Cultura**, v. 63, p. 27-29, 2001.

LIMA, J. E. F. W.; CASTRO, K. B.; CARVALHO, F. H.; FERRIGO, S.; ROIG, H. L.; LACERDA, M. P. C. (2015). Preliminary results of the SWAT model application in an experimental rural catchment of the Brazilian savanna. In: INTERNATIONAL SWAT CONFERENCE, 2015, Pula, Sardinia, Italia. **Book of Abstracts...** Temple: Texas A&M, 2015. v. 1. p. 107.

LIMA, J. E. F. W.; EID, N. J.; SILVA, E. M. da; MARTINS E. de S.; LOPES, W. T. A.; KOIDE, S. Estimativa da taxa média anual de erosão na bacia experimental do Alto do Rio Jardim-DF. In:

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 17., 2007, São Paulo. **Anais...** São Paulo: [s.n.], 2009. p. 499-518.

LIMA, J. E. F. W.; LOPES, W. T. A.; SILVA, E. M.; VIEIRA, M. R. Diagnóstico do fluxo de sedimentos em suspensão na Bacia do Rio Paranapanema. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 16., 2005, João Pessoa. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2005.

LIMA, J. E. F. W.; LOPES, W. T. A.; CARVALHO, N. O.; SILVA, E. M.; VIEIRA, M. R. Fluxo de sedimentos no Brasil. In: CARVALHO, N. O. (org.). **Hidrossedimentologia prática**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2008. v. 1, p. 563-566.

LIMA, J. E. F. W.; NEVES, C. L.; SANTOS, R. M. dos; VERGARA, F. E.; SOUZA, M. A. A.; CORDEIRO NETO, O. de M. Desenvolvimento de aplicativo para o uso do método multicritério ELECTRE-TRI. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORTE E CENTRO-OESTE, 1., 2007, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: ABRH, 2007.

LIMA, J. E. F. W.; REIS, A. M.; LOPES, W. T. A. Mapeamento da erosão no Distrito Federal utilizando a Equação Universal de Perda de Solos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 21., 2015, Brasília, DF. **Segurança hídrica e desenvolvimento sustentável: desafios do conhecimento e da gestão: anais**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2015.

LIMA, J. E. F. W.; SANO, E. E.; EVANGELISTA, B. A.; LOPES, T. S. S. Mapeamento da área irrigada por pivô-central no Cerrado em 2013 como subsídio à gestão integrada dos recursos hídricos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 21., 2015, Brasília, DF. **Segurança hídrica e desenvolvimento sustentável: desafios do conhecimento e da gestão: anais**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2015.

LIMA, J. E. F. W.; SANTOS, P. M. C. Avaliação do fluxo de sedimentos em suspensão no Rio das Velhas- MG. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS, 5., 2002, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABRH, 2002. p. 381-393.

LIMA, J. E. F. W.; SANTOS, P. M. C. dos; CARVALHO, N. de O.; SILVA, E. M. da. **Diagnóstico do fluxo de sedimentos em suspensão na Bacia Araguaia-Tocantins**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados; Brasília, DF: ANEEL: ANA, 2003. 116 p.

LIMA, J. E. F. W.; SANTOS, P. M. C. dos; CHAVES, A. G. de M.; SCILEWSKI, L. R. **Diagnostico do fluxo de sedimentos em suspensão na Bacia do Rio São Francisco**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados; Brasília, DF: ANEEL : ANA, 2001. 108 p.

LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M. Análise da situação dos recursos hídricos do Cerrado com base na importância econômica e socioambiental de suas águas. In: SIMPÓSIO NACIONAL CERRADO, 9.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL SAVANAS TROPICAIS, 2., 2008, Planaltina, DF. **Anais...**Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1198 p.

LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M.; EID, N. J.; MARTINS, E. S.; KOIDE, S. Avaliação do uso do nomograma de Wischmeier para a estimativa da erodibilidade de Latossolos do Cerrado. In: Anais do VII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS, 7., 2006, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, v. 1.

LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M.; EID, N. J.; MARTINS, E. S.; KOIDE, S.; REATTO, A. Desenvolvimento e verificação de métodos indiretos para a estimativa da erodibilidade dos solos da bacia experimental do alto rio jardim- DF. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 8, p. 21-34, 2007.

LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M.; KOIDE, S. Implantação de unidade de monitoramento intensivo para apoio a estudos hidrológicos em área de Cerrado: a Bacia Experimental do Alto Rio Jardim - DF. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO SUL-SUDESTE, 2., Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ABRH, 2008.

LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M.; KOIDE, S. Utilização da ferramenta FEFLOW na modelagem do fluxo vertical da água no solo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 18., 2009, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: ABRH, 2009.

LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M.; MARTINS, E. S.; REATTO, A.; EID, N. J.; KOIDE, S. Avaliação do erro na utilização de um valor de erodibilidade por classe de solo na aplicação da EUPS: o caso da Bacia Experimental do Alto Rio Jardim. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 18., 2009, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: ABRH, 2009.

LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M.; SILVA, F. A. M.; MULLER, A. G.; SANO, E. E. Variabilidade espaço-temporal da vazão específica média no Estado de Goiás. In: SIMPÓSIO NACIONAL CERRADO, 9.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL SAVANAS TROPICAIS, 2., 2008, Planaltina, DF. **Anais...** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. 1198 p.

LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M.; CARVALHO, N. O. Comparação de modelos matemáticos para o traçado de curvas granulométricas de sedimentos do leito de rios. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 11, p. 91-98, 2006.

LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M. Contribuição hídrica do Cerrado para as grandes bacias hidrográficas brasileiras. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO CENTRO-OESTE, 2., 2002, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: ABRH, 2002.

LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M.; KOIDE, S. Desenvolvimento de estação automática de monitoramento hidrológico: o caso da Bacia do Rio Jardim- DF. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2005, 16., João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: ABRH, 2005.

LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M.; KOIDE, S. The challenge in managing water resources in the Cerrado Biome, Brazil. In: IUGG General Assembly, 24., 2007, Perugia. **Proceedings...** London: IAHS, 2007.

LIMA, J. E. F. W.; FERREIRA, R. S. A.; CRUZ, H. P. Estimativa da redução da capacidade de geração de energia devido ao uso da água para irrigação na Bacia do Rio São Francisco. In: FREITAS, M. A. V. de (org.). **O Estado das Águas no Brasil - 2001-2002**. Brasília, DF: ANA, v. 1, 2003. p. 165-178.

LIMA, J. E. F. W.; LOPES, W. T. A. Estimativa da erosão no estado do Tocantins utilizando a equação universal de perda de solo. In: IDE, C. N.; VAL, L. A. A. do; RIBEIRO, M. L. (org.). **Produção de sedimentos e seus impactos ambientais, sociais e econômicos**. Campo Grande: Oeste, 2009. p. 499-517

LIMA, J. E. F. W.; LOPES, W. T. A.; AQUINO, F. de G.; OLIVEIRA FILHO, E. C. de; SANO, E. E.; DI SILVA, F. D. M. Modelagem do potencial de erosão como suporte a programas de pagamento por serviços ambientais: o caso da Bacia Experimental do Córrego Sarandi- DF. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS, 10., 2012, Foz do Iguaçu. **Artigos selecionados**. Porto Alegre: ABRH, 2012. p. 396-410.

LIMA, J. E. F. W.; LOPES, W. T. A.; CARVALHO, N. O.; SILVA, E. M.; VIEIRA, M. R. Fluxo de sedimentos em suspensão no exutório de grandes bacias hidrográficas em território brasileiro. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS, 7., 2006, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2006. v. 1.

LIMA, J. E. F. W.; LOPES, W. T. A.; CARVALHO, N. O.; VIEIRA, M. R.; SILVA, E. M. Suspended sediment fluxes in the large river basins of Brazil. **IAHS-AISH Publication**, v. 291, p. 355-363, 2005.

LIMA, J. E. F. W.; LOPES, W. T. A.; OLIVEIRA FILHO, E. C. de; MARTINS, E. de S.; BRAGA, A. R. dos S.; SILVA, E. M. da; MUNIZ, D. H. de F. Avaliação de método pontual de coleta de amostras hidrossedimentométricas em pequenos cursos d'água. In: LIMA, J. E. F. W.; LOPES, W. T. A. (org.). **Engenharia de sedimentos na busca de soluções para problemas de erosão e assoreamento**. Brasília, DF: Associação Brasileira de Recursos hídricos, 2011. p. 17-29.

LIMA, J. E. F. W.; SANO, E. E.; SILVA, E. M. da; LOPES, T. S. S. Levantamento da área irrigada por pivô-central no Cerrado por meio da análise de imagens de satélite: uma contribuição para a gestão dos recursos hídricos. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORTE E CENTRO-OESTE, 1., 2007, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: ABRH, 2007.

LIMA, J. E. F. W.; SANO, E. E.; SILVA, E. M.; OLIVEIRA, E. C. Levantamento da área irrigada e estimativa do consumo de água por pivôs-centrais no Distrito Federal em 2002. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO CENTRO-OESTE, 3., 2004, Goiânia. **Anais...** Goiânia: ABRH, 2004.

LIMA, J. E. F. W.; SILVA, C. L.; OLIVEIRA, C. A. S. Comparação da evapotranspiração real simulada e observada em uma bacia hidrográfica em condições naturais de cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 1, p. 33-41, 2001.

LIMA, J. E. F. W.; SILVA, C. L. da; OLIVEIRA, C. A. da S. **Determinação da evapotranspiração de uma bacia hidrográfica sob vegetação de cerrado pelo método do balanço hídrico**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 1 folder.

LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M. Contribuição hídrica do Cerrado para as grandes bacias hidrográficas brasileiras. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO CENTRO-OESTE, 2., 2002, Campo Grande. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2002.

LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M. Estimativa da contribuição hídrica superficial do Cerrado para as grandes regiões hidrográficas brasileiras. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 17., 2007, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2007.

LIMA, J.E.F.W.; SILVA, E. M. Análise da situação dos recursos hídricos do Cerrado com base na importância econômica e socioambiental de suas águas. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CERRADO, 9.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE SAVANAS TROPICAIS, 2., 2008, Planaltina, DF. **Anais...** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008.

LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M. da. Gestão de recursos hídricos e manejo da irrigação no Cerrado. In: FALEIRO, F. G.; SOUSA, E. dos S. de (ed.). **Pesquisa, desenvolvimento e inovação para o Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. p. 33-44.

LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M. da. Recursos hídricos do bioma Cerrado: importância e situação. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de; RIBEIRO, J. F. (ed.). **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica: Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. cap. 4, p. 89-106..

LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M. da; KOIDE, S. Implementação de uma bacia experimental no bioma Cerrado: a Bacia do Rio Jardim-DF. In: ENCONTRO NACIONAL DE BACIAS EXPERIMENTAIS, 1.; WORKSHOP DO PROGRAMA PUB DA AMÉRICA DO SUL, 1., 2005, Salvador. **Anais...** Salvador: UFBA, 2005. 1 CD-ROM.

LIMA, J. E. F. W.; LOPES, W. T. A.; AQUINO, F. de G.; OLIVEIRA FILHO, E. C. de; SANO, E. E.; DI SILVA, F. D. M. Modelagem do potencial de erosão como suporte a programas de pagamento por serviços ambientais: o caso da Bacia Experimental do Córrego Sarandi- DF. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS, 10., 2012, Foz do Iguaçu. **Artigos selecionados.** Porto Alegre: ABRH, 2012.

LIMA, J. E. F. W.; LOPES, W. T. A.; OLIVEIRA-FILHO, E. C. de; MUNIZ, D. H. de F. Relação entre tubidez e concentração de sedimentos em suspensão em rios de uma bacia agrícola típica do cerrado: o caso da bacia experimental do Alto Rio Jardim, DF. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 19., 2011, Maceió. **Anais...** Maceió: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2011.

LIMA, J. E. F. W.; LOPES, W. T. A.; AQUINO, F. de G.; OLIVEIRA FILHO, E. C. de; SANO, E. E. Assessing the use of erosion modeling to support payment for environmental services programs. **Journal of Soils and Sediments**, v. 14, p. 1258-1265, 2013.

LIMA, J. E. F. W.; LOPES, W. T. A.; OLIVEIRA-FILHO, E. C.; MARTINS, E. S.; REATTO, A.; SILVA, E. M.; MUNIZ, D. H. F. Comparação entre métodos de amostragem de sedimentos em suspensão em pequenos cursos d'água da Bacia Experimental do Alto Rio Jardim, DF. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS, 9., 2010, Brasília, DF. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2010. p. 1-8.

LIMA, J. E. F. W.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; MONTENEGRO, A. A. A.; KOIDE, S. Comparative hydrology: relationships among physical characteristics, hydrological behavior, and results of the SWAT model in different regions of Brazil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 7, p. 1187-1195, 2014.

LIMA, J. E. F. W.; OLIVEIRA-FILHO, E. C.; MARTINS, P. R.; SILVA, F. D. M.; SOBRINHO, H. C.; ARAUJO, L. S.; OLIVEIRA, L.; RODRIGUES, N. G.; OLIVEIRA, N. B. Instalação de calhas de monitoramento da enxurrada para apoio a estudos hidrológicos no bioma Cerrado. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 20., 2013, Bento Gonçalves. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2013. v. 1. p. 1-8.

LIMA, J. E. F. W.; SANO, E. E.; EVANGELISTA, B. A.; LOPES, T. S. S. Variação da área irrigada por pivô-central no Cerrado entre 2002 e 2013. **ITEM**, v. 104/105, p. 68-72, 2015.

LIMA, J. E. F. W.; SANO, E. E.; SILVA, E. M. da; LOPES, T. S. S. Irrigação por pivô-central no Cerrado: levantamento da área irrigada elaborado com base na análise de satélite. **ITEM**, v. 1, p. 38-44, 2009.

LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M. da; OLIVEIRA-FILHO, E. C.; MARTINS, E. S.; REATTO, A.; BUFON, V. B. The relevance of the Cerrado's water resources to the Brazilian development. In: IWRA WORLD WATER CONGRESS, 14., 2011, Porto de Galinhas, PE. **Proceedings...** Montpellier, FR: International Water Resources Association- IWRA, 2011.

- LIMA, J. E. F. W; SILVA, E. M. da; STRAUCH, M.; LORZ, C. Development of a soil database for applying SWAT model in a catchment of the Brazilian Savanna. In: SWAT Conference 2013, Toulouse. **Book of Abstracts**, 2013a. v. 1. p. 1-1.
- LIMA, J. E. F. W; SILVA, E. M.; KOIDE, S.; SANTOS, R. M. Avaliação do Desempenho de Sonda de Capacitância no Monitoramento da Umidade de Latossolos do Cerrado em Condições de Campo. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 17, p. 23-32, 2012.
- LIMA, J. E. F. W; SILVA, E. M.; STRAUCH, M.; LORZ, C. Desenvolvimento de base de dados de solos para a aplicação do modelo SWAT em bacia do bioma Cerrado. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 20., 2013, Bento Gonçalves. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2013b. v. 1. p. 1-8.
- LIMA, J. E. F. W; SILVA, F. D. M.; MARTINS, P. R.; SOBRINHO, H. C.; OLIVEIRA, N. B. Modelagem da erosão como subsídio a implantação do Programa Produtor de Águas na Bacia do Ribeirão Pipiripau. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 26., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013. v. 1. p. 5673-5680.
- LIMA, J. E. F. W; VIEIRA, A. R.; SILVA, L. B.; RODRIGUES, N. G.; OLIVEIRA, L.; MARTINS, P. R.; LOPES, W. T. A.; OLIVEIRA-FILHO, E. C. Avaliação do uso de turbidímetro na estimativa da concentração de sedimentos de amostras coletadas em calhas de monitoramento de enxurrada. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS, 11., 2014, João Pessoa. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2014. v. 1. p. 1-8.
- LIMA, J. E. F. W; SILVA, E. M. Seleção de modelos para o traçado de curvas granulométricas de sedimentos em suspensão em rios. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, p. 101-107, 2007.
- LINSEN, M.; RODRIGUES, L. N.; ENSERINK, B. Water balance accounting for location choice of new small dams in the Preto River basin in the Federal District, Brazil. In: IWRA WORLD WATER CONGRESS, 24., 2011, Porto de Galinhas, PE. **Proceedings...** Montpellier, FR: International Water Resources Association, 2011.
- LOPES, W. T. A.; LIMA, J. E. F. W.; VIEIRA, M. R.; DIAS, S. F. Análise do fluxo de sedimentos em suspensão na Bacia Hidrográfica do Rio Paraná. In: MERTEN, G. H.; POLETO, C.; OLIVEIRA BORGES, A. L. (org.). **Sedimentos: o desafio da multidisciplinaridade**. Porto Alegre: ABRH, 2007, v. 1, p. 95-109.
- LOPES, W. T. A.; LIMA, J. E. F. W.; VIEIRA, M. R.; DIAS, S. F. Análise do fluxo de sedimentos em suspensão na Bacia do Rio Iguaçu. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 16., 2005, João Pessoa. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2005.
- LORZ, C.; AMORIM, P. B.; FRANZ, C.; HOFER, R.; KOSCHKE, L.; LIMA, J. E. F. W.; MAKESCHIN, F.; STRAUCH, M.; WEISS, H. Dynamic Land Use Change as Challenge for IWRM: a Case Study in Central Brazil. In: BORCHARDT, D.; BOGARDI, J. J.; IBISCH, R. B. (org.). **Integrated Water Resources Management: Concept, Research and Implementation**. New York: Springer, 2016, v. 1, p. 541-566.
- MANETA, M. P.; SINGH, P. N.; TORRES, M.; WALLENDER, W. W.; VOSTI, S. A.; RODRIGUES, L. N.; BASSOI, L. H.; YOUNG, J. A. A parsimonious crop-water productivity index: an application to Brazil. **Area**, v. 41, n. 1, p. 94-106, 2009.

MANETA, M. P.; TORRES, M. O.; WALLENDER, W. W.; VOSTI, S.; HOWITT, R.; RODRIGUES, L. N.; BASSOI, L. H.; PANDAY, S. A spatially distributed hydroeconomic model to assess the effects of drought on land use, farm profits, and agricultural employment. **Water Resources Research**, v. 45, 2009.

MANETA, M. P.; TORRES, M.; WALLENDER, W. W.; VOSTI, S.; KIRBY, M.; BASSOI, L. H.; RODRIGUES, L. N. Water demand and flows in the São Francisco River Basin (Brazil) with increased irrigation. **Agricultural Water Management**, v. 96, p. 1191-1200, 2009.

MANETA, M.; TORRES, M.; VOSTI, S. A.; WALLENDER, W. W.; ALLEN, S.; BASSOI, L. H.; BENNETT, L.; HOWITT, R.; RODRIGUES, L.; YOUNG, J. Assessing agriculture-water links at the basin scale: hydrologic and economic models of the São Francisco River Basin, Brazil. **Water International**, v. 34, n. 1, p. 88-103, 2009.

MARIOTI, J.; RODRIGUES, L. N.; GRAH, V. de F.; AZEVEDO, J. A. de; SOCCOL, O. J. Avaliação do desempenho e do manejo da irrigação por pivô central na bacia hidrográfica do Rio Buriti Vermelho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 38., 2009, Juazeiro, Petrolina. **Planejamento da bacia hidrográfica e o desenvolvimento da agricultura: anais**. Juazeiro, Petrolina: UNIVASF: Embrapa Semiárido: CEFET: SBEA, 2009. 1 CD-ROM.

MARTINS, P. R.; LIMA, J. E. F. W.; OLIVEIRA, L.; SILVA, L. B.; VIEIRA, A. R.; RODRIGUES, N. G. Caracterização preliminar do comportamento hidrológico de seis ecorregiões do bioma Cerrado. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA CERRADOS: JOVENS TALENTOS, 7., 2014, Planaltina, DF. **Resumos...** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2014. v. 1. p. 1-1.

MARTINS, P. R.; SILVA, F. D. M.; LIMA, J. E. F. W.; OLIVEIRA-FILHO, E. C.; EVANGELISTA, B. A. Implantação de infraestrutura de monitoramento hidrológico em área representativa da Ecorregião do Planalto Central: a Bacia Experimental do Córrego Sarandi, DF. ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA CERRADOS: JOVENS TALENTOS, 2012, Planaltina, DF. **Resumos...** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2012.

MEDRADO, E.; LIMA, J. E. F. W. Development of pedotransfer functions for estimating water retention curve for tropical soils of the Brazilian savanna. **Geoderma Regional**, v. 1, p. 59-66, 2014.

MEIRELLES, M. L.; FARIAS, S. E. M.; GUERRA, A. F.; FRANCO, A. C. **Evapotranspiração em plantio de milho no Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 84).

MEIRELLES, M. L.; SILVA, F. A. M. da; EVANGELISTA, B. A.; GUERRA, A. F. **Utilização do método razão de Bowen: balanço de energia na obtenção dos fluxos de vapor de água e CO₂**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1999. 3 p. (Embrapa Cerrados. Pesquisa em Andamento, 3).

MENEZES, L. S.; CHOU, S. C.; ALMEIDA, J. M. V. de; SOUZA, S. A.; BEZERRA, W. de A.; RODRIGUES, L. N.; ROCHA, C. H. E. D'A. **Mudanças climáticas no DF e RIDE: detecção e projeções das mudanças climáticas para o Distrito Federal e região integrada de desenvolvimento do DF e Entorno: nota técnica endereçada aos formuladores de políticas públicas e tomadores de decisão**. Brasília, DF: Secretaria de Meio Ambiente, 2016.

MONTENEGRO, S. M. G. L.; MONTENEGRO, A. A. A.; LIMA, J. E. F. W.; ARAGÃO, R.; KOIDE, S.; SOUZA, C. F. Estudos hidrológicos e sedimentológicos em bacias experimentais e

representativas do semiárido e cerrado. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 12., 2014, Natal. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2014. v. 1. p. 1-10.

MOREIRA, J. M. M. A. P.; RODRIGUES, L. N.; ZANATTA, J. A.; TORRES, M. de O. Planejamento de irrigação em pivô central por meio de modelos matemáticos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 20., 2013, Bento Gonçalves. **Água, desenvolvimento econômico e socioambiental**. Porto Alegre, RS: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2013. 8 p.

MOREIRA, J. M. M. A. P.; SOUSA, T. C. R. de; SOUZA, M. A.; AGUIAR, J. L. P. de; BELCHIOR, E. B.; RODRIGUES, L. N. **Caracterização dos produtores do Núcleo Rural do Buriti Vermelho: aspectos sociais, geográficos e de uso do solo e da água**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010. 23 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 292).

MOURA, F. M. M, PELLEGRINO, G. Q, RODRIGUES, L. N. SEMINÁRIO DA REDE AGROHIDRO, 2., 2014, Campinas. **Impactos da agricultura e das mudanças climáticas nos recursos hídricos: anais**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. 192 p.

MUNIZ, D. H. F.; MORAES, A. S.; FREIRE, I. S.; CRUZ, C. J. D.; LIMA, J. E. F. W.; OLIVEIRA-FILHO, E. C. Evaluation of water quality parameters for monitoring natural, urban, and agricultural areas in the Brazilian Cerrado. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 23, p. 307-317, 2011.

MUNIZ, D. H. F.; OLIVEIRA-FILHO, E. C.; LIMA, J. E. F. W. Adaptação de Teste de Toxicidade de Sedimentos Para a Avaliação dos Impactos de Resíduos da Mineração Sobre Peixes de Água Doce. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS, 9., 2010, Brasília, DF. **Anais...** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010. v. 1 CD-ROM.

MUNIZ, D. H. F.; OLIVEIRA-FILHO, E. C.; LIMA, J. E. F. W. Adaptação de teste de toxicidade de sedimentos para a avaliação dos impactos de resíduos da mineração sobre peixes de água doce. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS, 9., 2010, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: ABRH, 2010. v. 1.

MUNIZ, D. H. F.; SIMPLICIO, N. C. S.; ROCHA, F. R. M.; OLIVEIRA-FILHO, E. C.; LIMA, J. E. F. W. Caracterização da qualidade da água superficial de três corpos hídricos rurais do Distrito Federal. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS, 9., 2010, Brasília, DF. **Anais...** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010. v. 1 CD-ROM.

MUNIZ, D. H. F.; MORAES, E. S.; FREIRE, I. S.; CRUZ, C. J. D.; LIMA, J. E. F. W.; OLIVEIRA-FILHO, E. C. Evaluation of water quality parameters for monitoring natural, urban, and agricultural areas in the Brazilian Cerrado. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 23, p. 307-317, 2011.

OLIVEIRA, A. J.; ORIOLI, A. L; YOSSHIK, K.; CARDOSO, A. A. Monitoramento da qualidade da água da bacia do Ribeirão Pantaninho no projeto de colonização Iraí de Minas-MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Informação, globalização, uso do solo: anais**. Rio de Janeiro: SBCS, 1997. p. 14-16.

OLIVEIRA, L.; LIMA, J. E. F. W.; MARTINS, P. R.; RODRIGUES, N. G.; SILVA, L. B.; VIEIRA, A. R. Determinação da Interceptação da Chuva pelo Dossel de Mata Ripária no Distrito Federal. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA CERRADOS: JOVENS TALENTOS, 2014, Planaltina DF. **Resumos...** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2014.

OLIVEIRA, L.; LIMA, J. E. F. W.; OLIVEIRA-FILHO, E. C.; SILVA, F. D. M.; MARTINS, P. R.; ARAÚJO, L. S.; RODRIGUES, N. G. Avaliação preliminar da relação entre as vazões mínimas e os usos do

solo e da água na bacia experimental do Córrego Sarandi, DF. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA CERRADOS: JOVENS TALENTOS, 2013, Planaltina, DF. **Resumos...** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2013.

OLIVEIRA-FILHO, E. C. Avaliação da Periculosidade Ambiental de Bioinseticidas como uma Nova Perspectiva para a Ecotoxicologia no Brasil. **Journal of The Brazilian Society Of Ecotoxicology**, v. 3, p. 1-7, 2008.

OLIVEIRA-FILHO, E. C.; RAMOS, F. R.; MIRANDA, B. C. G.; MUNIZ, D. H. F.; MONNERAT, R. G. Evaluating the Elimination of Brazilian Entomopathogenic Bacillus by Non-target Aquatic Species: An Experimental Study. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 93, p. 461-464, 2014.

OLIVEIRA-FILHO, E. C.; RAMOS, M. G.; FREIRE, I. S.; MUNIZ, D. H. F. Comparison between the efficiency of two bioindicators for determining surface water quality in an urban environment. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 33, p. 311-317, 2011a.

OLIVEIRA-FILHO, E. C.; LIMA, L. S.; MUNIZ, D. H. F.; FERREIRA, M. F. N.; MALAQUIAS, J. V.; GRISOLIA, C. K. Bioavailability Assessment of Metals from a Nickel Mining Residue in the Gastrointestinal Tract of *Oreochromis niloticus* In Vivo. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 91, p. 533-538, 2013.

OLIVEIRA-FILHO, E. C.; MUNIZ, D. H. F.; FERREIRA, M. F. N.; GRISOLIA, C. K. Evaluation of acute toxicity, cytotoxicity and genotoxicity of a nickel mining waste to *Oreochromis niloticus*. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 85, p. 467-471, 2010.

OLIVEIRA-FILHO, E. C.; MUNIZ, D. H. F.; FREIRE, I. S.; AQUINO, F. G.; ANDRADE, L. R. M. Comparative susceptibility of freshwater fish species to metals from ultramafic soils. **Journal of the Brazilian Society of Ecotoxicology**, v. 8, p. 119-123, 2013.

OLIVEIRA-FILHO, E. C.; MUNIZ, D. H. F.; FREIRE, I. S.; RAMOS, F. R.; ALVES, R. T.; JONSSON, C. M.; GRISOLIA, C. K.; MONNERAT, R. G. Susceptibility of Non Target Invertebrates to Brazilian Microbial Pest Control Agents. **Ecotoxicology**, v. 20, p. 1354-1360, 2011.

OLIVEIRA-FILHO, E. C.; MUNIZ, D. H. F.; LIMA, J. E. F. W. Método de Toxicidade com Sedimentos na Avaliação dos Efeitos de Rejeitos de Mineração sobre Peixes. In: LIMA, J. E. F. W.; LOPES, W. T. A. (org.). **Engenharia de Sedimentos na Busca de Soluções para Problemas de Erosão e Assoreamento**. Brasília, DF: ABRH, 2011b. p. 115-120.

OLIVEIRA-FILHO, E. C.; OLIVEIRA, R. S.; LOPES, M. C.; RAMOS, F. R.; GRISOLIA, C. K.; ALVES, R. T.; MONNERAT, R. G. Toxicity Assessment and Clearance of Brazilian Microbial Pest Control Agents in Mice. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 83, p. 570-574, 2009a.

OLIVEIRA-FILHO, E. C.; RAMOS, F. R.; MUNIZ, D. H. F.; LOPES, M. C.; OLIVEIRA, R. S.; ALVES, R. T.; GRISOLIA, C. K.; MONNERAT, R. G. **Avaliação dos efeitos adversos de entomopatógenos sobre peixes e camundongos**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2009b (Embrapa Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento).

OLIVEIRA-FILHO, E. C.; LIMA, J. E. F. W. **Potencial de impacto da agricultura sobre os recursos hídricos na região do Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 50 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 56).

OLIVEIRA-FILHO, E. C.; MUNIZ, D. H. F.; LIMA, J. E. F. W. Método de toxicidade com sedimentos na avaliação dos efeitos de rejeito de mineração sobre peixes. In: LIMA, J. E. F. W.; LOPES, W. T. A. (org.). **Engenharia de sedimentos**: na busca de soluções para problemas de erosão e assoreamento. Porto Alegre: ABRH, 2011. p. 113-120.

ORIOLO, A. L.; OLIVEIRA, A. J. de; YOSHII, K.; CARDOSO, A. A. Efeito da implantação de projeto de colonização agrícola sobre a vazão e qualidade da água na Chapada das Mangabeiras no sul do Maranhão. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 12., 1998, Fortaleza, CE. **Agricultura e sustentabilidade no semiárido**: resumos expandidos. Fortaleza: UFCE, p. 99-100, 1998.

PARAIBA, C. C. M.; DINIZ, C. A. R.; MAIA, A. de H. N.; RODRIGUES, L. N. Truncated location-scale nonlinear regression models. **Communications in Statistics, Theory and Methods** (Online), 20 jul. 2016.

PARRON, L. M.; LIMA, J. E. F. W.; CRUZ, C. J. D.; FRANCISCON, L. Geologia, uso da terra e qualidade dos recursos hídricos superficiais na bacia hidrográfica do Rio Preto. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 11, p. 59-70, 2009.

PARRON, L. M.; LIMA, J. E. F. W.; OLIVEIRA-FILHO, E. C.; SILVA, E. M. da. Fluxos de nutrientes e agrotóxicos nos recursos hídricos sob diferentes usos da terra na Bacia do Rio Jardim, Distrito Federal. In: Anais da II MOSTRA DE RESULTADOS DE PROJETOS FINALIZADOS EM 2006 e 2007, 2., 2009, Planaltina, DF. **Anais...** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, v. 1. p. 129-136. 2009a.

PARRON, L. M.; RODRIGUES, L. N.; MUNIZ, D. H. de F.; MARIOTI, J. Caracterização da qualidade dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica no bioma Cerrado. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 18., 2010, Teresina. **Novos caminhos para a agricultura conservacionista no Brasil**. Teresina: Embrapa Meio-Norte: Universidade Federal do Piauí, 2010. 1 CD-ROM.

PARRON, L. M.; CRUZ, C. J. D. da; ROCHA, A. L. A.; RODRIGUES, L. N. Qualidade da água de mananciais da Bacia do Rio Preto. In: SIMPÓSIO NACIONAL CERRADO, 9.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL SAVANAS TROPICAIS, 2., 2008, Brasília, DF. **Desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**: anais... Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. 1 CD-ROM.

PARRON, L. M.; FAVARETTO, N.; PORFIRIO-DA-SILVA, V.; RODRIGUES, L. N.; FRITZSONS, E.; GOMES, J. B. V. Avaliação de indicadores associados à conservação dos recursos hídricos em distintos sistemas de uso da terra para valoração de serviços ambientais. In: SEMINÁRIO DA REDE AGROHIDRO, 1., 2012, Rio de Janeiro. **Água**: desafios para a sustentabilidade da agricultura: anais. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2014. p. 22-24. (Embrapa Solos. Documentos, 167).

PARRON, L. M.; LIMA, J. E. F. W.; CRUZ, C. J. D.; FRANCISCON, L. Qualidade da água subterrânea como indicador ambiental de mudanças no uso do solo na bacia experimental do alto rio Jardim- DF. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO E DO CARIBE SOBRE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA, 2009, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SOBRADE- Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, p. 1-5, 2009b

PASSO, D. P.; RODRIGUES, L. N.; BRAGA, A. R. dos S.; MARTINS, E. de S. Mapeamento de solos da Bacia Hidrográfica do Rio Buriti Vermelho, DF. In: SEMINÁRIO DA REDE AGROHIDRO, 2., 2014,

Campinas. **Impactos da agricultura e das mudanças climáticas nos recursos hídricos**: anais. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 183-186.

PASSO, D. P.; RODRIGUES, L. N.; CARDOSO, W. dos S.; MARTINS, E. de S.; REATTO, A. Relação do uso do solo com a taxa de infiltração na bacia hidrográfica do Rio Buriti Vermelho-DF. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32., 2009, Fortaleza. **O solo e a produção de bioenergia**: perspectivas e desafios. Fortaleza: UFC: SBCS, 2009. 1 CD-ROM.

PINTO, A. C. Q.; SILVA, E. M. **Graviola para exportação**: aspectos técnicos da produção. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, REat1994. 41 p. (Série Publicações Técnicas. FRUPEX, 7).

PIRES, N. L.; MUNIZ, D. H. F.; KISAKA, K.; SIMPLICIO, N. C. S.; BORTOLUZZI, L.; LIMA, J. E. F. W.; OLIVEIRA-FILHO, E. C. Impacts of the Urbanization Process on Water Quality of Brazilian Savanna Rivers: The Case of Preto River in Formosa, Goiás State, Brazil. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 12, p. 10671-10686, 2015.

REATTO, A.; SILVA, E. M.; BRUAND, A.; MARTINS, E. S.; LIMA, J. E. F. W. Validity of the Centrifuge Method for Determining the Water Retention Properties of Tropical Soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 72, p. 1547-1553, 2008.

RESENDE, A. V.; RODRIGUES, L. N.; SOUZA, D. M. G.; MENDES, I. C.; GOULART, A. M. C.; LIMA, J. E. F. W. Caracterização, uso e conservação do solo e água: demandas para a pesquisa. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. (org.). **Savanas**: demandas para pesquisa. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2009, v. 1, p. 44-51.

ROCHA, F. R. M.; MUNIZ, D. H. F.; SIMPLICIO, N. C. S.; FARIA, B. P. C.; DIAS, Z. M. B.; LIMA, J. E. F. W.; OLIVEIRA-FILHO, E. C. Quantificação de nutrientes do escoamento superficial de uma área de mata e de uma área de pasto em uma zona rural do Distrito Federal- Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 21., 2015, Brasília, DF. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2015. v. 1. p. 1-6.

ROCHA, O. C.; GUERRA, A. F. **Modelo Christiansen-Hargreaves ajustado para a estimativa da necessidade hídrica do feijão no cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005 (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 123).

ROCHA, O. C.; GUERRA, A. F. **Modelo Penman-FAO ajustado para a estimativa da necessidade hídrica do feijão no cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 121).

ROCHA, O. C.; GUERRA, A. F.; AZEVEDO, H. M. Ajuste do Modelo Christiansen-Hargreaves para estimativa da evapotranspiração do feijão no cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 2, p. 263-268, 2003.

ROCHA, O. C.; GUERRA, A. F.; RODRIGUES, G. C.; SANZONOWICZ, C.; JERKE, C.; CORDEIRO, A.; PONTES, R. A.; GRAH, V. F. Avaliação do desempenho do método do tanque classe A e do modelo Jansen-Haise na estimativa da evapotranspiração da cultura do café no Cerrado. In: VI SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 6., 2009, Vitória, ES. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2009.

RODRIGUES, L. N. Instrumentação e monitoramento de uma bacia hidrográfica experimental da Rede AgroHidro. In: SEMINÁRIO DA REDE AGROHIDRO, 1., 2012, Rio de Janeiro. **Água**: desafios

para a sustentabilidade da agricultura: anais. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2014. 83 p. (Embrapa Solos. Documentos, 167). p. 49-51.

RODRIGUES, L. N. Bacia Experimental do Rio Buriti Vermelho, na ecorregião do Planalto Central. In: RODRIGUES, L. N.; SCHULER, A. E. (ed.). **Água**: desafios para a sustentabilidade da agricultura. Brasília, DF: Embrapa, 2016. p. 233-255.

RODRIGUES, L. N. Capacidade de armazenamento de água de pequenas barragens na bacia experimental do Rio Buriti Vermelho. In: SEMINÁRIO DA REDE AGROHIDRO, 2., 2014, Campinas. **Impactos da agricultura e das mudanças climáticas nos recursos hídricos**: anais. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 141-145.

RODRIGUES, L. N.; CRUZ, C. J. D.; VIEIRA, O. Equação para estimativa da evaporação em pequenas barragens com base no tanque Classe A. In: CONGRESO LATINOAMERICANO Y DEL CARIBE DE INGENIERÍA AGRÍCOLA (CLIA), 10.; CONGRESO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA (CONBEA), 41., 2012, Londrina. **A Engenharia Agrícola na Evolução dos Sistemas de Produção**. Londrina: CONBEA, 2012.

RODRIGUES, L. N.; DEKKER, T. Avaliação da taxa de infiltração em pequenas barragens. **ITEM**. v. 80, p. 57-61, 2008.

RODRIGUES, L. N.; LIEBE, J. Small reservoirs depth-area-volume relationships in Savannah Region of Brazil and Ghana. **Water Resources and Irrigation Management**, v. 2, p. 1-10-10, 2013.

RODRIGUES, L. N.; MAIA, A. de H. N.; SILVA, R. N. da. Funções de pedotransferência para estimar capacidade de campo, ponto de murcha permanente e densidade global em solos de uma bacia hidrográfica do bioma Cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 40., 2011, Cuiabá. **Geração de tecnologias inovadoras e o desenvolvimento do Cerrado brasileiro**: artigos completos. Cuiabá: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2011. 1 CD-ROM. CONBEA.

SEMINÁRIO DA REDE AGROHIDRO, 4., 2016, Brasília, DF. **Água e agricultura**: incertezas e desafios para a sustentabilidade frente às mudanças do clima e do uso da terra: anais. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2016. 290 p. Editores técnicos: Lineu Neiva Rodrigues; Maria Fernanda Moura; Raimundo Cosme de Oliveira Júnior.

RODRIGUES, L. N.; PELLEGRINO, G. Q.; PRADO, R. B.; SCHULER, A. E.; BASSOI, L. H.; GONDIM, R. S.; MOURA, M. F.; FIGUEIREDO, R. de O.; CALHEIROS, D. F. AgroHidro: rede de pesquisa em agricultura e recursos hídricos. **Item**, n. 87, p. 80-81, 3. trim. 2010.

SEMINÁRIO DA REDE AGROHIDRO, 1., 2012, Rio de Janeiro. **Água**: desafios para sustentabilidade da agricultura: memórias. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2014. 68 p. (Embrapa Solos. Documentos, 168). Editores técnicos, Lineu Neiva Rodrigues, Rachel Bardy Prado, Azeneth Eufrausino Schuler.

RODRIGUES, L. N.; PRUSKI, F. F.; AZEVEDO, J. A.; SILVA, E.M.; SHIRATSUCHI, L.S. Sistema de suporte à decisão para o dimensionamento e manejo de pivô central em condições de irrigação de precisão II: Dimensionamento. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 2005, Sete Lagoas. **Anais...** Sete Lagoas: SIAP, 2005.

RODRIGUES, L. N.; PRUSKI, F. F.; AZEVEDO, J. A. de; SILVA, E. M. da. **Conceitualização de um sistema de suporte à decisão para o dimensionamento e manejo de pivô central em**

condições de irrigação de precisão. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 156).

RODRIGUES, L. N.; PRUSKI, F. F.; AZEVEDO, J. A.; SILVA, E. M.; SHIRATSUCHI, L. S. Sistema de suporte à decisão para o dimensionamento e manejo de pivô central em condições de irrigação de precisão I: apresentação e descrição. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 3., 2005, Sete Lagoas. **Anais...** Sete Lagoas: SIAP, 2005.

RODRIGUES, L. N.; SANO, E. E. Utilização de sensoriamento remoto para estimativa do volume de água armazenada em barragens. **ITEM.** v. 93, p. 50-53, 2012.

RODRIGUES, L. N.; VLIET, W. A. M. Irrigation water strategies for the Buriti Vermelho watershed: towards a higher water productivity. In: INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING, 2.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SALINIDADE, 2.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE ENGENHARIA DA IRRIGAÇÃO, 2., Fortaleza, 2014. **Anais...** Piracicaba: INOVAGRI: INCT-EI: INCTSA, 2014. p. 299-308.

RODRIGUES, L. N.; VLIET, W. A. M. Irrigation water strategies for the Buriti Vermelho watershed: towards a higher water productivity. In: INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING, 2.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SALINIDADE, 2.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE ENGENHARIA DA IRRIGAÇÃO, 2., Fortaleza, 2014. **Anais...** Piracicaba: INOVAGRI: INCT-EI: INCTSA, 2014. p. 299-308.

RODRIGUES, L. N.; ASAMOAH, I.; ANDAH, W.; KEMP-BENEDICT, E.; SIEBER, J.; HUBER-LEE, A. Water evaluation and planning (WEAP). In: CGIAR Challenge Program on Water and Food. Small reservoirs toolkit. [s.n.: s.l., 2009]. 1 CD-ROM.

RODRIGUES, L. N.; KEMP-BENEDICT, E. Financial accounting model. In: **CGIAR Challenge Program on Water and Food. Small reservoirs toolkit.** [s.n.: s.l., 2009]. 1 CD-ROM.

RODRIGUES, L. N.; MALAQUIAS, J. V.; SOCCOL, O. J. Variação da intensidade de precipitação máxima admissível em pivô central em função das características físicas do solo e de fatores operacionais da irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 38., 2009, Juazeiro. **Planejamento da bacia hidrográfica e o desenvolvimento da agricultura:** anais. Juazeiro, Petrolina: UNIVASF: Embrapa Semiárido: CEFET: SBEA, 2009. 1 CD-ROM.

RODRIGUES, L. N.; MOREIRA, J. M. M. A. P. Desenvolvimento de um modelo de simulação de estratégias de irrigação. In: INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING, 3., 2015, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Inovagri, 2015. p. 1817-1825.

RODRIGUES, L. N.; MALAQUIAS, J. V.; SOCCOL, O. J. Variação da intensidade de precipitação máxima admissível em pivô central em função das características físicas do solo e de fatores operacionais da irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 38., 2009, Juazeiro, Petrolina. **Planejamento da bacia hidrográfica e o desenvolvimento da agricultura:** anais. Juazeiro: UNIVASF: Embrapa Semiárido: CEFET: SBEA, 2009. 1 CD-ROM.

RODRIGUES, L. N.; SCHULER, A. E. (ed.). **Água:** desafios para a sustentabilidade da agricultura. Brasília, DF: Embrapa, 2016. 255 p. il. Color

RODRIGUES, L. N.; TORRES, M. Metodologia para estimativa da vazão natural em pequenas bacias hidrográficas com barragens e canais de irrigação sem controle de vazão. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 21., 2015, Brasília, DF. **Segurança hídrica e desenvolvimento sustentável:** anais. Brasília, DF: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2015. 8 p.

RODRIGUES, L. N.; PRUSKI, F. F.; AZEVEDO, J. A.; SILVA, E. M.; SHIRATSUCHI, L. S. Sistema de suporte à decisão para o dimensionamento e manejo de pivô central em condições de irrigação de precisão III: Manejo. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 3., 2005, Sete Lagoas. **Anais...** SIAP, 2005.

RODRIGUES, L. N.; AZEVEDO, J. A. de; SOCCOL, O. J.; SILVA, E. M. da. **Modelo de Ritchie:** descrição e aplicação. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. 29 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 133)

RODRIGUES, L. N.; SANO, E. E.; STEENHUIS, T. S.; PASSO, D. P. Estimation of small reservoir storage capacities with remote sensing in the brazilian savannah region. **Water Resources Management**, v. 26, p. 873-882, 2012.

ROSA, J. A.; SILVA, E. M. Determinação de parâmetros e eficiência de irrigação por sulcos em contorno em um latossolo dos cerrados. In: RELATÓRIO Técnico Anual 1982/1985. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1987. p. 227.

SALLES, L. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, H. M. L.; FERRIGO, S.; CARVALHO, H. E. S. Impacts of using different soil databases on streamflow simulation in an experimental rural catchment of the brazilian savanna. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 08, p. 187-195, 2015.

SANO, E. E.; LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M.; OLIVEIRA, E. C. Estimativa da variação na demanda de água para irrigação por pivô-central no Distrito Federal entre 1992 e 2002. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 2, p. 508-515, 2005.

SANTOS, G. G.; SILVA, E. M.; MARCHÃO, R. L.; SILVEIRA, P. M.; BRUAND, A.; JAMES, F.; BECQUER, T. Analysis of physical quality of soil using the water retention curve: validity of the S-index. **Comptes Rendus. Géoscience**, v. 343, p. 295-301, 2011.

SANTOS, J. M.; RODRIGUES, S. B. S.; FONTOURA, P. R.; SOUSA, R. Z.; FEITOZA, W. M.; SAGGIN, F.; SANTOS, R. S.; BUFON, V. B. Sugarcane production in Brazil: effects of water regime on biomass accumulation and partitioning. In: ASA, CSSA & SSSA International Annual Meetings, Long Beach. ASA, CSSA & SSSA International Annual Meetings, 2014.

SANTOS, R. M.; LIMA, J. E. F. W.; ATAIDE, W. F.; EID, N. J.; KOIDE, S.; SILVA, E. M. da. Verificação da aplicabilidade e desempenho de métodos para a estimativa da evapotranspiração com o uso de sensoramento remoto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 17., 2007, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2007a.

SANTOS, R. M.; LIMA, J. E. F. W.; EID, N. J.; KOIDE, S.; SILVA, E. S.; BRITO, R. S. Avaliação preliminar do uso do modelo SEBAL para a estimativa da distribuição espacial da evapotranspiração de uma área de Cerrado. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007b. p. 3541-

SANTOS, R. M.; SILVA, E. S.; BRITO, R. S.; LIMA, J. E. F. W.; EID, N. J.; KOIDE, S. Uso de imagens CBERS-2/CCD no mapeamento das áreas irrigadas e estimativa da demanda hídrica bruta no projeto de irrigação Vale do Gorutuba, Janaúba-MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007. p. 1095-1101.

SANTOS, R. M.; LIMA, J. E. F. W.; ATAIDE, W. F.; EID, N. J.; KOIDE, S.; SILVA, E. M. Verificação da aplicabilidade e desempenho de métodos para a estimativa da evapotranspiração com o uso

de sensoriamento remoto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 27., 2007, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABRH, 2007a. 1 CD-ROM.

SANTOS, R. M.; LIMA, J. E. F. W.; EID, N. J.; KOIDE, S.; SILVA, E. S.; BRITO, R. S. Avaliação preliminar do uso do modelo SEBAL para a estimativa da distribuição espacial da evapotranspiração de uma área de Cerrado. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007b. p. 3541-3548.

SANTOS, R. M.; SILVA, E. S.; BRITO, R. S.; LIMA, J. E. F. W.; EID, N. J.; KOIDE, S. (2007c). Uso de imagens CBERS-2/CCD no mapeamento das áreas irrigadas e estimativa da demanda hídrica bruta no projeto de irrigação Vale do Gorutuba, Janaúba, MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007c. p. 1095-1101.

SCHERER-WARREN, M.; PERES, L.; RODRIGUES, L. N.; CAMPANA, N. A. Procedimento para alteração da emissividade do produto de temperatura do MODIS- MOD11. RBC. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 64, p. 465-474, 2012.

SCHERER-WARREN, M.; RODRIGUES, L. N. Construção de séries temporais de evapotranspiração de real por sensoriamento remoto usando regressão linear: estudo de caso na Bacia do Rio Preto, DF. **Caminhos de Geografia**, v. 13, p. 41-51, 2012.

SCHERER-WARREN, M.; RODRIGUES, L. N. **Estimativa de evapotranspiração real por sensoriamento remoto**: procedimento e aplicação em pivô central. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2013. 35 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 312).

SCHERER-WARREN, M.; RODRIGUES, L. N.; Campana, N. A. Métodos para a desagregação espacial da temperatura da superfície terrestre (thermal sharpening) obtida pelo sensor MODIS. RBC. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 5, p. 923-937, 2013.

SCHERER-WARREN, M.; TEIXEIRA, A. H. C.; RODRIGUES, L. N.; HERNANDEZ, F. B. T. Utilização do sensoriamento remoto termal na gestão de recursos hídricos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 07, p. 65-82, 2014.

SHIBANO, K.; AZEVEDO, J. A.; OSHIMA, H. Evaluation of the water quality for environmental conservation in the Federal District, Brazil.. In: SANO, E. E. (ed.). **Project of sustainable agricultural development and natural resources conservation in the Brazilian Cerrado**: technical report 1994-1999. Planaltina, DF: JICA; Embrapa Cerrados, p. 329-337, 2000.

SILVA, E. M. da; LIMA, J. E. F. W.; MARTINS, E. S.; REATTO, A. Modelo de fluxo transiente da água no solo do Cerrado, com ênfase na sua contribuição para o lençol freático e escoamento superficial. In: ANDRADE, S. R. M.; FALEIRO, F.; SERENO, J. R. B.; DALLA CORTE, J. L.; SOUSA, E. S. (org.). **Resultados de pesquisa para o Cerrado 2004-2005**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007, v. 1, p. 97-102.

SILVA, E. M.; LIMA, J. E. F. W. Recursos hídricos dos cerrados e seu potencial de utilização na agropecuária. In: CONBEA, 32., 2003, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBEA, 2003.

SILVA, E. M.; LIMA, J. E. F. W. Recursos hídricos dos cerrados e seu potencial de utilização na agropecuária. In: CONBEA, 32., 2003, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBEA, 2003.

- SILVA, E. M. da; AZEVEDO, J. A. de. **Período de centrifugação adequado para levantamento da curva de retenção da água em solos do bioma Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. 40 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 8).
- SILVA, E. M.; AZEVEDO, J. A. Influência do período de centrifugação na curva de retenção de água em solos de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 10, p. 1487-1494, 2002.
- SILVA, E. M.; AZEVEDO, J. A. Influência do período de centrifugação na curva de retenção de água em solos de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 10, p. 1487-1494, 2002.
- SILVA, E. M. da; AZEVEDO, J. A. de; GUERRA, A. F.; FIGUEREDO, S. F.; ANDRADE, L. M. de; ANTONINI, J. C. dos A. **Manejo de irrigação por tensiometria para culturas de grãos na região do Cerrado**. Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 1999. 60 p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 6).
- SILVA, E. M.; AZEVEDO, J. A.; LIMA, J. E. F. W. **Análise de desempenho da irrigação**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 84 p. (Embrapa Cerrados. Documentos).
- SILVA, E. M.; AZEVEDO, J. A.; LIMA, J. E. F. W. Utilização dos recursos hídricos na agricultura irrigada do Cerrado. In: ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. (org.). **Agricultura Tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. Brasília, DF: Embrapa, 2008, v. 2, p. 65-92.
- SILVA, E. M.; AZEVEDO, J. A.; REATTO, A.; RAUBER, J. C. **Caracterização físico-hídrica e hidráulica de solos do cerrado submetidos a diferentes sistemas de preparo do solo**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 22 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 101).
- SILVA, E. M.; LIMA, J. E. F. W.; AZEVEDO, J. A. Proposta e seleção de uma função polinomial para a avaliação de sistemas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, p. 509-515, 2009.
- SILVA, E. M.; LIMA, J. E. F. W.; AZEVEDO, J. A.; RODRIGUES, L. N. Influência do período de centrifugação na curva de retenção de água em solos de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n.10, p. 1487-1494, 2002.
- SILVA, E. M.; LIMA, J. E. F. W.; AZEVEDO, J. A.; RODRIGUES, L. N. Valores de tensão na determinação da curva de retenção de água de solos do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 2, p. 323-330, 2006.
- SILVA, E. M.; LIMA, J. E. F. W.; AZEVEDO, J. A.; RODRIGUES, L. N. Valores de tensão na determinação da curva de retenção de água de solos do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 2, p. 323-330, 2006.
- SILVA, E. M.; LIMA, J. E. F. W.; CARVALHO, N. O. Comparação de modelos matemáticos para o traçado de curvas granulométricas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 363-370, 2004.
- SILVA, E. M.; LIMA, J. E. F. W.; RODRIGUES, L. N.; AZEVEDO, J. A. Proposição de um modelo matemático para a avaliação do desempenho de sistemas de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 4, p. 741-748, 2004.

SILVA, E. M.; LIMA, J. E. F. W.; AZEVEDO, J. A. Comparação de modelos matemáticos não-lineares empregados na análise de desempenho de sistemas de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 1049-1052, 2006.

SILVA, F. A. M.; MULLER, A. G.; LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M. da; MARIN, F.; LOPES, T. S. S. Avaliação da oferta e da demanda hídrica para o cultivo de cana-de-açúcar no Estado de Goiás. In: IX SIMPÓSIO NACIONAL DE CERRADO, 9.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE SAVANAS TROPICAIS, 2., 2008, Brasília, DF. **Anais...** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008.

SILVA, F. A. M.; EVANGELISTA, B. A.; MALAQUIAS, J. V. **Normal climatológica de 1974 a 2003 da Estação Principal da Embrapa Cerrados**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2014 98 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 321). Acompanha um 1 CD-ROM.

SILVA, J. M. A. da; PRUSKI, F. F.; RODRIGUES, L. N.; CECÍLIO, R. A. Programa computacional para estimativa do hidrograma de escoamento superficial em bacias hidrográficas. **Engenharia na Agricultura**, v. 16, n. 4, p. 480-492, 2008.

SILVA, J. M. A.; PRUSKI, F. F.; RODRIGUES, L. N.; CECÍLIO, R. A. Modelo para obtenção do hidrograma de escoamento superficial em bacias hidrográficas. 1. Desenvolvimento e análise de sensibilidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, n. 1, p. 78-84, jan./mar. 2009.

SILVA, J. M. A.; PRUSKI, F. F.; RODRIGUES, L. N.; CECÍLIO, R. A. Modelo para obtenção do hidrograma de escoamento superficial em bacias hidrográficas. 2. Avaliação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, n. 2, p. 192-197, abr./jun. 2009.

SILVA, L. B.; LIMA, J. E. F. W.; OLIVEIRA, L.; MARTINS, P. R.; RODRIGUES, N. G.; VIEIRA, A. R. Relação entre a Precipitação e a Geração de Escoamento Superficial em Áreas de Pasto e de Mata Ripária no Distrito Federal. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA CERRADOS, 7., 2014, Planaltina, DF. **Resumos...** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2014. v. 1. p. 1-1.

SIMPLICIO, N. C. S.; MUNIZ, D. H. F.; SOUSA, S. R.; ARAGÃO, T. P.; OLIVEIRA-FILHO, E. C. Avaliação da Qualidade da Água Superficial em Áreas de Bovinocultura no Cerrado. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 19., 2011, Maceió. **Anais...** Maceió: SBRH, 2011. 1 CDROM.

STRAUCH, M.; LIMA, J. E. F. W.; VOLK, MARTIN; LORZ, C.; MAKESCHIN, F. Sediment load responses to simulated conservation management practices- towards water and soil protection in a Central Brazilian catchment. In: SWAT Conference 2013, 2013, Toulouse. **Book of Abstracts**, 2013a. v. 1. p. 1-1.

STRAUCH, M.; LIMA, J. E. F. W.; VOLK, M.; LORZ, C.; MAKESCHIN, F. The impact of Best Management Practices on simulated streamflow and sediment load in a Central Brazilian catchment. **Journal of Environmental Management**, v. 1, p. 10.1016/j.jenvm-13, 2013b.

TEIXEIRA, T. M. N.; DI SILVA, F. D. M.; LIMA, J. E. F. W. Simulação de vazões em uma bacia de médio porte na porção de cerrado da bacia do rio São Francisco: o caso da bacia do rio Preto. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 13., 2016, Aracaju. **Anais...** Aracaju: ABRH, 2016. v. 1. p. 1-10.

TORRES, M. de O.; HOWITT, R.; RODRIGUES, L. N. Modeling the economic benefits and distributional impacts of supplemental irrigation. **Water Resources and Economics**, v. 14, April 2016.

TORRES, M. de O.; RODRIGUES, L. N.; PAZ, J. M. Hydro-economic model for the assessment of water resources allocation and availability impacts on agricultural income. In: INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING, 2.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SALINIDADE, 2.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE ENGENHARIA DA IRRIGAÇÃO, 2., Fortaleza, 2014. **Anais...** Piracicaba: INOVAGRI: INCT-EI: INCTSA, 2014. p. 299-308.

VLIET, W. A. M. van; RODRIGUES, L. N. Aplicação do modelo Swap no manejo da irrigação em área do Cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 42., 2013, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBEA, 2013. 4 p.

WEHLING, M.; RODRIGUES, L. N.; DAM, J. C. van; DIJKSMA, R. Hydrologic model of the Paracatu River Basin: calibration and validation. Modelagem hidrológica da Bacia do Rio Paracatu: calibração e validação. In: SEMINÁRIO DA REDE AGROHIDRO, 4., 2016, Brasília, DF. **Água e agricultura**: incertezas e desafios para a sustentabilidade frente às mudanças do clima e do uso da terra: anais. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2016. p. 220-227.

WENDT, D. E.; RODRIGUES, L. N.; DIJKSMA, R.; VAN DAM, J. C. Assessing groundwater potential use for expanding irrigation in the Buriti Vermelho watershed. **Irriga**, Edição Especial, IRRIGA & INOVAGRI, p. 81-94, 2015.

YOSHII, K.; FURUHATA, A.; OLIVEIRA, A. J. Monitoramento da qualidade da água. In: YOSHII, K.; CAMARGO, A. J. A.; ORIOLI, A. L. (org.). **Monitoramento ambiental nos projetos agrícolas do Prodecer**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2000. p. 79-106.

Capítulo

5



Caracterização, Manejo e Conservação do Solo e da Água

Eder de Souza Martins

Marcos Aurélio Carolino de Sá

João de Deus Gomes dos Santos Junior

Introdução

O uso adequado do solo e da água é a base para o desenvolvimento agropecuário sustentável (Tilman et al., 2002; Yunlong; Smit, 1994). Entre os principais desafios dos sistemas produtivos destacam-se: o aumento da produtividade (Tilman et al., 2011); a redução dos processos erosivos (Montgomery, 2007; Pimentel et al., 1995); o incremento na eficiência do uso da água (Wallace, 2000) e de nutrientes (Giller et al., 2006; Vitousek, 1982); e o sequestro do carbono (Lal, 2004; Ogle et al., 2005). A caracterização, a classificação e o mapeamento do solo e de sua aptidão agrícola constituem a primeira fase para o planejamento e uso da terra (Santos et al., 2013; Landon, 2014; Ramalho Filho; Beek, 1995).

Uma vez classificados, caracterizados e mapeados, os solos de uma região podem ser adequadamente incorporados ao processo produtivo, facilitando a orientação de práticas de manejo necessárias para a manutenção de sua capacidade produtiva, daí a importância do Manejo Conservacionista do Solo, que resulta da adoção de práticas conservacionistas, entendidas

como o conjunto de técnicas utilizadas para minimizar o impacto dos agentes erosivos ou qualquer outro que cause o esgotamento do solo.

Considerando que a conservação do solo e da água estão interligadas, é fundamental o desenvolvimento de sistemas de manejo sustentáveis, que propiciem boa proteção do solo e favoreçam-no na retenção e na infiltração de água.

No livro *Soil Conservation*, publicado em 1939 por Hugh Hammond Bennett (Bennett, 1939), que serviu de base para todos os livros atuais sobre o assunto e direcionou todas as pesquisas realizadas desde então sobre o tema, foram abordados alguns princípios básicos do manejo e conservação do solo, que embora publicados há mais de 80 anos, são válidos até hoje, tais como:

O solo completamente coberto com vegetação está em uma condição ideal para manter a umidade e resistir à erosão, desde que a cobertura seja contínua e o solo seja bem permeado com raízes (...).

(...) finalmente, um aumento na matéria orgânica do solo pelo crescimento das raízes, especialmente no caso de uma cobertura permanente, ou pela incorporação de vegetação como adubo verde, melhora a capacidade de retenção de água do solo e favorece a infiltração de água.

O avanço do conhecimento científico proporcionou o advento de novas tecnologias que mantiveram esses princípios, permitindo sua aplicação de forma cada vez mais eficiente.

De forma didática, a classificação proposta por Bertoni e Lombardi Neto (1990) divide as práticas conservacionistas em três grupos: práticas de caráter vegetativo, edáfico e mecânico. É importante ressaltar que todas elas são complementares e devem ser utilizadas de forma integrada para que a conservação do solo e da água ocorra de forma eficiente, contribuindo para uma agricultura sustentável. A combinação das práticas conservacionistas

mais adequadas a cada sistema de produção deve sempre obedecer a critérios técnico-científicos (Sá et al., 2009). As tecnologias estudadas e desenvolvidas na Embrapa Cerrados ao longo de sua história sempre estiveram associadas ao aprimoramento dessas práticas conservacionistas e à busca por sistemas de manejo do solo mais sustentáveis.

Uma breve história das pesquisas sobre caracterização, manejo e conservação do solo e da água na Embrapa Cerrados

A Embrapa foi criada ao final do *Projeto Radambrasil*, em que foram desenvolvidos mapeamentos temáticos na escala 1:1.000.000 para todo o país, incluindo as cartas de solo (IBGE, 2016). Após esse esforço nacional, os levantamentos de solos ficaram sob responsabilidade da Embrapa por meio do Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (SNLCS), entre 1973 e 1993. A partir de 1993, todos os levantamentos de solos foram coordenados pela Embrapa Solos, quando ocorreu uma descontinuidade dos estudos sistemáticos de solos em escalas mais detalhadas que 1:250.000. A partir deste último período, os estudos de levantamento de solos atenderam principalmente às demandas dos zoneamentos agroclimáticos (ZAC), agroecológicos (ZAE) e ecológico-ecológicos (ZEE).

A Embrapa Cerrados participou de todas essas fases nos estudos de caracterização e levantamento de solos do bioma Cerrado, sendo dada ênfase nos estudos das classes de maior aptidão agrícola, em especial os Latossolos, os Neossolos Quartzarênicos e os Argissolos. Entre os solos hidromórficos, os Plintossolos e os Gleissolos foram os mais caracterizados, especialmente para definir ambientes com restrições de uso ou destinados à preservação. A gênese dos Latossolos, a principal classe de solos agrícolas do Cerrado, sempre foi perseguida nos estudos. A caracterização dos solos começou com avaliações de sensoriamento remoto e diversas técnicas instrumentais de avaliação física, química e mineralógica. Finalmente, o solo também é estudado na perspectiva da paisagem, em que outros fatores

apresentam diferentes funções em sua organização e funcionamento, como o relevo, a geologia, o clima e a cobertura da terra.

Com base nos relatórios técnicos anuais, que descrevem as ações de pesquisa realizadas na Embrapa Cerrados no período entre 1975 e 1995, é possível de forma sucinta traçar uma linha do tempo sobre manejo e conservação do solo. Na década de 1970, havia o predomínio de sistemas de manejo em que se realizava o preparo de solo convencional (aração ou grade pesada). Naquela época, uma das questões que mais preocupavam o setor produtivo era o controle da erosão, cujas demandas resultaram na implantação dos primeiros experimentos na Embrapa Cerrados, em que se avaliavam perdas de solo e de água por erosão, sob chuva natural ou simulada, bem como os primeiros experimentos com enfoque em sistemas de manejo/preparo de solo.

Nas décadas de 1980 e 1990, ocorre a expansão da área cultivada em Sistema Plantio Direto no bioma Cerrado. São disponibilizadas recomendações técnicas sobre manejo e conservação do solo em publicações da série Embrapa e publicações científicas em revistas e eventos científicos. Além de estudos sobre erosão, as pesquisas tiveram como foco sistemas de preparo de solo e dinâmica da matéria orgânica, chegando ao século 21 com abordagens mais sistêmicas, em que o manejo do solo está inserido em sistemas de produção que vão além das propriedades agrícolas, em que bacias hidrográficas seriam a unidade de planejamento para uso/manejo do solo.

Principais tecnologias geradas

Em relação à caracterização e levantamento de solos, as tecnologias geradas podem ser divididas em métodos de caracterização de solos; métodos de caracterização da paisagem; desenvolvimento de bacias hidrográficas pilotos; levantamentos pedológicos; e levantamentos geomorfológicos.

Entre os métodos de caracterização de solos, destacam-se os de caracterização mineralógica (Madeira Netto, 1996; Madeira Netto; Baptista,

2000; Martins, 2000; Reatto et al., 1999, 2000, 2008). Os métodos propostos permitem a qualificação e a quantificação mineralógica de solos tropicais. A espectroscopia do infravermelho próximo e visível também foi aplicada para a determinação rápida da composição mineralógica de solos (Oliveira et al., 2013, 2015; Vendrame et al., 2015).

Com relação à matéria orgânica do solo (MOS), diversos estudos foram realizados envolvendo a caracterização da MOS em sistemas agrícolas utilizando inclusive experimentos de longo prazo (Sant-Anna et al., 2016; Ferreira et al., 2016). Da mesma forma, outros trabalhos envolvendo métodos de determinação da matéria orgânica também foram realizados (Marchão et al., 2011; Sato et al., 2015).

Outros métodos também foram propostos para a coleta e a impregnação de amostras de solos para a avaliação micromorfológica (Martins et al., 2002), assim como do estudo da porosidade do solo em imagens microscópicas de lâminas delgadas (Carvalho Júnior et al., 2002).

Na caracterização da porosidade do solo, foi proposto um método para a determinação das curvas de retenção de água por centrifugação (Freitas JR; Silva, 1984; Reatto et al., 2008), aplicados em estudos de caracterização de Latossolos (Reatto et al., 2009; Silva et al., 2003). Esses estudos culminaram com o desenvolvimento de funções de pedotransferência para estimar as curvas de retenção para solos tropicais (Silva; Lima, 2014). Diversos trabalhos foram realizados mais recentemente com enfoque mais amplo na qualidade física do solo, sendo inclusive propostas adaptações metodológicas ao desenvolvimento e seleção de indicadores (Santos et al., 2011; Stefanoski et al., 2016).

Métodos de mapeamento foram preconizados a partir do relevo como suporte da paisagem (Hermuche et al., 2002; Soares Neto, 2015; Souza et al., 2012) e da interação entre o conhecimento local e a visão pedológica (Correia et al., 2004, 2006, 2007).

Neste contexto dos estudos de paisagem, foi proposto o mapeamento das ecorregiões do Cerrado, como uma primeira regionalização do bioma

(Arruda et al., 2008 ; Sano et al., 2019, 2020), atualizado pela que possibilitou a orientação de diversas pesquisas (Assis et al., 2016; Couto Júnior et al., 2013; Martins et al., 2012, 2014; Rodrigues et al., 2013; Sena-Souza et al., 2013).

Uma das formas escolhidas para estudar processos hidrológicos e ecossistêmicos na paisagem foram a caracterização e monitoramento de bacias pilotos. A primeira bacia escolhida foi a do Taquara (Assad et al., 1992). As bacias que continuam sendo monitoradas são a do Jardim (Reatto et al., 2000) e do Sarandi (Lima et al., 2014). Os estudos dessas bacias produziram vários diagnósticos e avaliações de impacto do uso da terra (Andahur et al., 1998; Albuquerque et al., 2013; Assad et al., 1993; Chaves et al., 2014; Lima, 2013; Lima et al., 2012; Mamede et al., 1993; Martins et al., 2012; Meirelles et al., 1990; Oliveira et al., 2013; Parron et al., 1999, 2000; Reatto et al., 1999a, 1999b; Resck et al., 1994, 1998, 2008; Rocha et al., 2013; Rodrigues et al., 2014; Sano et al., 1991, 1994; Santos et al., 2013, 2014; Sonoda, 2010; Spera et al., 1998, 2003).

Diversos mapeamentos pedológicos foram realizados dentro do programa de levantamentos sistemáticos da Embrapa Cerrados (Andahur et al., 1998; Correia et al., 1999; Farias et al., 2008; Reatto et al., 1999, 2000a, 2000b, 2002, 2003, 2004; Spera et al., 1998, 2001, 2003a, 2003b).

Associados aos mapeamentos pedológicos também foram realizados mapeamentos geomorfológicos (Borges et al., 2007a, b; Carvalho Júnior et al., 2001, 2008; Castro et al., 2010; Lima et al., 2009a, 2009b, 2010a, 2010b; Martins e Baptista, 1999; Martins et al., 2002, 2004; Passo et al., 2010a, 2010b; Reis et al., 2012; Sena-Souza et al., 2013; Vasconcelos et al., 2012).

Em relação às práticas de manejo e conservação do solo e da água, as tecnologias e recomendações técnicas geradas pela Embrapa Cerrados atuam nos três grupos de práticas conservacionistas destacado por Bertoni e Lombardi Neto (1990), ou seja, práticas de caráter vegetativo, edáfico e mecânico.

Com relação às práticas conservacionistas de caráter vegetativo, que são aquelas em que se utiliza a vegetação ou os restos culturais para proteção e conservação do solo, a contribuição da Embrapa Cerrados ocorreu em vários segmentos. Como exemplo, pode-se citar o lançamento de variedades de soja superprecoce, que possibilitaram a realização de uma segunda safra, mesmo em regiões com estação seca mais pronunciada, o que propiciou maior cobertura do solo e geração de resíduos ao longo do ano. Outro ponto importante são as informações referentes ao manejo da braquiária em consórcio com culturas anuais nos sistemas de integração lavoura-pecuária (Martha Junior; Vilela, 2009) e informações sobre o plantio e manejo de plantas de cobertura (Carvalho; Amabile, 2013). As implicações dessas práticas no manejo e na conservação do solo e da água em sistema plantio direto são apresentadas em Sá et al. (2009).

Com relação às práticas de caráter edáfico, que são aquelas utilizadas para se manter ou melhorar os atributos químicos, físicos e biológicos do solo, podem ser citadas as recomendações de correção do solo e adubação descritas em Sousa e Lobato, (2004), adubação verde (Carvalho; Amabile, 2013), recomendações para manejo da microbiota do solo (Miranda; Miranda, 2001; Miranda et al., 2001; Oliveira et al., 2002; Miranda et al., 2007) e recomendações para o manejo da compactação do solo (Resck, 1981a; Sá; Santos Junior, 2005; Sá et al., 2015a).

Quanto às práticas conservacionistas de caráter mecânico, que são estruturas mecânicas utilizadas para se aumentar a infiltração de água no solo e protegê-lo contra a erosão, destaca-se uma recomendação para dimensionamento de sistemas de terraceamento em solos do Cerrado (Resck, 2002).

Outras informações que resultaram em recomendações técnicas referem-se a parâmetros conservacionistas do solo (Resck, 1981a; 1981b); manejo do solo em bacias hidrográficas (Sano et al., 1991; Resck, 1992; Resck; Silva, 1996; Resck, 1997; Resck et al., 2008); sistemas de manejo do solo (Resck et al., 1998; Resck et al., 2006; Marchão et al., 2009), com ênfase ao manejo do solo em sistema plantio direto para grãos (Sá et al., 2009) e cana-de-açúcar (Santos Junior et al., 2015); dinâmica e manejo da ma-

téria orgânica do solo (Resck et al., 1991,2000, 2008); e recomendações para manejo do palhicho em cana-de-açúcar (Sá et al., 2015b). Além dessas recomendações técnicas, o desenvolvimento de sistemas de produção integrados (assunto abordado no Capítulo 17 – Integração Lavoura-Pecuária e Integração Lavoura-Pecuária-Floresta), como a integração lavoura-pecuária (Vilela et al., 2008) e a integração lavoura-pecuária-floresta (Vilela et al., 2012) são estratégias fundamentais no contexto do manejo e conservação do solo e da água.

Também foram publicadas informações referentes a equipamentos para pesquisa, como coletores de enxurrada (Resck, 1983) e minipenetrômetro dinâmico para uso em laboratório (Sá et al., 2007; Sá; Santos Junior, 2007).

Na Tabela 1, são apresentadas as principais soluções tecnológicas relacionadas à caracterização, manejo e conservação do solo e da água desenvolvidas na Embrapa Cerrados ao longo de seus 40 anos de existência.

Tabela 1. Processos, produtos e serviços desenvolvidos na área relacionada à caracterização, manejo e conservação do solo e da água, apresentados na Reunião Anual de Apresentação de Resultados da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos, inseridos no Sistema GESTEC e disponibilizados para a sociedade por meio do portal da Embrapa.

| Nº | Solução tecnológica | Tipo |
|----|---|-------------|
| 1 | Métodos de caracterização mineralógica de solos tropicais | Metodologia |
| 2 | Métodos de mapeamento do relevo como suporte para estudos de paisagem | Metodologia |
| 3 | Quantificação de índice de vazios de solo em imagens microscópicas de lâminas delgadas | Metodologia |
| 4 | Técnicas de coleta e impregnação de solos para micromorfologia | Metodologia |
| 5 | Técnica de avaliação de curvas de retenção de água em solos tropicais por meio de centrifugação | Metodologia |
| 6 | Técnica de avaliação de curvas de retenção de água em solos tropicais por meio de centrifugação | Metodologia |

Continua...

Tabela 1. Continuação.

| N° | Solução tecnológica | Tipo |
|----|---|----------------------------------|
| 7 | Proposta metodológica de interlocução entre saberes locais e pedólogos | Metodologia |
| 8 | Espectroscopia VIS-NIR na caracterização de atributos de solos de cerrado | Metodologia |
| 9 | Mapeamento das ecorregiões do bioma Cerrado | Mapeamento/ Zoneamento |
| 10 | Levantamentos geomorfológicos do bioma Cerrado | Mapeamento/ Zoneamento |
| 11 | Levantamentos pedológicos do bioma Cerrado | Mapeamento/ Zoneamento |
| 12 | Bacias pilotos do bioma Cerrado | Mapeamento/ Zoneamento |
| 13 | Coletores de enxurrada | Máquina/ Equipamento |
| 14 | Recomendações técnicas para manejo da compactação do solo em soqueiras de cana de açúcar no Cerrado | Processo/Prática Agropecuária |
| 15 | Recomendação do plantio direto para aumento do sequestro de carbono e melhoria da qualidade química e física do solo no Cerrado | Processo/Prática Agropecuária |
| 16 | Recomendações técnicas para manejo conservacionista do solo em sistema Plantio Direto no Cerrado | Processo/Prática Agropecuária |
| 17 | Minipenetrômetro dinâmico para amostras de solo indeformadas | Máquina/ Equipamento |
| 18 | Recolhimento de palhico para geração de energia na cultura de cana-de-açúcar no Cerrado: primeira aproximação | Processo/Prática Agropecuária |
| 19 | Recomendações para adoção do Sistema Plantio Direto na cultura da cana de açúcar no Cerrado | Processo/Prática Agropecuária |
| 20 | Recomendação técnica para dimensionamento e construção de terraços | Processo/Prática Agropecuária |

Considerações

É inquestionável a importância da agricultura no bioma Cerrado no cenário atual, tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental. Entretanto, para que possamos superar o grande desafio agrônomo do século 21, que é produzir alimentos, fibras e energia para uma população em crescimento e ao mesmo tempo preservar os recursos naturais, é imprescindível que o uso da terra seja feito de forma planejada, respeitando-se as particularidades de cada tipo de solo e sua aptidão agrícola. Uma vez incorporadas ao processo produtivo, as áreas devem ser utilizadas de maneira racional, de acordo com sua capacidade produtiva. Nesse contexto, o manejo conservacionista do solo assume fundamental importância, tanto para otimizar a produção nas áreas já incorporadas quanto para preservar as áreas remanescentes sob vegetação nativa, evitando que estas sejam incorporadas ao processo produtivo de forma não planejada ou mesmo desnecessária.

Produtos, processos e serviços descritos no portfólio de tecnologias da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos

- 1) Espectroscopia VIS-NIR na Caracterização de Atributos de Solos de Cerrado
- 2) Levantamentos Geomorfológicos do Bioma Cerrado
- 3) Levantamentos Pedológicos do Bioma Cerrado
- 4) Métodos de Caracterização Mineralógica de Solos Tropicais
- 5) Métodos de Mapeamento do Relevo como Suporte para Estudos de Paisagem
- 6) Minipenetrômetro Dinâmico para Amostras de Solo Indeformadas
- 7) Modelagem da Erosão e do Fluxo de Sedimentos como Suporte a Programas de Pagamento por Serviços Ambientais
- 8) Modelagem do Potencial de Erosão do Solo

- 9) Proposta Metodológica de Interlocução entre Saberes Locais e Pedólogos
- 10) Quantificação de Índice de Vazios de Solo em Imagens Microscópicas de Lâminas Delgadas
- 11) Recomendação do Plantio Direto para Aumento do Sequestro de Carbono e Melhoria da Qualidade Química e Física do Solo no Cerrado
- 12) Recomendação Técnica para Dimensionamento e Construção de Terraços
- 13) Recomendações Técnicas para Manejo Conservacionista do Solo em Sistema Plantio Direto no Cerrado
- 14) Recomendações Técnicas para Manejo da Compactação do Solo em Soqueiras de Cana-de-açúcar no Cerrado
- 15) Técnica de Avaliação de Curvas de Retenção de Água em Solos Tropicais por Meio de Centrifugação
- 16) Técnicas de Coleta e Impregnação de Solos para Micromorfologia
- 17) Desenvolvimento das Tecnologias de Correção e Manutenção da Fertilidade dos Solos na Embrapa Cerrados e Aspectos do seu Contexto

Referências

ALBUQUERQUE, L. B. de; AQUINO, F. de G.; COSTA, L. C.; MIRANDA, Z. de J. G.; SOUSA, S. R. Espécies de Melastomataceae juss. com potencial para restauração ecológica de mata ripária no Cerrado. **Polibotânica**, n. 35, p. 1-19, 2013.

ANDAHUR, J. P.; REATTO, A.; CORREIA, J. R.; SPERA, S. T. Utilização de um sistema geográfico de informações na elaboração do mapa de solos da bacia do Rio Jardim-DF. In: REUNIAO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVACAO DO SOLO E DA AGUA, 12., 1998, Fortaleza, CE. **Agricultura e sustentabilidade no semiárido**: resumos expandidos. Fortaleza: UFCE, 1998. p. 205-206.

ARRUDA, M. B.; PROENÇA, C. E. B.; RODRIGUES, S. C.; CAMPOS, R. N.; MARTINS, R. C.; MARTINS, E. S. Ecorregiões, unidades de conservação e representatividade ecológica do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de; RIBEIRO, J. F. (ed.). **Cerrado**: ecologia e flora. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. cap. 8, p. 229-272.

ASSAD, E. D.; SANO, E. E.; MEIRELLES, M. L.; MOREIRA, L. Estruturação de dados geoambientais no contexto de microbacia hidrográfica. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. (ed.). **Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura**. [Planaltina]: EMBRAPA-CPAC, 1993. cap.4. p. 89-108.

ASSAD, E. D.; SANO, E. E.; MEIRELLES, M. L.; SILVA, F. A. M.; MOREIRA, L.; MACEDO, J.; RESCK, D. V. S.; KER, J. C.; CHAGAS, C. S.; CARVALHO JUNIOR, V. **Caracterização ambiental da microbacia do Córrego Taquara, DF**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1992. 53 p. (EMBRAPA-CPAC. Documentos, 47).

ASSIS, T.; MARTINS, E. S.; COUTO JUNIOR, A. F. Relações entre o Relevo e a Organização Espacial dos Agroecossistemas na Ecorregião Paraná-Guimarães. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 2, 2016.

BENNETT, H. H. **Soil Conservation**. New York: McGraw-Hill Book, 1939.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990. 335 p.

BORGES, M. E. S.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; MARTINS, E. S.; ARCOVERDE, G. F. B.; GUIMARÃES, R. F.; GOMES, R. A. T. Emprego do processamento digital dos parâmetros morfométricos no mapeamento geomorfológico da Bacia do Rio Preto. **Espaço e Geografia**, v. 10, n. 2, p. 401-429, 2007a.

BORGES, M. E. S.; SOARES, F. S.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; MARTINS, E. S.; GUIMARÃES, R. F.; GOMES, R. A. T. Relação dos compartimentos geomorfológicos com o uso agrícola na Bacia do Rio Preto. **Espaço e Geografia**, v. 10, n. 2, p. 453-476, 2007b.

CARVALHO JÚNIOR, O. A.; BERBET-BORN, M.; MARTINS, E. S.; GOMES, R. A. T. Geomorfologia de ambientes cársticos. In: FLORENZANO, T. G. (org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p. 185-218.

CARVALHO JÚNIOR, O. A.; MARTINS, E. S.; GUIMARÃES, R. F.; CARVALHO, A. P. F. **Compartimentação geomorfológica do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros baseada em técnicas de geoprocessamento**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. 20 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 34).

CARVALHO JUNIOR, O. A.; CARDOSO, F. B. F.; MARTINS, E. S.; JUNQUEIRA, F. F.; CARVALHO, A. P. F.; REATTO, A.; GUIMARAES, R. F. **Quantificação do índice de vazios do solo utilizando técnicas de processamento de imagens digitais**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 15 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 60).

CARVALHO, A. M.; AMABILE, R. F. **Cerrado: adubação verde**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2013.

CASTRO, K. B.; MARTINS, E. S.; GOMES, M. P.; REATTO, A.; LOPES, C. A.; PASSO, D. P.; LIMA, L. A. S.; CARDOSO, W. S.; CARVALHO JUNIOR, O. A.; GOMES, R. A. T. **Caracterização geomorfológica do município de Luís Eduardo Magalhães, oeste baiano, escala 1:100.000**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010. 32 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 288).

CHAVES, T. A.; LIMA, J. E. F. W.; AQUINO, F. G.; VILELA, M. F.; GOMES, R. A. T.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; GUIMARÃES, R. F. **Mapeamento do uso e cobertura da terra na Bacia**

Experimental do Córrego Sarandi, DF em escala 1:5.000. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2014. 25 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 320).

CORREIA, J. R.; ANJOS, L. H. C.; NEVES, D. P.; LIMA, A. C. S.; TOLEDO, L. O.; CALDERANO FILHO, B. **Aspectos metodológicos do trabalho de campo para caracterização de solos a partir do saber local: estudo de caso no norte de Minas Gerais.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. 71 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 166).

CORREIA, J. R.; ANJOS, L. H. C.; LIMA, A. C. S.; NEVES, D. P.; TOLEDO, L. O.; CALDERANO FILHO, B.; SHINZATO, E. Relações entre o conhecimento de agricultores e de pedólogos sobre solos: estudo de caso em Rio Pardo de Minas, MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1045-1057, 2007.

CORREIA, J. R.; CALDERANO FILHO, B.; CARVALHO JUNIOR, W.; SPERA, S. T.; REATTO, A.; PEREIRA, N. R. **Levantamento pedológico do município de Ituiutaba-MG.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1999. 3 p. (Embrapa Cerrados. Pesquisa em Andamento, 21).

CORREIA, J. R.; LIMA, A. C. S.; ANJOS, L. H. C. O trabalho do pedólogo e sua relação com comunidades rurais: observações com agricultores familiares no norte de Minas Gerais. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 21, n. 3, p. 447-467, set./dez. 2004.

COUTO JÚNIOR, A. F.; CARVALHO JUNIOR, O. A.; MARTINS, E. S.; VASCONCELOS, V. Characterization of the agriculture occupation in the Cerrado biome using MODIS time series. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 31, p. 393-402, 2013.

FARIAS, M. F. R.; CARVALHO, A. P. F.; MARTINS, E. S.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; REATTO, A.; GOMES, R. A. T. **Levantamento de solos do Parque Nacional de Brasília, escala 1:50.000.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 220).

FERREIRA, E. A. B.; BUSTAMANTE, M. M. C.; RESCK, D. V. S.; FIGUEIREDO, C. C.; PINTO, A. S.; MALAQUIAS, J. V. Carbon stocks in compartments of soil organic matter 31 years after substitution of native Cerrado vegetation by agroecosystems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 40, e0150059, 2016.

FREITAS JR., E.; SILVA, E. M. Uso da centrífuga para determinação da curva de retenção de água do solo, em uma única operação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 19, n. 11, p. 1423-1428, nov. 1984.

GILLER, K. E.; ROWE, E. C.; DE RIDDER, N.; VAN KEULEN, H. Resource use dynamics and interactions in the tropics: scaling up in space and time. **Agricultural Systems**, v. 88, n. 1, p. 8-27, 2006.

HERMUCHE, P. M.; GUIMARÃES, R. F.; CARVALHO, A. P. F.; MARTINS, E. S.; DRUCK, S.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; SANTOS, N. B. F.; REATTO, A. **Morfometria como suporte para elaboração de mapas pedológicos: I. Bacias hidrográficas assimétricas.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 25 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 68).

IBGE. **Bases Cartográficas.** Cartas. Disponível em: <https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/cartas>. Acesso em: 05 mar. 2016.

LAL, R. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. **Geoderma**, v. 123, n. 1, p. 1-22, 2004.

LANDON, J. R. **Booker tropical soil manual**: a handbook for soil survey and agricultural land evaluation in the tropics and subtropics. Routledge, 2014.

LIMA, J. E. F. W.; LOPES, W. T. A.; AQUINO, F. G.; OLIVEIRA FILHO, E. C.; SANO, E. E.; DI SILVA, F. D. M. Modelagem do potencial de erosão como suporte a programas de pagamento por serviços ambientais: o caso da Bacia Experimental do Córrego Sarandi- DF. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS, 10., 2012, Foz do Iguaçu. **Artigos selecionados**. Porto Alegre: ABRH, 2012.

LIMA, L. A. S.; REATTO, A.; ROIG, H. L.; MARTINS, E. S.; GOMES, M. P. **Caracterização dos solos da Bacia do Sarandi**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2014. 47 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 318).

LIMA, L. A. S.; MARTINS, E. S.; GOMES, M. P.; REATTO, A.; LOPES, C. A.; XAVIER, D. R.; PASSOS, D. P.; CASTRO, K. B.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; GOMES, R. A. T. **Caracterização geomorfológica do município de Cocos, oeste baiano, escala 1:50.000**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010. 30 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 284).

LIMA, L. A. S.; MARTINS, E. S.; GOMES, M. P.; REATTO, A.; PASSO, D. P.; CASTRO, K. B.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; GOMES, R. A. T. **Caracterização geomorfológica do município de Correntina, oeste baiano, Escala 1:100.000**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010. 33 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 287).

LIMA, L. A. S.; MARTINS, E. S.; GOMES, M. P.; REATTO, A.; PASSO, D. P.; CASTRO, K. B.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; GOMES, R. A. T. **Caracterização geomorfológica do município de Riachão das Neves, oeste baiano, escala 1: 100.000**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010. 34 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 295).

LIMA, L. A. S.; MARTINS, E. S.; REATTO, A.; CASTRO, K. B.; VASCONCELOS, V.; CARVALHO JUNIOR, O. A. **Compartimentação geomorfológica e suas relações com solos da Bacia do Alto Rio Preto, GO**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2009. 24 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 255).

LIMA, L. A. S. **Aplicação dos métodos semi-automático e lógica fuzzy para o mapeamento de solos da bacia do Sarandi**. 2013. 124 f. Dissertação (Mestrado em Geoprocessamento e Análise Ambiental)- Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2013.

LIMA, L. A. S.; MARTINS, E. S.; REATTO, A.; CASTRO, K. B.; PASSO, D. P. Unidades geomorfológicas e suas relações com solos da bacia do Alto Rio Preto- GO. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32., 2009. Fortaleza. **O solo e a produção de bioenergia**: perspectivas e desafios. [Viçosa, MG]: SBCS; Fortaleza: UFC, 2009. 1 CD-ROM.

MADEIRA NETTO, J. S. Spectral reflectance properties of soils. **Photo Interpretation**, v. 34, p. 59-70, 1996.

MADEIRA NETTO, J. S.; BAPTISTA, G. M. M. **Reflectância espectral de solos**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2000, 55 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 25).

MAMEDE, L.; COSTA, J. R. S.; PEREIRA, B. A. S.; OLIVEIRA, V. A.; FURTADO, P. P.; DRAGO, V. A. Zoneamento ambiental da bacia do Córrego Taquara- Distrito Federal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO, 24., 1993, Goiânia, GO. **Cerrados: fronteira agrícola no século XXI: resumos**. Goiânia: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993. v. 2. p. 409-410.

MARCHÃO, R. L.; VILELA, L.; PALUDO, A. L.; GUIMARÃES JUNIOR, R. **Impacto do pisoteio animal na compactação do solo sob integração lavoura-pecuária no oeste baiano**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2009. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 163).

MARCHÃO, R. L.; BECQUER, T.; BRUNET, D. **Predição dos teores de carbono e nitrogênio do solo utilizando espectroscopia de infravermelho próximo**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2011. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 304).

MARTHA JUNIOR, G. B.; VILELA, L. **Efeito poupa-terra de sistemas de integração lavoura-pecuária**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2009. 4 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 164).

MARTINS, E. S.; REATTO, A.; SILVA, A. V.; FARIAS, M. F. R.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; GUIMARÃES, R. F. **Geomorfologia da bacia hidrográfica do ribeirão Taguatinga, Distrito Federal, escala 1:25.000**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 38 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 138).

MARTINS, E. S.; BAPTISTA, G. M. M. Compartimentação geomorfológica e sistemas morfodinâmicos do Distrito Federal. In: INVENTÁRIO HIDROGEOLÓGICO E DOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS DO DISTRITO FEDERAL. Brasília, DF: SEMATEC: IEMA: MMA-SRH, 1999. 1 CD-ROM.

MARTINS, E. S.; REATTO, A. Cartografia de paisagens do bioma cerrado e funcionamento de solos representativos. In: MOSTRA DE RESULTADOS DE PESQUISA DOS PROJETOS FINALIZADOS EM 2006 E 2007, 2., 2009, Planaltina, DF. **[Anais...]**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2009. p. 86-93. (Embrapa Cerrados. Documentos, 244).

MARTINS, E. S.; REATTO, A.; FARIAS, M. R.; SILVA, A. V.; BLOISE, G. L. F.; CARDOSO, E. A.; SPERA, S. T.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; GUIMARÃES, R. F. **Geomorfologia da margem direita do córrego Divisa, Bacia do São Bartolomeu - DF, escala 1:10.000**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 24 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 59).

MARTINS, E. S. **Método integrado de caracterização mineralógica de solos profundamente intemperizados**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2000. 5 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico 37).

MARTINS, E. S.; FERREIRA, A. P. M.; CARVALHO JUNIOR, O. A.; CARDOSO, F. B. F.; REATTO, A. **Técnicas de coleta e preparação de amostras para micromorfologia com otimização do processo de impregnação**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 22 p. il. (Embrapa Cerrados. Documentos, 69).

MARTINS, P. R.; DI SILVA, F. D. M.; LIMA, J. E. F. W.; OLIVEIRA FILHO, E. C.; EVANGELISTA, B. A. Implantação de infraestrutura de monitoramento hidrológico em área representativa da Ecorregião do Planalto Central: a Bacia Experimental do Córrego Sarandi, DF. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA CERRADOS, 2012, Planaltina, DF. **Jovens Talentos 2012: resumos**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2012. (Embrapa Cerrados. Documentos, 313). p. 83.

MARTINS, P. R.; LIMA, J. E. F. W.; OLIVEIRA, L.; SILVA, L. B.; VIEIRA, A. R.; RODRIGUES, N. G. Caracterização preliminar do comportamento hidrológico de seis ecorregiões do bioma Cerrado. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA CERRADOS, 2014, Planaltina, DF. **Jovens Talentos 2014**: resumos. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2014. p. 42.

MEIRELLES, M. L.; SANAO, E. E.; MOREIRA, L.; ASSAD, E. D.; RESCK, D. V. S.; CARDOSO, A. N.; MACEDO, J.; KER, J. C. Caracterização fisiografia da microbacia do Taquara (DF) visando um planejamento de uso e manejo. In: CONGRESSO BRASILEIRO E ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVACAO DO SOLO, 8., 1990, Londrina. **Resumos**. Londrina: SBCS, 1990. p. 83.

MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N. **Manejo da micorriza arbuscular por meio da rotação de culturas**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001a. 2 p. (Embrapa Cerrados. Recomendação Técnica, 27).

MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N.; VILELA, L.; VARGAS, M. A.; CARVALHO, A. M. **Manejo da micorriza arbuscular por meio da rotação de culturas nos sistemas agrícolas do Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001b. 3 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 42).

MIRANDA, J. C. C.; VILELA, L.; MIRANDA, L. N. **Manejo da micorriza arbuscular em sistemas integrados de lavoura e pastagens no Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. 4 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 138)

MONTGOMERY, D. R. Soil erosion and agricultural sustainability. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 104, n. 33, p. 13268-13272, 2007.

OGLE, S. M.; BREIDT, F. J.; PAUSTIAN, K. Agricultural management impacts on soil organic carbon storage under moist and dry climatic conditions of temperate and tropical regions. **Biogeochemistry**, v. 72, n. 1, p. 87-121, 2005.

OLIVEIRA, J. F.; BROSSARD, M.; CORAZZA, E. J.; MARCHAO, R. L.; VENDRAME, P. R. S.; BRITO, O. R.; GUIMARAES, M. F. Vis-NIR spectrometry, soil phosphate extraction methods and interactions of soil attributes. **Química Nova**, v. 38, n. 3, p. 342-350, mar. 2015.

OLIVEIRA, J. F.; BROSSARD, M.; VENDRAME, P. R. S.; MAYI III, S.; CORAZZA, E. J.; MARCHAO, R. L.; GUIMARÃES, M. F. Soil discrimination using diffuse reflectance Vis-NIR spectroscopy in a local toposequence. **Comptes Rendus Geoscience**, v. 345, p. 446-453, 2013.

OLIVEIRA, L.; LIMA, J. E. F. W.; OLIVEIRA FILHO, E. C.; Di SILVA, F. D. M.; MARTINS, P. R.; ARAUJO, L. S.; RODRIGUES, N. G. Avaliação preliminar da relação entre as vazões mínimas e os usos do solo e da água na Bacia Experimental do Córrego Sarandi, DF. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA CERRADOS, 2013, Planaltina, DF. **Jovens Talentos 2013**: resumos. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2013. p. 77. (Embrapa Cerrados. Documentos, 319).

OLIVEIRA, M. A. S.; RESCK, D. V. S.; ICUMA, I. M.; ALVES, R. T. **Efeito do sistema de preparo do solo e rotação de culturas na dinâmica de população de artrópodes do solo**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 5 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 73).

PARRON, L. M.; RIBEIRO, J. F.; MARTINEZ, L. L. **Recomposição da cobertura vegetal de uma área degradada as margens do Córrego Sarandi, Planaltina, DF**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1999. 5 p. (Embrapa Cerrados. Pesquisa em Andamento, 41).

PARRON, L. M.; RIBEIRO, J. F.; MARTINEZ, L. L. Revegetação de uma área degradada no córrego Sarandi, Planaltina, DF. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, v. 5, p. 88-102, jul. 2000.

PASSO, D. P.; CASTRO, K. B.; MARTINS, E. S.; GOMES, M. P.; REATTO, A.; LIMA, L. A. S.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; GOMES, R. A. T. **Caracterização geomorfológica do município de São Desidério, BA, Escala 1: 50.000**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010. 29 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 283).

PASSO, D. P.; MARTINS, E. S.; GOMES, M. P.; REATTO, A.; CASTRO, K. B.; LIMA, L. A. S.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; GOMES, R. A. T. **Caracterização geomorfológica do Município de Barreiras, Oeste Baiano, Escala 1:100.000**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010. 30 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 294).

PIMENTEL, D.; HARVEY, C.; RESOSUDARMO, P.; SINCLAIR, K. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. **Science**, v. 267, n. 5201, p. 1117-1123, 1995.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1995.

REATTO, A.; BRUAND, A.; MARTINS, E. S.; MULLER, F.; SILVA, E. M.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; BROSSARD, M. Variation of the kaolinite and gibbsite content at regional and local scale in Latosols of the Brazilian Central Plateau. *Comptes Rendus Geoscience*, v. 340, p. 741-748, 2008.

REATTO, A.; BRUAND, A.; SILVA, E.M.; GUÉGAN, R.; COUSIN, I.; BROSSARD, M.; MARTINS, E.S. Shrinkage of microaggregates in Brazilian Latosols during drying: significance of the clay content, mineralogy and hydric stress history. **European Journal of Soil Science**, v. 60, n. 6, p. 1106-1116, 2009.

REATTO, A.; CORREIA, J. R.; SPERA, S. T.; CHAGAS, C. S.; MARTINS, E. S.; ANDAHUR, J. P.; GODOY, M. J. S.; ASSAD, M. L. C. L. **Levantamento semidetalhado dos solos da bacia Rio Jardim-DF escala 1:50.000**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2000c. 1 CD-ROM. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa, 18).

REATTO, A.; MARTINS, E. S.; CARDOSO, E. A.; SPERA, S. T.; CARVALHO JÚNIOR; O. A.; GUIMARÃES, R.; SILVA, A. V.; FARIAS, M. F. R. **Levantamento de reconhecimento de solos de alta intensidade do alto curso do Rio Descoberto, DF/GO, escala 1:100.000**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 55 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 92).

REATTO, A.; MARTINS, E. S.; FARIAS, M. F. R.; SILVA, A. V.; SPERA, S. T. **Levantamento de reconhecimento de alta intensidade dos solos da APA de Cafuringa-DF, escala 1:100.000**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 44 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 47).

REATTO, A.; MARTINS, E. S.; FARIAS, M. F. R.; SILVA, A. V.; SPERA, S. T.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; GUIMARÃES, R. F. **Levantamento pedológico da bacia hidrográfica do Ribeirão Taguatinga, DF, escala 1:25.000**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 54 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 135).

REATTO, A.; MARTINS, E. S.; GUIMARÃES, E. M.; SPERA, S. T.; SIMM, K. M. C. B.; CORREIA, J. R. **Variabilidade mineralógica de Latossolos na Bacia do Rio Jardim, DF**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. 24 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa, 2).

- REATTO, A.; MARTINS, E. S.; SPERA, S. T.; CORREIA, J. R. **Variabilidade mineralógica de Latossolos da área da Embrapa Cerrados em relação aos do bioma Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2000a. 39 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa, 19).
- REATTO, A.; SILVA, E. M.; BRUAND, A.; MARTINS, E. S.; LIMA, J. E. F. W. Validity of the centrifuge method for determining the water retention properties of tropical soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 72, n. 6, p. 1547-1553, 2008.
- REATTO, A.; SPERA, S. T.; CORREIA, J. R.; MARTINS, E. S.; BLOISE, G. L. F.; SILVA, A. V. **Levantamento semidetalhado dos solos da bacia do Olaria – DF, escala 1:30.000**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2000b. 1 CD-ROM. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa, 15).
- REATTO, A.; SPERA, S. T.; CORREIA, J. R.; MILHOMEM, A. S. **Caracterização dos solos e sua associação com as fitofisionomias em uma bacia hidrográfica: aspectos pedológicos e químicos**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1999. 23 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa, 8).
- REIS, A. M.; REATTO, A.; COUTO JÚNIOR, A. F.; MARTINS, E. S.; GOMES, M. P.; SENA-SOUZA, J. P. Caracterização geomorfológica da Bacia Experimental do Sarandi, DF, escala 1:25.000. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA CERRADOS, 2012, Planaltina, DF. **Jovens Talentos 2012**: resumos. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2012. p. 47. (Embrapa Cerrados. Documentos, 313).
- RESCK, B. S.; RESCK, D. V. S.; FERREIRA, E. A. B.; GOMES, A. C. Estoque de carbono do solo sob diferentes sistemas de manejo na bacia hidrográfica do Córrego Taquara, Distrito Federal. In: SIMPÓSIO NACIONAL CERRADO, 9.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL SAVANAS TROPICAIS, 2., 2008, Brasília, DF. **Desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**: anais... Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. 1 CD-ROM.
- RESCK, D. V. S. **A conservação da água via terraceamento em sistemas de plantio direto e convencional no cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 8 p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 22).
- RESCK, D. V. S. Agricultural Intensification Systems and Their Impact on Soil and Water Quality in the Cerrados of Brazil. In: LAL, R. (org.). **Soil Quality and Agricultural Sustainability**. Chelsea: Ann Arbor Press, 1998, p. 288-300.
- RESCK, D. V. S. **Aperfeiçoamento e calibração de aparelhos coletores de enxurrada para a medição de perdas de solo, água e nutrientes em estudos com simulador de chuva**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1983. 24 p. (EMBRAPA-CPAC. Boletim de Pesquisa, 19).
- RESCK, D. V. S. **Manejo e conservação do solo em microbacias hidrográficas na região dos cerrados**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1992. 17 p. (EMBRAPA-CPAC. Documentos, 40).
- RESCK, D. V. S. **Parâmetros conservacionistas dos solos sob vegetação de cerrado**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1981b. 39 p. (EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 6).
- RESCK, D. V. S. **Parâmetros físicos dos solos da região dos cerrados**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1981a. 17 p. (EMBRAPA-CPAC. Boletim de Pesquisa, 2).

RESCK, D. V. S. **Perdas de solo, água e elementos químicos no ciclo da soja, aplicando-se chuva simulada**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1981a. 17 p. (EMBRAPA-CPAC. Boletim de Pesquisa, 5).

RESCK, D. V. S. Uso e ocupação do solo no Brasil central. In: IAPAR; SBCS. (org.). **Manejo integrado de solos em microbacias hidrográficas**. 1996, p. 123-143.

RESCK, D. V. S.; FERREIRA, E. A. B.; FIGUEIREDO, C. C.; ZINN, Y. L. Dinâmica da matéria orgânica no Cerrado. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S. da; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (org.).

Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais & subtropicais. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 359-417.

RESCK, D. V. S.; FERREIRA, E. A. B.; SANTOS JUNIOR, J. D. G.; SÁ, M. A. C.; FIGUEIREDO, C. C. Manejo do Solo sob um Enfoque Sistêmico. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. de. (org.).

Savanas: Desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008, p. 417-473.

RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C.; GANEM, S. M. Caracterização do estoque de carbono e de algumas propriedades do solo em uma bacia hidrográfica na região dos cerrados. In: REUNIAO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVACAO DO SOLO E DA AGUA, 12., 1998, Fortaleza, CE.

Agricultura e sustentabilidade no semiárido: resumos expandidos. Fortaleza: UFCE, 1998. p. 182-183.

RESCK, D. V. S.; PEREIRA, E. G.; ASSAD, E. D.; SANO, E. E.; MEIRELLES, M. L.; SILVA, F. A. M.; MOREIRA, L.; CARDOSO, A. N.; MACEDO, J.; KER, J. C.; CHAGAS, C. S.; PEREIRA, N. R.; CARVALHO JUNIOR, W.; SANTOS, H. G.; CORREA, J. R.; COSTA, L. D.; LARACH, J. O. I. Diagnóstico e monitoramento da microbacia hidrográfica piloto do córrego Taquara- DF. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (Planaltina, DF). **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1987/1990**. Planaltina, DF, 1994. P. 81-89.

RESCK, D. V. S.; PEREIRA, J.; SILVA, J. E. **Dinâmica da matéria orgânica na região dos cerrados**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1991. 22 p. (EMBRAPA-CPAC. Documentos, 36).

RESCK, D. V. S.; SILVA, J. E. Planejamento agropecuário de microbacias hidrográficas na região dos Cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADOS ESTRATÉGIAS DE UTILIZAÇÃO, 7., 1997, Planaltina, DF. **Anais...** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1997. p. 198-222.

RESCK, D. V. S.; SILVA, J. E.; LOPES, A. S.; COSTA, L. M. Management Systems in Northern South America. In: PETERSON, G. A.; UNGER, P. W.; PAYNE, W. A. (org.). **Dryland Agriculture**. 2. ed. Madison, Wisconsin: ASA-CSSA-SSSA, 2006, v. 23, p. 427-525.

RESCK, D. V. S.; VASCONCELLOS, C. A.; VILELA, L.; MACEDO, M. C. M. Impact of conversion of Brazilian Cerrados to cropland and pastureland on soil carbon pool and dynamics. In: LAL, R.; KIMBLE, J.; STEWART, B. A. (org.). **Global Climate Change and Tropical Ecosystems**. Boca Raton: CRC Press, 2000, p. 169-196.

ROCHA, F.R.M.; SIMPLICIO, N.C.S.; NOVAIS, L.A.; OLIVEIRA FILHO, E.C.; LIMA, J.E.F.W.

Caracterização da qualidade da água superficial na Bacia Experimental do Córrego Sarandi, DF.

In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA CERRADOS, 2013, Planaltina, DF. **Jovens Talentos 2013: resumos**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2013. p. 67. (Embrapa Cerrados. Documentos, 319). p. 67

RODRIGUES, N. G.; LIMA, J. E. F. W.; MARTINS, P. R.; DI SILVA, F. D. M.; ARAUJO, L. S.; OLIVEIRA, L. Caracterização do comportamento hidrológico de duas Ecorregiões do Cerrado Brasileiro: os casos do Chapadão do São Francisco e do Parecis. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA CERRADOS, 2013, Planaltina, DF. **Jovens Talentos 2013**: resumos. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2013. p. 94. (Embrapa Cerrados. Documentos, 319).

RODRIGUES, N. G.; LIMA, J. E. F. W.; OLIVEIRA, L.; MARTINS, P. R.; BESERRA, L.; VIEIRA, A. R. Impactos dos usos do solo e da água sobre as vazões mínimas medidas na bacia experimental o Córrego Sarandi, DF. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA CERRADOS, 2014, Planaltina, DF. **Jovens Talentos 2014**: resumos. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2014. p. 45. (Embrapa Cerrados. Documentos, 322).

SÁ, M. A. C.; FRANZ, C. A. B.; SANTOS JUNIOR, J. D. G.; REIN, T. A.; BUFON, V. B.; CARVALHO, A. M.; MULLER, A. G. **Manejo do palhico residual n a cultura de cana-de-açúcar no Cerrado: primeira aproximação**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2015b. 6 p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 27).

SÁ, M. A. C.; SANTOS JÚNIOR, J. D. G. **Compactação do solo**: consequências para o crescimento vegetal. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. 25 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 136).

SÁ, M. A. C.; SANTOS JÚNIOR, J. D. G. **Considerações teóricas sobre o cálculo da resistência mecânica do solo à penetração determinada com penetrômetros dinâmicos**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. 27 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 200).

SÁ, M. A. C.; SANTOS JUNIOR, J. D. G.; FRANZ, C. A. B. **Manejo e conservação do solo e da água em sistema de plantio direto no Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2009. 53 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 258).

SÁ, M. A. C.; SANTOS JUNIOR, J. D. G.; FRANZ, C. A. B.; REIN, T. A. **Escarificação do solo em soqueiras de cana-de-açúcar**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2015a. 6 p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 28).

SÁ, M. A. C.; SANTOS JUNIOR, J. D. G.; RESCK, D. V. S.; FERREIRA, E. A. B.; FRANZ, C. A. B. Minipenetrômetro dinâmico para determinação da resistência à penetração em amostras de solo indeformadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 1659-1662, 2007.

SANO, E. E.; ASSAD, E. D.; MEIRELLES, M. L.; MOREIRA, L.; MACEDO, J.; RESCK, D. V. S. Caracterização ambiental da microbacia do córrego Taquara (DF), através de um sistema de informações geográficas. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (Planaltina, DF). **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1987/1990**. Planaltina, DF, 1994. p. 60-64.

SANO, E. E.; BETTIOL, G. M.; MARTINS, E. S.; COUTO JÚNIOR, A. F.; VASCONCELOS, V.; BOLFE, E. L.; VICTORIA, D. C. Características gerais da paisagem do Cerrado. In: E.L. Bolfe, E.E. Sano, S.K. Campos (ed.), **Dinâmica Agrícola no Cerrado: análises e projeções** – Brasília, DF: Embrapa, 2020, cap. 1, p. 21-37.

SANO, E. E.; MEIRELES, M. L.; ASSAD, E. D.; MOREIRA, L.; MACEDO, J.; RESCK, D. V. S. Utilização do sistema de informações geográficas SGI/INPE na caracterização do meio físico da microbacia do córrego Taquara (DF). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n.10, p. 1635-1645, 1991.

- SANO, E. E.; RODRIGUES, A. A.; MARTINS, E. S.; BETTIOL, G. M.; BUSTAMANTE, M. M. C.; BEZERRA, A. S.; BOLFE, E. L. Cerrado ecoregions: A spatial framework to assess and prioritize Brazilian savanna environmental diversity for conservation. **Journal of Environmental Management**, v. 232, p. 818-828, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.11.108>
- SANT-ANNA, S. A. C.; JANTALIA, C. P.; SÁ, J. M.; VILELA, L.; MARCHÃO, R. L.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Changes in soil organic carbon during 22 years of pastures, cropping or integrated crop/livestock systems in the Brazilian Cerrado. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 108, n. 1, p. 101-120, 2017.
- SANTOS, F. L. S.; NEVES, G.; SOUSA, L. R.; MARQUES, T. A.; SENA-SOUZA, J. P.; REATTO, A.; MARTINS, E. S.; COUTO JÚNIOR, A. F.; NARDOTO, G. B. Relação entre o carbono orgânico do solo e o índice de vegetação de diferença normalizada (NDVI) para áreas de cerrado sentido restrito da bacia do córrego do Sarandi, região de cerrado do Brasil central. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ECOLOGIA, 1.; CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 11., 2013, Porto Seguro, BA. **Anais...** Porto Seguro: SEB, 2013.
- SANTOS, F. L. S.; RAMALHO, L. S.; MARQUES, T. A.; SENA-SOUZA, J. P.; REATTO, A.; MARTINS, E. S.; COUTO JÚNIOR, A. F.; NARDOTO, G. B. **Teor de carbono orgânico do solo e aspectos biofísicos da cobertura vegetal da Bacia do Córrego Sarandi, Planaltina, DF**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2014. 28 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 319).
- SANTOS, G. G.; SILVA, E. M.; MARCHÃO, R. L.; SILVEIRA, P. M.; BRUAND, A.; JAMES, F.; BECQUER, T. Analysis of physical quality of soil using the water retention curve: validity of the S-index. **Comptes Rendus Géoscience**, v. 343, n. 4, p. 295-301, 2011.
- SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p. il.
- SANTOS JUNIOR, J. D. G.; SÁ, M. A. C.; OLIVEIRA, C. M.; FRANZ, C. A. B.; REIN, T. A.; SOUSA, D. M. G. **Sistema plantio direto de cana-de-açúcar no Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2015. 8 p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 30).
- SATO, J. H.; FIGUEIREDO, C. C.; MARCHÃO, R. L.; MADARI, B. E.; BENEDITO, L. E. C.; BUSATO, J. G.; SOUZA, D. M. Methods of soil organic carbon determination in Brazilian savannah soils. **Scientia Agricola**, v. 71, n. 4, p. 302-308, 2014.
- SENA-SOUZA, J. P.; MARTINS, E. S.; COUTO JÚNIOR, A. F.; REATTO, A.; VASCONCELOS, V.; GOMES, M. P.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; REIS, A. M. **Mapeamento geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Rio São Bartolomeu, escala 1:100.000**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2013. 37 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 314).
- SILVA, E. M.; AZEVEDO, J. A.; RAUBER, J. C.; REATTO, A. **Caracterização físico-hídrica e hidráulica de solos do bioma Cerrado submetidos a diferentes sistemas de preparo**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 22 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 101).

SILVA, E. M.; LIMA, J. E. F. W. Development of pedotransfer functions for estimating water retention curve for tropical soils of the Brazilian savanna. **Geoderma Regional**, v. 1, p. 59-66, 2014.

SOARES NETO, G. B. **Método de classificação semiautomático das unidades básicas de relevo em regiões tropicais**. 2015. 103 f. Tese (Doutorado em Geociências Aplicadas)- Universidade de Brasília, Brasília, 2015. Orientação: Eder de Souza Martins

SONODA, K. C. **Comunidades de insetos aquáticos em dois trechos do Córrego Sarandi, Distrito Federal**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010. 19 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 280).

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação tecnológica, 2004. 411 p.

SPERA, S. T.; REATTO, A.; CORREIA, J. R.; MARTINS, E. S.; BLOISE, G. L. F.; SILVA, A. V. **Solos e aptidão agrícola das terras da Bacia do Olaria, DF**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003a. 6 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 88).

SPERA, S. T.; REATTO, A.; MARTINS, E. S.; CORREIA, J. R. **Atributos físicos de solos e distribuição das fitofisionomias de cerrado na bacia hidrográfica do Rio Jardim, DF**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. 18 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 146).

SPERA, S. T.; REATTO, A.; MARTINS, E. S.; CORREIA, J. R.; BLOISE, G. L. F.; SILVA, A. V.; FARIAS, M. F. R. **Aptidão agrícola das terras da Bacia do Olaria, Distrito Federal**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. 1 CD-ROM. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 15).

SPERA, S. T.; REATTO, A.; MARTINS, E. S.; CORREIA, J. R.; BLOISE, G. L. F.; SILVA, A. V. **Aptidão agrícola das terras da Bacia do Rio Jardim, DF**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003b. 6 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 90).

SPERA, S. T.; REATTO, A.; CORREIA, J. R.; GODOY, M. J. S.; SIMM, K. M. C. B. Uso de curvas de retenção de água em solos no levantamento pedológico da bacia do Rio Jardim (DF) determinadas pelo método da centrifuga. In: REUNIAO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVACAO DO SOLO E DA AGUA, 12., 1998, Fortaleza, CE. **Agricultura e sustentabilidade no semiárido**: resumos expandidos. Fortaleza: UFCE, 1998. p. 75-76.

STEFANOSKI, D. C.; FIGUEIREDO, C. C.; SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L. Selecting soil quality indicators for different soil management systems in the Brazilian Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1643-1651, 2016.

TILMAN, D.; BALZER, C.; HILL, J.; BEFORT, B. L. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 108, n. 50, p. 20260-20264, 2011.

TILMAN, D.; CASSMAN, K. G.; MATSON, P. A.; NAYLOR, R.; POLASKY, S. Agricultural sustainability and intensive production practices. **Nature**, v. 418, n. 6898, p. 671-677, 2002.

VASCONCELOS, V.; CARVALHO JUNIOR, O. A.; MARTINS, E. S.; COUTO JUNIOR, A. F.; GUIMARÃES, R. F.; GOMES, R. A. T. Sistema de classificação geomorfométrica baseada em uma arquitetura

sequencial em duas etapas: árvore de decisão e classificador espectral, no Parque Nacional da Serra da Canastra. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 13, p. 171-186, 2012.

VENDRAME, P.R.S.; MARCHÃO, R. L.; MARTINS, E. S.; BECQUER, T. **Predição da granulometria e mineralogia de Latossolos do Cerrado utilizando espectroscopia de infravermelho próximo**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2015. 25 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 326).

VILELA, L. MARTHA JÚNIOR, G. B.; MARCHÃO, R. L.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; BARIONI, L. G.; BARCELLOS, A. de O. Integração lavoura pecuária. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. p. 933-962.

VILELA, L.; MARTHA JR., G. B.; MARCHÃO, R. L. Integração lavoura-pecuária-floresta: alternativa para intensificação do uso da Terra. **Revista UFG**, v. 13, p. 92-99, 2012.

VITOUSEK, P. Nutrient cycling and nutrient use efficiency. **American Naturalist**, p. 553-572, 1982.

WALLACE, J. S. Increasing agricultural water use efficiency to meet future food production. Agriculture, **Ecosystems & Environment**, v. 82, n. 1, p. 105-119, 2000.

YUNLONG, C.; SMIT, B. Sustainability in agriculture: a general review. Agriculture, **Ecosystems & Environment**, v. 49, n. 3, p. 299-307, 1994.



Desenvolvimento das Tecnologias de Correção e Manutenção da Fertilidade dos Solos do Cerrado e Aspectos do seu Contexto

Thomaz Adolpho Rein

Djalma Martinhão Gomes de Sousa (in memoriam)

João de Deus Gomes dos Santos Junior

Rafael de Souza Nunes

Introdução

A Embrapa Cerrados foi criada em 1975, incorporando a área e a pequena estrutura de pesquisa da então Estação Experimental de Brasília (EEB). Foi, primeiramente, um Posto Agropecuário criado com verba federal no início da década de 1950, em área cedida por Hosannah Campos Guimarães, médico e político goiano, natural de Planaltina. Em 1958, foi transformada em Escritório Técnico de Agricultura (Projeto ETA 44) do Ministério da Agricultura, em convênio com a Companhia Urbanizadora da Nova Capital (Novacap), com a missão de fomento ao desenvolvimento da produção animal no recém-criado Distrito Federal. No início da década de 1960, foi incorporado à rede de estações experimentais do Instituto Agrônomo do Oeste (IAO), sediado em Sete Lagoas, MG, posteriormente denominado Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Centro-Oeste (IPEACO), integrante do Departamento de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias (DPEA) do Ministério da Agricultura. Esse departamento, reestruturado em 1967, foi denominado Escritório de Pesquisa e Experimentação (EPE), pos-

teriormente Departamento Nacional de Pesquisa e Experimentação Agropecuárias (DNPEA), sendo extinto em 1973 com a criação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa).

A criação da Embrapa Cerrados se deu no início do Programa de Desenvolvimento dos Cerrados (Polocentro), principal ação governamental visando à expansão da agricultura na região, no período de 1975 a 1984. Coube à instituição a missão de desenvolver tecnologias para o progresso agrícola do Cerrado, bioma com 204 milhões de hectares, cobrindo 22% do território nacional; e de coordenar parte das ações de pesquisa executadas por outras unidades da Embrapa e instituições estaduais de pesquisa atuando na região. Buscava-se dar suporte técnico ao Polocentro, ao Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para o Desenvolvimento dos Cerrados (Prodec) e a outros programas de desenvolvimento regional. Entre essas tecnologias está a correção da fertilidade dos solos originalmente sob vegetação de Cerrado, ácidos e com deficiência generalizada de nutrientes, fatores considerados, até então, o principal entrave à sua exploração agrícola econômica, em uma época em que a utilização de corretivos de acidez e fertilizantes minerais não era ainda generalizada no país. Até meados da década de 1970, dizia-se, em tom jocoso sobre o potencial de uso agrícola dessas vastas terras cobertas por vegetação nativa, que “Cerrado, nem dado e nem herdado” ou que “Cerrado só serve para aumentar a distância” (entre cidades).

Os principais fatores limitantes ao uso agrícola desses solos já eram conhecidos na ocasião da criação da Embrapa, devido principalmente às pesquisas pioneiras realizadas pelo IBEC Research Institute (grupo Rockefeller), posteriormente denominado Instituto de Pesquisas IRI, pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) e pelo próprio IPEACO. Contudo, os critérios econômicos de recomendação de corretivos de acidez e fertilizantes, baseados na experimentação com culturas diversas em diferentes ambientes e na análise química do solo, não estavam ainda estabelecidos. Esse foi o foco da atuação inicial da Embrapa Cerrados. Outros fatores limitantes da fertilidade desses solos estavam ainda por serem elucidados. O conhecimento sobre o manejo da fertilidade desses solos gerado nos

primeiros 10 anos da Embrapa Cerrados está muito bem documentado (Goedert, 1986). Posteriormente, com a ampla adoção do sistema plantio direto associado a outras práticas de manejo do solo, intensificação e aumento da complexidade dos sistemas agrícolas, disponibilidade de novos insumos e maior conscientização da necessidade de minimizar impactos ambientais advindos das atividades agrícolas, novas estratégias de manejo dos solos no bioma Cerrado têm sido buscadas pela pesquisa. As principais recomendações para o manejo da fertilidade desses solos para culturas anuais, perenes e pastagens estão apresentadas em livros publicados pela Embrapa Cerrados (Sousa; Lobato, 2004; Martha Junior et al., 2007).

Parte dessas ações de pesquisa realizadas nos anos iniciais da Embrapa Cerrados contou com importante colaboração de instituições internacionais, destacando-se as Universidades da Carolina do Norte e de Cornell dos EUA por meio de projetos de pesquisa em solos tropicais com recursos da United States Agency for International Development (USAID), a Japan International Cooperation Agency (JICA), o Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) e o Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura/Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento (IICA/BIRD). Essas instituições forneceram suporte técnico por meio de professores, estudantes de doutorado e de consultores, aquisições e instalação de estrutura laboratorial.

Foi também importante ao desenvolvimento das tecnologias de correção da fertilidade dos solos a contribuição das seguintes empresas estaduais de pesquisa agropecuária da região, com a coordenação da Embrapa Cerrados, por meio do Programa Nacional de Pesquisa *Aproveitamento dos Recursos Naturais e Socioeconômicos dos Cerrados*: EMGOPA – Goiás; EMPA – Mato Grosso; EMPAER – Mato Grosso do Sul; EPABA – Bahia; e EPAMIG – Minas Gerais), componentes do extinto Sistema Cooperativo de Pesquisa Agropecuária (SCPA). A atuação dessas empresas estaduais propiciou a experimentação em rede na região, até o início da década de 1990. Outras unidades da Embrapa também proporcionaram importantes contribuições com relação ao manejo da fertilidade do solo para culturas anuais e pasta-

gens no Cerrado, destacando-se a Embrapa Milho e Sorgo, Embrapa Arroz e Feijão, Embrapa Gado de Corte, Embrapa Soja e Embrapa Agropecuária Oeste.

As contribuições da Embrapa Cerrados e os aspectos do contexto em que essas tecnologias foram desenvolvidas são apresentadas a seguir, de acordo com os “fatores de fertilidade do solo” no seu sentido restrito à nutrição das plantas: correção da acidez; adubação fosfatada; adubação potássica; adubação nitrogenada; adubação com enxofre; adubação com micronutrientes. Buscamos resgatar o extenso e importante trabalho experimental realizado pela instituição neste período de pouco mais de quatro décadas, que constituíram a base das recomendações para o manejo da fertilidade dos solos do Cerrado.

Correção da acidez

A acidez e a extrema deficiência de fósforo dos solos do Cerrado já eram conhecidas como os principais fatores limitantes utilização agrícola do bioma desde, pelo menos, a década de 1950. O termo “acidez do solo” engloba um conjunto de fatores associados ao seu baixo pH, destacando-se a presença de alumínio trocável (tóxico às raízes), baixa disponibilidade de cálcio e magnésio e baixa capacidade de troca de cátions (CTC).

Até o início da década de 1970, antes do uso generalizado de calcário para correção da acidez e de fertilizantes minerais para suprimento de fósforo e outros nutrientes, a agricultura na região era realizada basicamente em solos originalmente sob formações florestais (matas), em geral, sem ou com menores restrições de acidez às principais culturas agrícolas em relação aos solos sob formações savânicas (cerrados). Como a maioria desses solos de matas também não possui grandes reservas de nutrientes, estabeleceu-se aqui a milenar prática da “agricultura itinerante” herdada dos povos indígenas. Neste sistema agrícola, as matas são derrubadas, queimadas, sendo o solo fertilizado por grande aporte de cinzas da biomassa aérea que se soma

à sua reserva inicial de nutrientes, sustentando por poucos anos produtividades razoáveis, para os padrões da época, de milho, de feijão, de arroz e de mandioca. Com a exaustão dos nutrientes, exportados nos produtos agrícolas ou perdidos por erosão, essas áreas eram abandonadas ou passavam a ser exploradas com pastagens cultivadas de capins gordura, jaraguá e colônia e novas áreas de matas eram derrubadas para a produção agrícola.

A grande predominância nesta região de solos com severas restrições associadas à acidez e outras limitações de fertilidade foi bem documentada em um estudo realizado na Embrapa Cerrados no âmbito do Programa Nacional de Pesquisa *Avaliação dos Recursos Naturais e Socioeconômicos dos Cerrados* cujos resultados foram apresentados por ocasião do *VI Simpósio sobre o Cerrado*, em 1982. Foram quantificadas as áreas (milhões de hectares) de acordo com o grau de restrição de cada atributo de fertilidade, a partir da compilação e da organização em base de dados digital dos resultados analíticos dos levantamentos de solo do projeto RADAMBRASIL, do Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos da Embrapa e outros realizados no Cerrado até então.

Felizmente, o Cerrado é rico em jazidas de calcário, requerido em grandes quantidades na correção inicial da acidez dos solos da região. Sua produção e utilização, bem como a dos fertilizantes minerais, foi fomentada a partir de meados da década de 1970 por programas governamentais como o *Programa Nacional de Fertilizantes e Calcário Agrícola* e o Polocentro. Já antes disto, o impacto da utilização desses insumos na produtividade das culturas estava sendo difundido aos agricultores por meio de redes regionais de unidades demonstrativas realizadas pelas instituições estaduais de extensão rural no Programa FAO/ANDA/ABCAR (Food and Agriculture Organization, Associação Nacional para Difusão de Adubos, Associação Brasileira de Crédito e Assistência Rural). A utilização desses insumos e tecnologias associadas, desde então, pelos agricultores da região e por aqueles vindos do Sul do País, viabilizou a perenização da agricultura nos solos originariamente sob matas e a incorporação à agricultura nacional dos solos sob cerrados.

Correção da acidez da camada arável

No início da década de 1970, importantes experimentos em vários temas da fertilidade do solo foram estabelecidos em Latossolos representativos da Estação Experimental de Brasília do IPEACO por meio de convênio com as Universidades de Cornell e da Carolina do Norte (EUA), em projeto de pesquisa custeado pela USAID para estudos de manejo de solos da América Tropical. Em dois destes experimentos, estabelecidos em 1972 e 1973, foram estudadas doses e profundidades de incorporação do calcário. O primeiro veio a se tornar um experimento de longa duração, conduzido por vários anos após a criação da Embrapa Cerrados em 1975, tendo sido estudado o efeito residual da calagem para o milho e outras culturas anuais.

Os resultados destes experimentos mostraram o conhecido efeito da calagem no aumento do pH do solo, na redução do Al trocável e seu teor na solução do solo, no aumento dos teores de Ca e Mg e da capacidade de troca de cátions, estabelecendo-se relações desses atributos com as doses de calcário aplicadas a esses solos. Esses efeitos mostraram-se basicamente restritos à camada do solo em que o calcário foi incorporado, nas doses atualmente recomendadas para correção da camada arável. Estudando-se a profundidade de incorporação do calcário com arado de discos, até 15 cm e 30 cm, mostrou-se a importância da incorporação profunda nesses solos ácidos cultivados pela primeira vez. Isso propiciou maior enriquecimento em cálcio e em magnésio e neutralização do alumínio trocável na camada de 15 cm–30 cm, maior crescimento de raízes do milho e utilização da água retida nessa camada, reduzindo o estresse hídrico da cultura (medido pelo potencial de água na folha), o que explica maior produtividade de grãos obtida durante os primeiros anos do experimento para todas as doses de calcário aplicadas (1 t/ha; 2 t/ha; 4 t/ha; e 8 t/ha). O efeito residual da calagem nas doses hoje recomendadas para este Latossolo Vermelho argiloso, ao redor de 4 t/ha, mostrou-se longo, pelo menos 8 anos (duração do experimento). Incorporado na camada de 15 cm o calcário aplicado nessa dose foi

suficiente para produtividades máximas durante os três primeiros cultivos. Dose superior foi requerida para produtividade máxima quando o calcário foi incorporado a 30 cm. Os ganhos de produtividade proporcionados pela calagem neste experimento foram em geral superiores a cem por cento para o milho e a soja, e de aproximadamente mil por cento para o sorgo.

Ainda na década de 1970, foram estudados níveis de calagem para a soja em dois experimentos estabelecidos pela Embrapa Cerrados em Latossolos de diferentes texturas nos municípios de Rondonópolis e Diamantino, no Estado do Mato Grosso, no âmbito do programa *ProCerrado* de desenvolvimento agrícola regional. Foram avaliados por um ano e posteriormente passaram a ser conduzidos pela Empresa Matogrossense de Pesquisa Agropecuária.

Outros experimentos foram realizados até o início da década de 1980 na Embrapa Cerrados e na Fazenda Vereda (propriedade agrícola em Cristalina, GO), em que a calagem foi estudada isoladamente ou em combinação com a adubação fosfatada para diversas cultivares e linhagens de soja, feijão, arroz, trigo e sorgo. Verificou-se diferenças entre espécies e entre genótipos da mesma espécie com relação à tolerância à acidez, destacando-se as diferenças entre variedades de trigo brasileiras e de origem mexicana, estas utilizadas nos programas de melhoramento genético do trigo no Brasil, que se mostraram extremamente sensíveis ao alumínio.

A cultura da mandioca foi estudada em experimentos estabelecidos na Embrapa Cerrados no final das décadas de 1970 e 1990, mostrando-se mais tolerante à acidez e requerendo menor nível de calagem em relação às principais culturas de grãos (soja e milho). O mesmo comportamento foi verificado para o arroz de sequeiro.

No final da década de 1990, genótipos de girassol foram também estudados com relação à tolerância à acidez, através de experimentos de campo com níveis de calagem e experimentos em solução nutritiva com diferentes concentrações de alumínio, utilizando-se a técnica de coloração de raízes por hematoxilina e medidas de crescimento das plantas para a seleção de

genótipos tolerantes. Esses estudos permitiram a identificação de genótipos mais tolerantes ao alumínio, subsidiando programas de melhoramento genético das respectivas culturas conduzidos na Embrapa.

Paralelamente a esta experimentação de correção da acidez dos solos para culturas diversas, estudos básicos foram realizados nos primeiros anos da Embrapa Cerrados. Mostrou-se a relação entre o pH e a saturação por Al em amostras da camada arável de solos de Goiás e do Distrito Federal, confirmando-se relações verificadas em solos de outras regiões que mostravam a neutralização do alumínio trocável a partir de pH (em água) de aproximadamente 5,5. Em um experimento de campo com doses de calcário dolomítico para culturas anuais em Latossolo argiloso, foi avaliada a sua velocidade de reação, mostrando-se a gradual elevação no pH do solo até aproximadamente 100 dias após sua aplicação e incorporação no início da estação chuvosa. Assim, mostrou-se a importância da aplicação com antecedência do calcário em relação à semeadura de culturas anuais nos solos ácidos do Cerrado. Métodos de laboratório foram desenvolvidos na Embrapa Cerrados, em meados dos anos 1980, utilizando-se nitrato de amônio 0,5 mol/L como solução extratora de cátions e ânions trocáveis do solo e o mesmo sal na concentração de 0,0215 mol/L na solução de equilíbrio em “método de adsorção iônica” para quantificação do desenvolvimento de cargas negativas (capacidade de troca de cátions, CTC) e positivas (capacidade de troca de ânions, CTA) no pH natural do solo. Aplicando-se esse método em um estudo de caracterização química de vários perfis de solos sob vegetação nativa de Mata e de Cerrado no Distrito Federal, verificou-se maior CTC no horizonte A dos primeiros e maior CTA no horizonte B dos solos sob Cerrado, sendo a CTA nunca superior a CTC. Outros estudos realizados sobre o desenvolvimento de carga negativa nos Latossolos e outros solos do bioma Cerrado, utilizando-se diferentes métodos, confirmaram a importância da matéria orgânica como responsável pela maior parte da CTC desses solos.

A experimentação de campo e os estudos básicos realizados permitiram estabelecer doses de calcário para máxima produtividade econômica de sistemas agrícolas de culturas anuais e sua recomendação baseada na

análise química de amostra de solo da camada de 0 cm a 20 cm. Inicialmente, os métodos adaptados e adotados na região eram baseados nos teores de Ca, Mg e Al trocáveis, que eventualmente subestimavam a dose ótima de calcário para solos com maior tamponamento da acidez (solos argilosos ou muito argilosos com maiores teores de matéria orgânica) e comumente superestimavam a dose ótima para solos com baixo tamponamento (solos arenosos ou de textura média com menores teores de matéria orgânica). Outros métodos baseados em soluções tampões de acidez (SMP e Woodruff) e no teor de matéria orgânica do solo foram estudados em laboratório a partir de amostras de solos de Goiás e do Distrito Federal, mas não chegaram a ser adotados na região.

Posteriormente, em meados da década de 1980, o método da “saturação por bases” para recomendação de doses de calcário, já adotado no Estado de São Paulo, foi calibrado para os solos do Cerrado em estudo de laboratório com população de amostras de solos de Goiás, Distrito Federal, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Bahia. Mostrou-se a estreita relação entre a saturação por bases (V) e o pH desses solos e que os valores de pH 6,0 (em água) ou 5,2 (em CaCl_2 0,01 mol/L), adequados para a maioria das culturas anuais eliminando plenamente a toxidez de alumínio e suprimindo cálcio e magnésio (dependendo do tipo de calcário), estava associado à V próxima de 50%. Calibrou-se também o método do “tampão SMP” para a estimativa da “acidez titulável a pH 7” (H+Al), atributo do solo necessário ao cálculo da CTC a pH 7, da saturação por bases atual do solo e da dose de calcário necessária para elevá-la ao valor desejado.

Esses procedimentos tiveram grande aceitação, e o método da saturação por bases para recomendação da dose de calcário tornou-se o mais adotado na região. Essas recomendações de calagem (e outros aspectos do manejo da fertilidade dos solos do Cerrado) foram validadas em estudo realizado no final da década de 1980 com dados de produtividade e análise química do solo de dezenas de lavouras de soja em concursos de produtividade promovidos pela Cooperativa Agropecuária Mista Canarana (Coopercana) na região de Canarana, MT. Mostrou-se que as máximas produtivida-

des estavam associadas à saturação por bases próximas a 50%, com perda de produtividade em condições de saturação muito elevada, possivelmente associadas à deficiência induzida de alguns micronutrientes.

Estudos aplicados sobre a nutrição da soja e do milho com cálcio (Ca) e magnésio (Mg) foram realizados em experimentos em Latossolo argiloso com baixos teores desses nutrientes, utilizando-se diferentes corretivos de acidez (calcários calcítico e dolomítico e óxidos de Ca e Mg), aplicados e incorporados ao solo no primeiro ano em diferentes proporções na mesma dose equivalente de carbonato de cálcio. Em um dos experimentos, essa adubação com Mg foi estudada associada a doses de potássio e manejo dos restos culturais. Mostrou-se o esgotamento da pequena reserva de Mg nativo do solo com os cultivos, exportado nos grãos, fazendo com que os ganhos de produtividade com a aplicação desse nutriente no primeiro ano aumentassem com os cultivos. O esgotamento é mais acentuado com a remoção dos restos culturais. Nessa condição, a diferença de produtividade da soja no sétimo ano comparando-se os tratamentos sem e com Mg foi de aproximadamente mil por cento (10 vezes). A fixação biológica de nitrogênio, medida por meio da atividade da enzima nitrogenase nos nódulos da soja, foi severamente reduzida com a deficiência de Mg. O milho mostrou-se menos responsivo ao Mg em relação à soja. Estabeleceu-se como adequado na interpretação da análise química do solo o teor de Mg de $0,5 \text{ cmol/dm}^3$ nestes solos argilosos. Mostrou-se também que com o aumento dos teores de Ca ou potássio no solo ocorre decréscimo nos teores foliares de magnésio, porém sem afetar a produtividade das culturas quando o teor de Mg no solo encontra-se no nível adequado. Assim, relações Ca:Mg no solo na faixa de 1:3 até pelo menos 6:1 não impactaram as produtividades da soja e do milho. Ademais, desbalanço nutricional foi verificado com a correção da acidez realizada exclusivamente com óxido de Mg nesse solo com teor de Ca muito baixo, induzindo extrema deficiência desse nutriente e levando à morte as plantas de soja.

Além dos Latossolos, classe de solos predominante no bioma Cerrado, outros solos foram estudados na Embrapa Cerrados com relação à correção

da acidez superficial para culturas anuais. No âmbito do Programa Nacional para Aproveitamento de Várzeas Irrigáveis (Provarzeas), estabelecido no início da década de 1980, num experimento exploratório em casa de vegetação, foram estudadas as restrições relacionadas à acidez e respostas da soja à aplicação de calcário em dez solos de várzeas de diferentes classes, dos estados de Goiás, Minas Gerais, Bahia, Tocantins e do Distrito Federal. Em experimento de campo estabelecido em 1986 em Gleissolo Háptico distrófico de textura argilosa em várzea drenada, comportamento similar aos Latossolos, foi verificado quanto à relação entre saturação por bases (V) e pH e a relação entre saturação por bases e a produtividades de soja (verão) e trigo irrigado (inverno). Foi demonstrado também o longo efeito residual da calagem nesse solo, sendo a dose recomendada de calcário (calculada para elevar V a 50%) aplicada no primeiro ano a responsável pelos rendimentos máximos de grãos durante pelo menos os oito cultivos iniciais (soja e trigo), dobrando a produtividade dessas culturas em relação ao tratamento sem calagem. Nesse experimento, foi também estudado o parcelamento da dose de 4 t/ha de calcário, dividida em duas, quatro ou oito aplicações a lanço e/ou na linha de semeadura no período de 2 a 4 anos. De maneira geral, as produtividades ao longo dos cultivos foram proporcionais às doses acumuladas de calcário, homogeneizadas na camada arável por ocasião do preparo do solo realizado antes de cada cultivo. Aplicação anual de pequenas doses de calcário na linha de semeadura pode ser vista como uma alternativa de se manter o status de acidez corrigida dos solos agrícolas, mitigando o processo contínuo de reacidificação após a correção inicial.

Com a grande expansão do sistema plantio direto no Cerrado a partir de meados da década de 1990, a experimentação na Embrapa Cerrados passou a contemplar o manejo da acidez do solo para culturas anuais nesse sistema, no qual não é realizada a incorporação do calcário. Assim, um experimento em Latossolo distrófico argiloso foi iniciado em 1999 em área de Cerrado recém-desmatada (área de abertura) com diferentes níveis de correção do solo previamente estabelecidos pela incorporação de calcário em doses crescentes com arado de discos, complementadas no ano subsequente com doses aplicadas superficialmente, sem incorporação. Tomando-se os

resultados dos tratamentos com a dose recomendada para esse solo (4 t/ha de calcário), mostrou-se que o efeito da calagem sem incorporação foi mais pronunciado na camada superficial de 0 cm a 5 cm, atingindo valores de pH e saturação por bases acima dos requeridos, mas corrigindo também a camada de 5 cm a 10 cm para valores próximos aos mínimos adequados. Por outro lado, nenhum efeito corretivo do calcário aplicado superficialmente foi verificado na camada de 10 cm a 20 cm neste solo argiloso no período de 4 anos. Essa correção superficial da acidez sem a incorporação do calcário teve como resultado menores produtividades do milho durante 6 anos de condução do experimento em relação ao tratamento com a mesma dose incorporada no primeiro ano. A soja mostrou-se mais tolerante à acidez, menos sensível à ausência de incorporação do corretivo. A mesma tendência de menores produtividades para o milho foi verificada com a correção prévia parcial da acidez do solo (metade da dose de calcário recomendada, incorporada) seguida de complementação sem incorporação, nos primeiros anos do experimento. Como recomendação advinda dos resultados desse experimento de manejo da acidez do solo em plantio direto, esse sistema deve ser implantado em áreas com acidez da camada arável previamente corrigida, em geral, cultivadas no sistema convencional por pelo menos um ano com incorporação de corretivos.

O monitoramento da acidez do solo por meio de amostragens periódicas estratificadas da camada superficial de outros experimentos em plantio direto, em que calagem não era uma variável, também permitiu recomendações com relação ao manejo da acidez para a sustentabilidade desse sistema em longo prazo. Verificou-se que o processo de reacidificação do solo no sistema plantio direto é mais intenso na camada superficial de 5 cm e que as doses requeridas nas reaplicações de calcário (recalagem) com base nos resultados da análise química da camada de 0 cm a 20 cm são um pouco inferiores em relação à condição de preparo convencional do solo, evidenciando economia de calcário com o plantio direto. A recomendação gerada a partir desses estudos foi de que, nesse sistema, a reaplicação de calcário deve se dar com maior frequência e menores doses em relação à condição de preparo convencional, evitando-se assim que a reacidificação atinja a

zona abaixo de 10 cm para a qual é lenta a correção a partir do calcário aplicado superficialmente sem incorporação.

Correção da acidez subsuperficial

A demonstração da importância da acidez subsuperficial como fator limitante à produtividade das culturas em solos tropicais altamente intemperizados, a deficiência de cálcio associada ou não à toxidez de alumínio como fator restritivo ao crescimento de raízes em profundidade nesses solos e o desenvolvimento da tecnologia do uso do gesso para correção dessas restrições químicas foram as principais contribuições originais da Embrapa Cerrados à Ciência do solo. Assim, a evolução do desenvolvimento dessa tecnologia é aqui apresentada mais detalhadamente.

A importância da incorporação profunda do calcário com arado na abertura do Cerrado, corrigindo-se a acidez do solo até a profundidade de pelo menos 0,3 m, já havia sido demonstrada em meados da década de 1970. No início dos anos 1980, amostrando-se em profundidade um experimento estabelecido em 1972 em que se estudava o efeito residual de doses de zinco em diferentes níveis de calagem, verificou-se plena correção da acidez até a profundidade de 0,75 m no tratamento com a dose de 22,5 t/ha de calcário aplicado no primeiro ano. Contudo, o alto investimento em calcário, o longo tempo requerido para a correção do perfil do solo e a indução de deficiências de alguns micronutrientes mostraram-se aspectos desfavoráveis associados a esta “supercalagem”. Em meados dos anos 1980, estudou-se, em experimentos com milho, a viabilidade de utilização do implemento “Wye double-digger”, que permite a efetiva incorporação de corretivos em área total até a profundidade de 0,5 m. Entretanto, essa alternativa para correção mais profunda da acidez não se mostrou viável pelo alto custo associado ao baixo rendimento operacional, dificultado ainda pela presença de raízes e caules subterrâneos remanescentes da vegetação nativa original não expostos nas operações anteriores de aração e gradagem. Além disso,

os efeitos dessa calagem profunda estavam ainda limitados a essa profundidade de incorporação do calcário.

Com base em resultados de experimentos de campo e laboratório realizados em Porto Rico e na África do Sul desde a década de 1960 com Latossolos e outros solos altamente intemperizados, que mostraram melhoria mais rápida nas condições químicas abaixo da camada arável com aplicações de doses elevadas de gesso (sulfato de cálcio) ou de fertilizantes nitrogenados (particularmente o sulfato de amônio) associados ao calcário, essa possibilidade foi testada na Embrapa Cerrados em um dos experimentos em que se estudou o efeito da profundidade de incorporação do calcário, estabelecido em 1973. Por meio de tratamentos extras nesse experimento em Latossolo ácido de textura média, comparou-se o efeito da fonte de fósforo, superfosfato simples (aproximadamente 18% P_2O_5) e superfosfato triplo (aproximadamente 44% P_2O_5), aplicados a lanço em dose elevada (400 kg/ha de P_2O_5) e incorporados a 0,15 m sobre a produtividade do milho e propriedades químicas do perfil do solo. Em ambos os fertilizantes, o fósforo está presente na forma de fosfato monocálcico, mas o superfosfato simples contém ainda aproximadamente 55% de sulfato de cálcio ($CaSO_4 \cdot 1/2H_2O$). Para o tratamento com superfosfato simples, verificou-se enriquecimento em cálcio e redução na saturação por alumínio até a profundidade máxima amostrada de 0,45 m já após o primeiro cultivo e tendência de maior produtividade do milho.

Nos anos de 1976 e 1977, foram realizadas amostragens e caracterizações químicas do solo até profundidades abaixo de 1,0 m em dois experimentos de adubação fosfatada estabelecidos em 1972 e 1974 em Latossolo distrófico argiloso, em que eram estudados modos de aplicação e doses de fósforo na forma de superfosfato simples para o milho e fontes e doses de fósforo para a *Brachiaria decumbens*. Foram verificadas profundas alterações nas propriedades químicas até a profundidade de 0,75 m para tratamentos com doses elevadas de superfosfato simples (>1 t/ha de P_2O_5), propiciando maiores teores de cálcio + magnésio trocáveis e significativa redução na saturação por alumínio, além de aumentos no pH e redução no teor de alumínio trocável. Embora o sulfato de cálcio seja um sal neutro,

reações de adsorção (retenção) do sulfato nas camadas subsuperficiais desses solos altamente intemperizados podem explicar esse aumento no pH e consequente redução no teor de alumínio trocável comumente verificados.

Contudo, o efeito prático do uso do gesso como corretivo ou “melhorador” das condições químicas das camadas subsuperficiais foi evidenciado a partir de observações de campo durante a estação chuvosa 1976/1977 em experimentos de adubação fosfatada de milho em Latossolos distróficos argilosos na Embrapa Cerrados. Nesse ano agrícola, houve a ocorrência de veranico de praticamente 40 dias entre o início de fevereiro e meados de março de 1977 na fase de enchimento de grãos da cultura. Verificou-se que o milho, nos experimentos ou nas parcelas em que haviam sido adubados nos anos anteriores com superfosfato simples em doses elevadas, mostravam sintomas de estresse hídrico (folhas murchas ou enroladas) bem menos evidentes em relação às plantas adubadas com superfosfato triplo. Trincheiras foram abertas, sendo observada maior presença de raízes em profundidade nas parcelas adubadas com superfosfato simples. Esses experimentos tiveram o solo amostrado até a profundidade de 1,2 m e o conteúdo de água analisado após 32 dias do veranico. Verificou-se menor umidade nas camadas mais profundas associada a maior presença de raízes em resposta às aplicações anteriores de superfosfato simples, evidenciando maior utilização pelas plantas da água retida nessas camadas propiciada pela melhoria nas suas propriedades químicas. Observações semelhantes com relação aos efeitos do superfosfato simples na distribuição de raízes e utilização de água do perfil do solo foram novamente realizadas nesses experimentos com milho no início de fevereiro do ano subsequente (1978), após 14 dias de veranico.

Em condições de maior controle, com experimentos em laboratório realizados em 1977, utilizando-se colunas de perfis reconstruídos de solo, foram avaliados os efeitos do superfosfato simples e de outras fontes de cálcio aplicados na camada superficial de 0,15 m sobre as propriedades químicas das camadas subsuperficiais, após percolação de 1.200 mm a 1.500 mm de água simulando-se no período de 15 dias a um mês a precipitação acumulada de um ano agrícola. Confirmou-se o efeito do gesso, aplicado puro ou

na forma de superfosfato simples, aumentando significativamente os teores de cálcio até a profundidade de 0,75 m nas doses utilizadas. O mesmo não ocorreu quando foi aplicado o carbonato de cálcio em doses equivalentes de cálcio cujo efeito foi praticamente restrito à camada superficial de 0,15 m em que este foi incorporado. Na forma de cloreto de cálcio, por outro lado, o cálcio distribuiu-se até abaixo de 1,5 m, com menor enriquecimento das camadas acima de 0,75 m em que se concentraria a maior parte do sistema radicular das culturas anuais. Diferentes reações dos ânions carbonato, sulfato e cloreto nesses Latossolos explicam esses resultados, mostrando-se que apenas o sulfato de cálcio poderia promover melhoria rápida (já no ano de aplicação) e ao mesmo tempo duradoura com relação às propriedades químicas das camadas subsuperficiais.

Em 1978, iniciou-se, na Embrapa Cerrados, experimentação de campo em Latossolo argiloso tendo como variáveis doses e modos de aplicação de gesso ao invés do superfosfato simples, buscando-se critérios agronômicos para sua recomendação. Mostrou-se que, aos 15 meses (dois períodos chuvosos) após a aplicação, a dose de 5 t/ha de gesso para construção civil ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$, 22% S), aplicada a lanço e incorporada em área total, propiciou aumentos nos teores de cálcio + magnésio no perfil do solo até pouco abaixo de 1,0 m. Mostrou-se ainda a baixa movimentação lateral do cálcio no perfil do solo quando o gesso foi aplicado de forma localizada na linha de semeadura do milho, na dose de 2,5 t/ha. Nesse tratamento, na posição vertical da linha de semeadura, os teores de Ca+Mg nas camadas subsuperficiais foram superiores aos verificados com a dose de 5 t/ha aplicada em área total, enquanto a amostragem de solo realizada no centro da entrelinha do milho nesse tratamento, com aplicação localizada de gesso, revelou baixos teores de Ca+Mg, semelhantes em todo o perfil aos do tratamento testemunha (sem gesso). Milho irrigado foi cultivado na estação seca de 1980 e, induzindo-se períodos de déficit hídrico com a suspensão da irrigação, reproduziu-se, nesse experimento, o que havia sido observado anteriormente por ocasião de veranicos comparando-se experimentos adubados com superfosfato simples e outras fontes de fósforo, ou seja, severos sintomas do estresse hídrico (enrolamento e murchamento das folhas) na

ausência de gesso e a maioria das plantas com aspecto normal na presença do gesso (Figura 1). A produtividade do milho na ausência do gesso foi 30% inferior em relação ao tratamento com 5 t/ha de gesso.



Figura 1. Aspecto das plantas de milho irrigado (híbrido Cargill 111), cultivado na estação seca de 1980 aos 27 dias após a suspensão da irrigação nos tratamentos sem gesso (à esquerda) e com 5 t/ha de gesso (à direita) aplicado 18 meses antes.

Fonte: J. E. da Silva e K. D. Ritchey (1988).

Nessa linha de pesquisa em diagnose e correção da acidez subsuperficial, desenvolveu-se, a partir do final da década de 1970, um teste biológico com amostras de solo que permitiu a identificação do grau de limitação da toxidez de alumínio e da deficiência de cálcio no perfil do solo com relação ao crescimento de raízes e também a identificação de genótipos tolerantes a esses fatores. O teste é baseado no cultivo de espécies anuais por alguns dias, a partir de sementes pré-germinadas, em copos plásticos com amostras de solo tratadas e não tratadas com carbonato e outras fontes de cálcio, medindo-se com régua o comprimento da raiz principal das plântulas. Nesse curto período, os nutrientes necessários ao crescimento inicial das raízes

são supridos a partir da reserva das sementes, com exceção do cálcio, que deve estar presente no solo no ponto de crescimento da raiz, pois sua translocação descendente (da semente ou parte aérea para as raízes) é negligível para as espécies em geral.

No desenvolvimento do teste, utilizaram-se amostras de Latossolos distróficos (baixo teor de cálcio e alto teor e saturação por alumínio em todo o perfil) e Latossolos ácricos (baixo teor de cálcio em todo o perfil, mas presença significativa de alumínio trocável apenas nas camadas superficiais, acima de 0,5 m), doses de carbonato de cálcio (baixa para o suprimento de cálcio e alta para neutralização do alumínio trocável), gesso e outros sais de cálcio (que mostraram-se equivalentes no suprimento deste nutriente), e genótipos de trigo e outras espécies reconhecidamente sensíveis ou tolerantes ao alumínio. Mostrou-se pela primeira vez que, além da toxidez por alumínio, os baixos teores de cálcio nas camadas subsuperficiais desses solos virgens ou com históricos de cultivo recentes são restritivos ao crescimento radicular. Esses teores de cálcio são tão baixos que não eram detectados com exatidão na análise química do solo pelo método de complexometria com EDTA (titulação) padrão da época, não permitindo no início do desenvolvimento desse teste biológico adequada identificação de solos responsivos ou não à aplicação de cálcio. Foi necessária a utilização da espectrometria de absorção atômica para a quantificação desses baixos teores, permitindo então a identificação da deficiência de cálcio e dos teores requeridos para o pleno crescimento radicular, por volta de apenas $0,15 \text{ cmol/dm}^3$ de solo para as culturas em geral.

Vários experimentos baseados no teste biológico foram realizados até meados da década de 1980, tendo sido estudadas as principais culturas anuais, forrageiras como o capim-andropogon e a leucena e leguminosas adubos-verde. Solos de diferentes classes sob vegetação nativa ou cultivados foram testados com relação à magnitude das restrições químicas ao crescimento de raízes ao longo dos perfis. Mostrou-se a grande variabilidade entre espécies e genótipos de uma mesma espécie com relação à tolerância ao alumínio. As diferenças observadas com relação ao sorgo

mostraram-se consistentes com relação aos resultados de experimentos de campo em que o desempenho agrônômico de genótipos dessa espécie foram avaliados em diferentes níveis de calagem, validando o teste biológico. Com relação à deficiência de cálcio, todas as espécies e genótipos estudados mostraram-se muito sensíveis. Esses estudos contribuíram para a definição dos níveis mínimos de cálcio e máximos de saturação por alumínio no solo para o adequado crescimento radicular dessas espécies.

Novas observações de campo e coleta de informações com relação aos efeitos do gesso associado ao superfosfato simples e do tempo de cultivo na melhoria do perfil do solo foram realizadas por ocasião do longo veranico de fevereiro/março de 1981, na região do Distrito Federal, agora com a cultura da soja em Latossolos ácricos de texturas argilosa ou muito argilosa. Comparando-se dois experimentos na Embrapa Cerrados com diferentes idades e históricos de adubação fosfatada, as plantas mostravam-se túrgidas no experimento mais antigo e com maior dose aplicada acumulada de superfosfato simples ao longo dos anos e murchas no experimento de primeiro ano com menor dose desse fertilizante. Isso foi também observado em duas lavouras de soja da mesma variedade (cv. Cristalina) pelo Sr. Luiz Souza Lima, produtor pioneiro na região e colaborador da Embrapa Cerrados que desenvolvia pesquisas em seleção de variedades e outros temas em sua propriedade (Fazenda Vereda, Cristalina, GO). Sua lavoura adubada com superfosfato simples por 5 anos mostrava-se túrgida enquanto a lavoura contígua adubada com superfosfato triplo por 2 anos, em propriedade do Programa de Assentamento Dirigido do Distrito Federal (PAD-DF), apresentava murchamento acentuado. A produtividade foi maior na lavoura de quinto ano. Trincheiras foram abertas e amostras dos perfis de solo coletadas nessas parcelas experimentais na Embrapa Cerrados e nas duas lavouras após 24 e 30 dias de veranico, respectivamente. Nas amostras do experimento mais antigo, verificou-se menor umidade nas camadas mais profundas, evidenciando maior utilização de água pela cultura em relação ao experimento mais recente. O teste biológico realizado com as amostras de solo dos experimentos e das lavouras evidenciou menor restrição ao crescimento radicular nas camadas subsuperficiais das áreas de cultivo mais antigas em relação

às mais novas, associada a maiores teores de cálcio nas primeiras, adubadas com superfosfato simples.

Novos experimentos com culturas anuais tendo dose de gesso como variável foram estabelecidos na década de 1980 em Latossolo distrófico argiloso e Latossolo ácrico muito argiloso na Embrapa Cerrados e em Latossolo distrófico argiloso em propriedade agrícola do projeto de colonização Entre Ribeiros (Prodecer I) em Paracatu, MG. O primeiro e mais importante experimento foi implantado em 1982, tendo como tratamentos quatro doses de gesso argamassa variando de 0 t/ha a 6 t/ha aplicado no primeiro ano. Diversas espécies anuais foram cultivadas nas estações chuvosa e seca com irrigação, simulando-se veranicos na estação seca com a suspensão da irrigação em fases críticas das culturas em tratamentos extras com as doses de 0 t/ha e 6 t/ha de gesso. Nos primeiros anos, todos os cultivos foram adubados com pequena dose de enxofre, suficiente para suprir plenamente este nutriente às culturas, mas não para correção da acidez subsuperficial. Mostrou-se que a lixiviação do gesso (íons sulfato e cálcio) é inicialmente rápida, melhorando as condições químicas das camadas subsuperficiais já no primeiro ano. A profundidade de ação do gesso mostrou-se proporcional à dose aplicada, ou seja, maior profundidade de correção é obtida com o aumento da dose. As doses atualmente recomendadas de gesso propiciam a quase saturação da capacidade de retenção de sulfato do perfil do solo até pelo menos 0,6 m a 0,8 m, tornando-se lenta a subsequente movimentação para as camadas inferiores. Isso explica o longo efeito residual verificado nesse experimento com relação ao aumento no teor de cálcio e redução na saturação por alumínio nessa zona de ação do gesso, que concentra parte significativa do sistema radicular das culturas, proporcionando ganhos de produtividade registrados até 1996/1997 (15º ano após a aplicação do gesso, última avaliação do experimento). Milho e trigo foram as culturas mais responsivas ao gesso nesse experimento, na presença e também na ausência de veranicos, o que foi explicado pelo maior crescimento radicular em profundidade. Isso resultou em maior utilização pelas plantas da água retida nas camadas subsuperficiais, maior absorção de nitrogênio na forma

de nitrato no perfil do solo (lixiviado da camada arável) e maior absorção também dos demais macronutrientes.

Os resultados da experimentação de campo realizada pela Embrapa Cerrados desde o final da década de 1970, principalmente em Latossolos argilosos, mostraram as relações entre ganhos de produtividade de culturas anuais e profundidade melhorada do perfil do solo com relação aos teores de cálcio e saturação por alumínio em resposta às doses crescentes de gesso. Essas relações foram estabelecidas também para alguns experimentos em solos de diferentes texturas realizados por outras instituições de pesquisa atuando na região, entre elas a Empresa de Pesquisa Agropecuária da Bahia (EPABA) com colaboração da Embrapa Cerrados.

Esta base de conhecimentos gerada a partir da experimentação de campo e estudos com o teste biológico e outros em laboratório permitiu a elaboração de recomendações para o uso do gesso na correção da acidez subsuperficial dos solos do Cerrado cuja versão final foi proposta em 1992. Esta tecnologia consiste de critérios para diagnose da necessidade ou não da aplicação de gesso e definição da sua dose para culturas anuais e perenes (também pesquisadas na Embrapa Cerrados). Com base nos teores de cálcio e na saturação por alumínio de amostras das camadas subsuperficiais, o solo é classificado com relação à expectativa de resposta ao gesso (alta, média e baixa). Alternativamente, foi proposta uma simplificação do teste biológico para diagnose da necessidade de gesso que pode ser conduzido na propriedade agrícola, com as sementes pré-germinadas da cultura de interesse crescendo por alguns dias em copos plásticos com amostras de solo das camadas subsuperficiais tratadas e não tratadas com uma colher de café de gesso, medindo-se o comprimento da raiz principal.

Tendo sido diagnosticada a necessidade de aplicação de gesso, a dose recomendada para correção do perfil de solo até pelo menos 0,60 m para culturas anuais e 0,80 m para culturas perenes é calculada em função do teor de argila das camadas subsuperficiais. Essa recomendação tem como base a estreita relação linear existente entre a capacidade de retenção (adsorção) de sulfato nessas camadas e o seu teor de argila, relação esta pre-

viamente determinada por estudo de laboratório com amostras de perfis de solos do Cerrado de diferentes texturas. Baseia-se também na constatação de que a capacidade de retenção de sulfato controla a extensão da sua lixiviação e conseqüentemente do cálcio e outros cátions acompanhantes retidos no perfil do solo aproximadamente na mesma proporção estequiométrica. Nas doses recomendadas para culturas anuais, que variam de menos de 0,8 t/ha a mais de 3,0 t/ha para solos de textura arenosa e muito argilosa, respectivamente, a (indesejável) lixiviação de magnésio e potássio da camada arável, que ocorre basicamente apenas no ano da aplicação do gesso, mostrou-se em geral pouco significativa, sem implicações na produtividade das culturas em solos com acidez da camada arável corrigida com calcário dolomítico.

Além de ganhos de produtividade de culturas anuais e perenes a ampla adoção desta tecnologia, principalmente a partir dos anos 2000, permitiu dar um destino ao “gesso agrícola” ou “fosfogesso” ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), subproduto da fabricação do ácido fosfórico na indústria de fertilizantes fosfatados que antes se acumulava em grandes pilhas, praticamente sem outro uso, nas unidades produtoras de Uberaba, MG e Catalão, GO na região do Cerrado. Jazidas do mineral gipsita ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), nos estados de Pernambuco e Maranhão, antes exploradas basicamente como matéria prima do gesso para construção civil, passaram também a produzi-lo para uso agrícola suprindo regiões do Tocantins, Pará, Bahia, Piauí e Maranhão no bioma Cerrado, podendo ser utilizado inclusive em sistemas de produção orgânica.

Correção da acidez para pastagens e culturas perenes

A pesquisa em produção animal na Embrapa Cerrados (pecuária de corte ou de duplo propósito) teve como uma das prioridades desde seu início o manejo da fertilidade do solo para pastagens cultivadas em sistemas extensivos e semi-intensivos de exploração. Além de estudos exploratórios em casa de vegetação, vários experimentos de campo foram realizados na unidade avaliando-se a produtividade e qualidade de gramíneas e legumi-

nasas forrageiras em plantio solteiro ou consorciado em resposta a níveis de calagem, visando a correção da acidez e/ou ao suprimento de cálcio e magnésio. Em muitos desses experimentos, com duração de 1 ano até mais de 10 anos, em regime de corte da forragem, com remoção das parcelas experimentais (sem animais), as respostas às doses de calcário foram avaliadas em combinação com doses de fósforo no estabelecimento. Foram realizados também experimentos sob pastejo, avaliando-se as forrageiras e o desempenho animal. Muitos destes estudos realizados até meados da década de 1990 contaram com a colaboração de consultores internacionais do Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), então lotados na Embrapa Cerrados.

As gramíneas estudadas foram: *Andropogon gayanus*, *Brachiaria humidicola*, *Setaria anceps*, *Melinis minutiflora*, diferentes genótipos ou cultivares de *Brachiaria decumbens*, *B. brizantha*, *Panicum maximum* e diferentes espécies do gênero *Paspalum*. As leguminosas estudadas foram: *Zornia brasiliensis*, *Macroptilium atropurpureum* (siratro), *Arachis pintoii*, *Medicago sativa* (alfafa), *Stylosanthes capitata*, *S. macrocephala*, *Glycine wightii* (soja perene), diferentes genótipos de *Calopogonium mucunoides* e *Stylosanthes guianensis*, bem como espécies e híbridos do gênero *Centrosema*. Genótipos e híbridos de *Leucaena leucocephala* e *L. diversifolia* (leguminosas forrageiras arbóreas) foram também estudados em experimentos em solução nutritiva com diferentes concentrações de alumínio, além de experimentos em vasos e em campo com diferentes níveis de calagem. Com base nesses estudos, concluiu-se que as principais gramíneas e leguminosas forrageiras introduzidas ou selecionadas na região são mais tolerantes à acidez do solo (toxidez de alumínio) em relação às principais culturas anuais, portanto menos exigentes e responsivas à calagem. Assim, doses pequenas de calcário, suprimindo cálcio e magnésio, são suficientes para otimizar a produtividade de várias dessas espécies.

Os efeitos da calagem (e da adubação fosfatada) para uma pastagem nativa (sem a remoção completa da vegetação nativa do Cerrado) enriquecida com capim-gordura (*Melinis minutiflora*) e leguminosas foram estudados

em experimento estabelecido na Embrapa Cerrados já em 1973, conduzido por vários anos. Verificou-se pouca influência do calcário incorporado ou não ao solo por ocasião da semeadura das espécies introduzidas na produtividade de matéria seca da pastagem, embora sua aplicação tenha favorecido a presença das leguminosas galáxia (*Galactia striata*) e soja-perene (*Glycine wightii*) nos primeiros anos.

A tolerância à acidez das principais espécies forrageiras mostrou-se também determinante com relação às respostas à aplicação de gesso na presença de calagem. Resultados experimentais em Latossolo ácido mostraram que ganhos de produtividade da *Brachiaria decumbens* e *B. brizantha* (cv. Marandu) restringiram-se às doses relativamente pequenas de gesso, basicamente como fonte de enxofre. Por outro lado, a leguminosa *Leucaena leucocephala* (cv. Cunningham) respondeu até doses elevadas de gesso requeridas para correção da acidez subsuperficial, com aumento na produtividade de forragem e melhor distribuição de raízes em profundidade na presença do gesso. Estudos anteriores e posteriores mostraram a grande sensibilidade à deficiência de cálcio dessa espécie, mais importante em relação à toxidez de alumínio. *Panicum maximum* e *Stylosanthes guianensis* (cv. Mineirão) foram também avaliados em experimentos com relação às respostas ao gesso.

Experimentos sob pastejo tendo diferentes doses de calcário e/ou gesso como tratamentos foram instalados na Embrapa Cerrados a partir do final da década de 1980, tratamentos estes associados a doses de fósforo e outros nutrientes estabelecendo-se níveis contrastantes de fertilidade no estabelecimento da pastagem, não permitindo isolar os efeitos de cada fator. Foram estudadas pastagens de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, *B. brizantha* cv. Marandú, *Andropogon gayuanus* cv. Planaltina, *Panicum maximum* cv. Vencedor e *P. maximum* cv. Centenário, todas consorciadas com coquetel de espécies de leguminosas. Em outro experimento instalado em 1991, ainda em andamento, níveis de fertilidade são estudados para pastagem contínua ou no Sistema de Integração Lavoura-Pecuária (ILP). São

avaliados produtividade de forragem, participação das leguminosas e desempenho animal (ganho de peso e produtividade de carne por hectare).

Este amplo trabalho experimental realizado na Embrapa Cerrados permitiu o estabelecimento de recomendações de correção da acidez para gramináceas e leguminosas forrageiras. As espécies e cultivares foram classificadas como pouco exigentes, exigentes ou muito exigentes quanto à fertilidade do solo, com saturações por bases crescentes recomendadas na calagem. Gesso como corretivo da acidez subsuperficial é recomendado apenas para forrageiras exigentes ou muito exigentes. Contudo, com a crescente adoção de sistemas integrados de produção como o ILP, no qual se estabelece a rotação de lavouras e pastagem buscando-se principalmente a restauração da produtividade da última, a correção da acidez passa a contemplar também o nível de exigência das culturas anuais, em geral superior.

Culturas perenes foram menos estudadas na Embrapa Cerrados quanto à correção da acidez do solo e adubação em relação às culturas anuais e espécies forrageiras. Foram realizados estudos de nutrição de espécies arbóreas nativas em vasos e experimentos buscando condições ótimas de substrato para produção de mudas de *Eucalyptus grandis* e algumas frutíferas nativas e exóticas. Em experimentos de campo, foram estudadas as respostas à calagem e adubação do cafeeiro, do pequiheiro (*Caryocar brasiliense*), do pequiheiro-anão (*Caryocar brasiliense* subsp. *intermedium*) e da mangabeira (*Hancornia speciosa*), e das espécies madeireiras nativas carvoeiro (*Sclerolobium paniculatum*) e angico (*Anadenanthera colubrina*), este último experimento em área da Fundação Zoobotânica do Distrito Federal. Foram pequenas as respostas à calagem dessas espécies nativas. Aspectos da ciclagem de nutrientes foram estudados em experimentos em que foram avaliados genótipos (procedências) de *Eucalyptus camaldulensis* e de *E. cloeziana*, adubados apenas no plantio com pequenas doses de calcário e fertilizantes na cova. Amostrando-se o perfil do solo no centro das entrelinhas no 18º ano dos experimentos verificou-se em geral o enriquecimento das camadas superficiais em Mg, K e, em alguns casos, em Ca e matéria orgânica, o mesmo não ocorrendo com relação ao pH e ao fósforo.

Destacam-se os resultados obtidos na experimentação de campo com o uso do gesso em doses elevadas como corretivo da acidez subsuperficial para o cafeeiro e a mangueira, propiciando significativos aumentos de produtividade e ainda significativa redução do “colapso da polpa” dos frutos da mangueira, distúrbio fisiológico associado à deficiência de cálcio que deprime a qualidade do fruto.

Pesquisas recentes em acidez do solo e sua correção

Nos últimos 8 a 12 anos, a pesquisa sobre acidez do solo na Embrapa Cerrados passou a contemplar outras culturas ou sistemas de cultivo, como o algodoeiro, o milho “safrinha”, a cana-de-açúcar e o pinhão-manso. Significativos ganhos de produtividade do algodoeiro e milho safrinha em resposta ao gesso como corretivo da acidez subsuperficial foram verificados em Latossolo distrófico argiloso, confirmando os critérios estabelecidos anteriormente para culturas anuais com relação à diagnose da necessidade de gesso com base em análise química de amostra do subsolo e ao cálculo da sua dose ótima em função do teor de argila.

Confirmou-se a maior tolerância à acidez e menor resposta da cana-de-açúcar à calagem em relação às culturas anuais em geral. Contudo, estudos em andamento visando adaptar para esta cultura o teste biológico desenvolvido anteriormente para culturas propagadas por sementes para avaliação da tolerância à toxidez de alumínio e deficiência de cálcio, mostraram diferenças varietais. Aumentos de produtividade da cana-de-açúcar em resposta ao gesso foram também obtidos num experimento em andamento na Embrapa Cerrados, cuja dose recomendada para culturas perenes com base no teor de argila, aplicada no primeiro ano, é a que tem proporcionado produtividades máximas ou próximas a esta ao longo de 8 anos. O maior crescimento em profundidade de raízes da cana-de-açúcar em resposta ao gesso, avaliado utilizando-se diferentes técnicas, explica também o aumento no teor de matéria orgânica do solo verificado nas camadas subsuperficiais, mostrando a contribuição da tecnologia do uso do gesso no sequestro

de carbono. Com base nos resultados destes experimentos com cana-de-açúcar, outras experiências e informações da literatura, recomendações preliminares para a correção da acidez superficial e subsuperficial dos solos foram propostas para a cana-de-açúcar no Cerrado.

Outros experimentos de correção da acidez do solo para a cana-de-açúcar encontram-se em andamento em áreas de expansão da cultura após Cerrado ou pastagem e áreas de reforma do canavial em usinas de Goiás e Minas Gerais, em Latossolos ácidos de diferentes texturas, distróficos ou ácricos. Na presença de calagem, as respostas da cultura ao gesso têm sido inconsistentes, mostrando a necessidade de novos estudos para o aperfeiçoamento das recomendações. Verificou-se ainda a possibilidade do uso exclusivo do gesso (sem calagem) na correção das restrições associadas à acidez superficial e subsuperficial dos solos para a cana-de-açúcar, propiciando em doses elevadas (acima das recomendadas para correção da acidez subsuperficial) produtividades nos primeiros cortes equivalentes às obtidas com as doses atualmente recomendadas de calcário e gesso. Em outro experimento em andamento, em que são estudados métodos de aplicação de corretivos e preparo do solo, mostra-se promissor o plantio direto de cana-de-açúcar (linha de pesquisa da Embrapa Cerrados), sem perda de produtividade pela aplicação superficial sem incorporação de calcário e gesso em solo ácido.

Nova tecnologia para correção da acidez subsuperficial dos solos encontra-se ainda em desenvolvimento na Embrapa Cerrados, baseada na aplicação de calcário e enxofre elementar (S^0) em relação estequiométrica, cujos produtos de reação no solo são equivalentes aos do gesso. A importância das condições químicas do subsolo tem sido recentemente ainda mais enfatizada, com base nas caracterizações dos perfis de solo de lavouras campeãs de produtividade de soja no Centro-Oeste e em outras regiões do país, que mostram ausência de alumínio trocável e teores elevados de cálcio até abaixo de 1,0 m.

Estudos de nutrição de espécies arbóreas nativas do Cerrado com relação aos seus mecanismos de tolerância ao alumínio foram realizados na

Embrapa Cerrados na última década, com espécies que absorvem ou excluem o alumínio. Confirmou-se o padrão de hiperacumulação de alumínio de algumas destas espécies, destacando-se a família *Vochysiaceae*. Estudos sobre translocação e compartimentalização do alumínio na planta utilizando-se diferentes técnicas mostraram pela primeira vez o seu acúmulo nos cloroplastos de algumas destas espécies, sem aparente dano a esta organela e ao processo de fotossíntese. O papel fisiológico do alumínio nestas espécies hiperacumuladoras, com relação ao aparente efeito estimulante verificado no desenvolvimento da parte aérea de *Vochisia pyramidalis* crescendo em solução nutritiva, está ainda por ser elucidado.

Adubação fosfatada

Na ocasião da criação da Embrapa Cerrados já era bem conhecida a extrema deficiência de fósforo (P) dos solos do Cerrado, e que a adubação fosfatada era essencial para a sua exploração agrícola. Isto foi bem demonstrado em experimentos com soja e milho realizados em meados da década de 1960 na Estação Experimental de Brasília do IPEACO e em outras áreas no Distrito Federal (Colégio Agrícola de Brasília e fazendas do Torto, Tamanduá e Vargem Bonita da Secretaria de Agricultura do DF). Estes estudos foram realizados em colaboração com o Instituto de Pesquisas IRI em projeto do programa “Aliança para o Progresso” (USAID). As produtividades de grãos foram nulas ou muito baixas na ausência de adubação fosfatada, mostrando-se também que eram necessárias altas doses de fertilizante fosfatado para atingirem-se boas produtividades nestes Latossolos argilosos. A viabilidade econômica da correção da fertilidade destes solos com a aplicação de fertilizantes era questionada, mesmo com as excelentes produtividades atingidas para os padrões da época, até 3,1 t/ha de soja e 6,4 t/ha de milho, prenúncio do potencial agrícola destas terras do Cerrado.

Assim, na ocasião da criação da Embrapa Cerrados a adubação fosfatada, ao lado da correção da acidez, foram os principais temas estudados do manejo da fertilidade dos solos. Experimentos com culturas anuais e

Brachiaria spp. foram estabelecidos na unidade nesta época, alguns em colaboração com a Universidade da Carolina do Norte (EUA), como temas de pesquisa de doutoramento de seus estudantes. Nestes experimentos estudaram-se diferentes aspectos do manejo da adubação fosfatada no que se referem a doses de P, diagnose da sua disponibilidade através da análise química do solo, fontes alternativas e modos e aplicação dos fertilizantes. Tornaram-se experimentos de longa duração, sendo continuados pela equipe de pesquisa da Embrapa Cerrados por 14 a 21 anos, proporcionando importantes resultados sobre o manejo da adubação fosfatada.

Novos estudos de adubação fosfatada foram realizados na Embrapa Cerrados e em propriedades agrícolas desde então, contemplando os mesmos e outros temas e/ou culturas, diferentes solos, novos sistemas de cultivo e novas fontes de fósforo. A severa deficiência deste nutriente nestes solos está bem exemplificada na Figura 2.

Manejo da adubação fosfatada para culturas anuais

Importantes resultados de pesquisa foram gerados nos primeiros anos da Embrapa Cerrados a partir de cinco experimentos de adubação fosfatada para culturas anuais realizados na unidade nesta época, todos em Latossolos argilosos ou muito argilosos não cultivados anteriormente, conduzidos por mais de 10 anos. Todos estes experimentos tinham como tratamentos principais cinco ou seis doses de superfosfato granulado aplicado em área total com incorporação apenas no primeiro ano, variando de zero até 800 kg/ha a 2.000 kg/ha de P_2O_5 . Estas altas doses tinham como objetivo criar solos com ampla faixa de disponibilidade de P, condição ainda praticamente inexistente nos solos agrícolas da região naquela ocasião, mas necessária ao estudo de “calibração” da análise química de P para os solos do Cerrado. Foi uma estratégia diferente em relação à metodologia clássica de calibração de métodos de análise de solo, adotada em regiões de agricultura mais antiga no país como os estados de São Paulo e Rio Grande do Sul, cuja experimentação foi realizada em solos agrícolas com diferentes históri-

cos de adubação também resultando em ampla variação na disponibilidade do nutriente estudado.

Em quatro destes experimentos estes tratamentos de aplicação de P em área total foram combinados com três a quatro doses do mesmo fertilizante aplicado anualmente na linha de semeadura já no primeiro ou a partir do segundo ano, variando de zero até 100 kg/ha/ano a 320 kg/ha/ano de P_2O_5 . Outros dois experimentos com tratamentos similares foram instalados em Mato Grosso na mesma época, em Latossolos de textura média e muito argilosa em Rondonópolis e Diamantino, respectivamente, conduzidos por apenas um ano.



Foto: Thomaz A. Rein

Figura 2. Aspecto do desenvolvimento da soja em um experimento de manejo da adubação fosfatada para a rotação soja/milho em Latossolo Vermelho distrófico argiloso em andamento na Embrapa Cerrados, mostrando parcelas adubadas e não adubadas com fósforo.

Os experimentos na Embrapa Cerrados mostraram que doses superiores a 600 kg/ha de P_2O_5 eram requeridas para produtividades máximas de soja e outras culturas no primeiro ano, e por volta de 200 kg/ha a 300 kg/ha para atingir 80% da produtividade máxima. Mostrou-se o longo efeito

residual das doses aplicadas em área total no primeiro ano, sendo as maiores ($>1.000 \text{ kg/ha}$ de P_2O_5) garantindo produtividades próximas às máximas sem reaplicações por quase 10 anos, nas condições de preparo anual do solo com aração e gradagem. Verificou-se que para doses abaixo de 100 kg/ha de P_2O_5 maiores produtividades eram obtidas com a aplicação na linha de semeadura, enquanto para doses superiores a esta a aplicação em área total com incorporação mostrou-se mais eficaz. No estudo de calibração de métodos de análise química de P para os Latossolos argilosos, relacionando-se as produtividades relativas de soja e os teores de P nos solos destes experimentos amostrados e analisados anualmente, mostrou-se que o teor requerido pelo método Mehlich-1 (adotado até hoje na região) para produtividade de 80% da máxima era de aproximadamente 9 mg/dm^3 . Este “nível crítico” foi também determinado para os extratores Bray-1 e Olsen, e resina de troca aniônica em apenas um dos experimentos.

Com base nos resultados destes experimentos estabeleceram-se preliminarmente para Latossolos argilosos combinações econômicas de doses de fósforo nas aplicações em área total e na linha de semeadura, aplicando-se os conceitos de “adubação corretiva” em área total no primeiro ano para viabilizar a rápida construção da fertilidade do solo, complementada anualmente com a “adubação de manutenção” na linha de semeadura para manter ou elevar o potencial produtivo. Foi proposto o conceito de adubação “corretiva gradual”, quando os recursos do produtor para investimento na correção do solo são insuficientes para a adubação corretiva plena. Indicam-se então doses inferiores a esta, mas superiores às doses de manutenção, aplicadas durante aproximadamente quatro cultivos, elevando-se gradualmente a disponibilidade de P e o potencial produtivo do solo.

Recomendações preliminares de adubação fosfatada e outros aspectos do manejo da fertilidade dos solos geradas a partir desta experimentação clássica de campo em pequenas parcelas com três ou mais repetições em delineamento de blocos casualizados e outros, com as aplicações de corretivos e fertilizantes e outras operações realizadas manualmente, foram validados em grandes parcelas com duas repetições na própria Embrapa Cerra-

dos, com todas as operações mecanizadas. A estes estudos de validação de vários aspectos dos sistemas de cultivo deram-se os nomes de “experimentos centrais” ou “experimentos síntese”, propiciando “várias inferências e indicações de ordem técnica e econômica”. Estes estudos foram realizados já na década de 1970, em áreas de Latossolo Vermelho distrófico de textura argilosa e Latossolo Vermelho-Amarelo ácrico de textura muito argilosa.

Ainda na década de 1970 foram realizados experimentos de adubação fosfatada para a cultura da mandioca na Embrapa Cerrados, e do feijoeiro na Fazenda Água Limpa em colaboração com a Universidade de Brasília, estudando-se durante dois cultivos combinações de doses de P aplicado em área total e no sulco de plantio. A produtividade de raízes, amido e parte aérea da mandioca foi crescente até a dose de 400 kg/ha de P_2O_5 aplicada em área total com incorporação, mas os ganhos de produtividade foram inferiores em relação ao feijoeiro assim como ao milho e a soja no mesmo tipo de solo. O tratamento com metade desta dose em área total e metade no sulco de plantio proporcionou a maior produtividade de raízes, aproximadamente 60% superior em relação ao tratamento sem adubação fosfatada. Outros experimentos de curta duração foram conduzidos nesta época estudando-se doses de P aplicado em área total combinadas com doses de calcário para vários genótipos de soja, trigo, feijão, sorgo e arroz, em Latossolos argilosos. Estes experimentos foram realizados na Embrapa Cerrados ou em área experimental na Fazenda Vereda, em Cristalina, GO, e visavam à seleção de genótipos tolerantes à acidez e eficientes na utilização de P do solo, subsidiando programas de melhoramento genético. Contribuíram também na definição de doses ótimas de P e teores requeridos nos solos para estas culturas. Mostraram ainda a significativa interação entre a adubação fosfatada e a calagem. Em nível ótimo de calagem para estas culturas, as doses de fósforo necessárias para atingir produtividades de 80% ou 90% das máximas mostraram-se significativamente inferiores em relação às doses requeridas em níveis baixos de calagem. Este resultado mostrou mais um efeito positivo da calagem destes solos, com o calcário, insumo abundante e relativamente barato, aumentando a eficiência de utilização pelas culturas do fertilizante fosfatado, que é um insumo caro.

Foram também realizados estudos básicos em laboratório sobre aspectos do comportamento do P em solos do Cerrado, quantificando-se, pelas “isotermas de adsorção”, a capacidade de “fixação” de P de Latossolos de diferentes texturas e um Gleissolo. Mostrou-se o grande efeito da textura, sendo a capacidade de fixação do P aplicado diretamente proporcional ao teor de argila destes solos. Assim, a dose de P na adubação necessária para atingir-se um determinado teor de P na solução do solo (como um índice da sua capacidade de fixação) é diretamente relacionada ao teor de argila. Em outro estudo foram avaliados os efeitos da correção da acidez com calcário e silicato de cálcio e de adubações fosfatadas anteriores na capacidade de fixação de P de um Latossolo argiloso. Mostrou-se que os corretivos de acidez propiciaram redução ao redor de 20% na quantidade de P a ser aplicada para atingir-se determinado teor na solução do solo. As transformações do P em Latossolo ácrico muito argiloso proveniente das adubações foram estudadas em meados da década de 1990 utilizando-se o já clássico esquema de fracionamento de Hedley/Tiessen, em experimento com diferentes sistemas agrícolas. Na extração sequencial para determinação das frações inorgânicas e orgânicas de P (água, resina de troca aniônica, NaHCO_3 0,5 mol/L, NaOH 0,1 mol/L, HCl 1mol/L, HCl concentrado/quente e P residual – HClO_4), a maior parte do P aplicado remanescente no solo durante 4 anos foi encontrada na fração inorgânica NaOH 0,1 mol/L, considerada de média disponibilidade, responsável em parte pelo efeito residual da adubação fosfatada.

Embora a experimentação de campo nos primeiros anos da Embrapa Cerrados tenha gerado critérios para interpretação da análise de P no solo e recomendações de adubação fosfatada corretiva e de manutenção, estes podiam ser aplicados basicamente apenas para solos de textura argilosa. Para generalização das recomendações para outros solos foi necessário expandir a experimentação para outras regiões, o que foi possível com a atuação das empresas estaduais de pesquisa, que realizaram a partir do início da década de 1980 experimentos de adubação fosfatada similares aqueles na Embrapa Cerrados. Destaca-se o trabalho da EMPAER-MS, com três experimentos realizados no Mato Grosso do Sul em solos com diferentes teores de argila, conduzidos por vários anos com a cultura da soja. A base de dados

gerada com esta experimentação em rede permitiu já em meados dos anos 1980 a proposição de tabelas de interpretação da análise de P e recomendações de adubação para solos do Cerrado de diferentes texturas. Os níveis de suficiência pelo método Mehlich-1 para atingir-se 80% do potencial produtivo da soja mostraram-se inversamente relacionados ao teor de argila, variando de 4 mg/dm³ a 18 mg/dm³ na versão mais recente da tabela de interpretação, respectivamente para solos de textura muito argilosa a arenosa. Posteriormente, as amostras de solo armazenadas destes experimentos foram analisadas pelo método da resina de troca aniônica/catiônica para análise de P desenvolvido e já adotado no estado de São Paulo, gerando-se a “calibração” para os solos da região, confirmando-se que o nível de suficiência, ao contrário do método Mehlich-1, praticamente independe da textura.

Mostrou-se também que as doses requeridas na adubação corretiva são diretamente relacionadas ao teor de argila, variando respectivamente de 60 kg/ha a 280 kg/ha de P₂O₅ para solos arenosos e muito argilosos com muito baixa disponibilidade de P, na versão mais recente da tabela de recomendações para cultivos anuais de sequeiro. Assim, estes estudos permitiram a elaboração de tabelas de recomendação da adubação fosfatada corretiva e corretiva gradual para culturas anuais no Cerrado, cujas doses econômicas de fertilizante são baseadas nos teores de P e de argila na análise do solo. Mais recentemente foi proposta nova forma de cálculo desta adubação corretiva baseada no “poder tampão de P”, que corresponde à dose requerida para elevar em 1,0 mg/dm³ o teor de P nos solos pelos métodos Mehlich-1 ou resina, também estimado a partir do teor de argila. Este sistema de recomendação, ao contrário das tabelas com classes de textura e de disponibilidade de P, permite a recomendação de doses contínuas de fertilizante em função do teor de argila, teor atual de P no solo e teor que se pretende atingir.

Na década de 1980, foram realizados na Embrapa Cerrados experimentos de adubação em delineamento fatorial fracionado com quatro doses de P e de outros dois ou três nutrientes (N, K, Zn) ou calcário. As principais culturas estudadas foram a soja, o milho e o trigo, e estes experimentos

tiveram como objetivo a definição de doses de máximo retorno econômico das adubações em solos com diferentes níveis de fertilidade. As culturas do feijoeiro, mandioca e arroz foram novamente estudadas com relação à adubação fosfatada em experimentos realizados na unidade nas décadas de 1990 até o início dos anos 2000. O feijoeiro mostrou-se um pouco mais exigente em P em relação às culturas da soja e do milho, respondendo a doses superiores na linha de semeadura mesmo em solos com teores relativamente altos de P no solo. A mandioca e o arroz, por outro lado, mostraram-se um pouco menos exigentes em P no solo ou com relação às doses requeridas de fertilizante para máximas produtividades econômicas. Além da base experimental gerada ao longo dos anos para diversas culturas, as recomendações de adubação fosfatada de manutenção têm sido constantemente aprimoradas a partir de informações sobre novas variedades com relação aos teores e exportação de P nos grãos (e outros produtos colhidos) e particularidades dos novos sistemas de cultivo.

Com a expansão do plantio direto no Cerrado, os estudos de adubação fosfatada para culturas anuais passaram a contemplar este sistema. Três novos experimentos com soja nos primeiros anos e posteriormente a rotação soja/milho estabelecidos em Latossolos argilosos ou muito argilosos entre meados e final da década de 1990 encontram-se em andamento. Estes experimentos têm como tratamentos variáveis o preparo do solo, fontes e doses de P, modos de aplicação dos fertilizantes fosfatados e outros aspectos do seu manejo. Importantes resultados de pesquisa e tecnologias foram gerados a partir destes experimentos, restringindo-se aqui a aqueles relativos à fonte solúvel (superfosfato triplo granulado). Confirmou-se a resposta econômica à adubação fosfatada corretiva combinada com adubação anual de manutenção, propiciando significativos ganhos de produtividade durante vários anos também no sistema plantio direto.

Comparando-se os modos de aplicação do fertilizante na adubação anual de manutenção (80 kg/ha de P_2O_5), na linha de semeadura ou a lanço em área total, no sistema de preparo anual do solo com arado e grade as produtividades de soja e milho foram semelhantes, ou até um pouco su-

periores para a aplicação em área total. Por outro lado, no sistema plantio direto, para o qual não ocorre a incorporação do fertilizante aplicado a lanço em área total, as produtividades de soja foram significativamente inferiores nos primeiros anos de cultivo em relação à tradicional aplicação na linha de semeadura em solos com baixos teores iniciais de P (1 mg/dm^3 pelo método Mehlich-1). Comparações entre experimentos sugerem que a presença de maior quantidade de palha na superfície do solo, no caso aportada pelo milho utilizado como planta de cobertura de inverno já nos primeiros anos em um dos experimentos, contribui para a maior eficiência de utilização pela soja do fertilizante aplicado na superfície. Já em outro experimento iniciado em solo com teor adequado de P (9 mg/dm^3 pelo método Mehlich-1), as produtividades de soja nos três primeiros cultivos e da rotação soja/milho posterior foram sempre semelhantes com relação à adubação na linha de semeadura e em área total, atingindo-se a partir do nono cultivo produtividades ao redor de 4 t/ha e 12 t/ha, respectivamente para a soja e o milho.

Estes foram os primeiros experimentos realizados no Cerrado que mostraram a viabilidade da adubação fosfatada de manutenção a lanço em área total para culturas anuais no sistema plantio direto, sem perdas de produtividade em solos com fertilidade construída (nível de P no solo adequado ou alto). Estes resultados foram validados através de experimento conduzido por vários anos em propriedade agrícola em Rio Verde, em colaboração com o GAPES (Grupo Associado de Pesquisa do Sudoeste Goiano). Esta tecnologia passou a ser amplamente adotada em várias regiões do Cerrado, permitindo a antecipação da adubação de manutenção da soja e outras culturas realizada ainda na estação seca em operação de alto rendimento (distribuição a lanço), aumentando ainda o rendimento da operação de semeadura sem a necessidade de aplicação simultânea do fertilizante. Tornou-se particularmente importante com a expansão do cultivo do milho de segunda safra no Cerrado, para o qual a antecipação de operações para permitir maior agilidade na semeadura da soja é essencial à produtividade desta sucessão de culturas. Na adubação a lanço no sistema plantio direto, a conservação do solo é essencial, visando minimizar perdas de P por erosão ou escoamento superficial podendo poluir cursos d'água, tema que precisa

ainda ser melhor estudado no Cerrado para o uso seguro desta tecnologia objetivando a proteção do meio ambiente.

Mostrou-se nestes experimentos a grande estratificação vertical no sistema plantio direto dos teores de P no solo (total, orgânico e extraível pelos métodos Mehlich-1 e resina), maiores nas camadas acima de 5 cm, o que é uma característica deste sistema. O mesmo ocorreu com a matéria orgânica, mas o impacto na distribuição vertical do sistema radicular da soja e do milho foi menor comparando-se os sistemas sem e com preparo anual do solo. Estes experimentos mostraram ainda o suprimento de P como fator determinante dos teores de matéria orgânica nestes solos, já que a produtividade e o consequente aporte anual ao solo de biomassa (raízes e parte aérea) são determinados pela disponibilidade de P, quando os outros fatores de fertilidade são bem manejados.

Em um destes experimentos na Embrapa Cerrados, em que o sistema de preparo do solo é uma variável, as produtividades do milho e principalmente da soja adubados com 80 kg/ha/ano de P_2O_5 foram superiores no sistema plantio direto a partir do 7º até o 17º cultivos. Em outro experimento no mesmo solo iniciado já com nível adequado de P e maior adubação de manutenção (100 kg/ha/ano de P_2O_5), proporcionando certa “sobra” de P no solo, as produtividades foram sempre semelhantes comparando-se os dois sistemas preparo. Estes resultados foram interpretados como maior eficiência de utilização pelas culturas do P residual do solo no plantio direto, e atribuído à ausência de revolvimento anual preservando-se pontos de alta concentração de P ao redor dos grânulos de superfosfato no solo, e a efeitos associados aos maiores teores de matéria orgânica na camada superficial na qual o P aplicado se concentra. O maior efeito residual do P acumulado no solo no sistema plantio direto mostrou-se evidente no primeiro experimento após o 17º cultivo, quando foi suspensa a adubação fosfatada de manutenção. Embora as produtividades de milho tenham decrescido significativamente ao longo dos sete cultivos realizados até então, as diferenças relativas de produtividade entre os sistemas de preparo foram ampliadas.

Estes experimentos de longa duração na Embrapa Cerrados têm mostrado que em solos com fertilidade construída (acidez corrigida no perfil e teores adequados de P) e bem manejados em plantio direto, com sequências de culturas que propiciam elevado aporte de resíduos ao solo preservando seus teores de matéria orgânica, adubações de manutenção equivalentes ou pouco acima das quantidades exportadas nos grãos garantem taxas de desfrute sustentáveis em longo prazo de 80% a 90% do P aplicado. Estes resultados, particularmente no sistema plantio direto, desmistificam a percepção ainda corrente dos solos tropicais como grandes drenos de P e que estariam condenados à baixa eficiência de utilização pelas culturas deste nutriente aplicado nas adubações, requerendo permanentemente doses muito superiores às quantidades exportadas nos produtos colhidos para manter altas produtividades.

Manejo da adubação fosfatada para pastagens e culturas perenes

A baixa disponibilidade de P é também, em geral, o principal fator limitante de fertilidade do solo ao estabelecimento de pastagens no Cerrado, bem como à manutenção da sua produtividade e longevidade quando associada à adubação nitrogenada. Assim, a adubação fosfatada de gramíneas e leguminosas forrageiras tem sido um importante tema de pesquisa na Embrapa Cerrados. Em um experimento de longa duração iniciado em meados da década de 1970, foram estudadas as respostas da *Brachiaria decumbens* a fontes e doses de P em diferentes níveis de calagem, em Latossolo argiloso. Outro experimento de adubação fosfatada iniciado na mesma época, com culturas anuais, teve estas espécies substituídas após alguns anos por *Andropogon gayanus*. Também na mesma época, outro experimento de adubação fosfatada em Latossolo muito argiloso, inicialmente com soja, teve suas parcelas subdivididas após alguns anos e cultivadas com soja/milho e *Brachiaria humidicola*, conduzido por 21 anos. Com base nestes experimentos, concluiu-se que na fase de estabelecimento da pastagem os ganhos de produtividade de matéria seca com a adubação fosfatada são tão expressivos quanto o que se observa com as culturas anuais. Por outro lado,

com a pastagem estabelecida, os teores de P requeridos na análise química do solo para máxima produtividade de forragem são em geral inferiores em relação às culturas anuais. As mesmas tendências foram verificadas em dois experimentos mais recentes de adubação fosfatada para seis cultivares ou genótipos de *Panicum maximum*, realizados entre 2011 e 2013 na Embrapa Cerrados. Estas forrageiras se mostraram ainda mais responsivas à adubação fosfatada em relação às braquiárias e ao andropogon.

Nos experimentos iniciados na década de 1970, verificou-se ainda a excelente resposta da *B. decumbens* à aplicação superficial (sem incorporação) anual de superfosfato, propiciando ao longo de 3 anos de avaliações produtividades superiores em relação à mesma dose incorporada ao solo por ocasião do estabelecimento da pastagem, com produtividades de forragem até três vezes superior em relação ao tratamento sem adubação fosfatada. Estes experimentos foram conduzidos por mais de 10 anos, estudando-se o efeito residual das fontes e doses de P aplicadas no estabelecimento, e as respostas à adubação de manutenção nos experimentos com *B. decumbens* e *B. humidicola*. A alta eficiência de uso pela *B. decumbens* do superfosfato aplicado superficialmente na recuperação de pastagem de baixa produtividade foi também demonstrada em experimento em Latossolo argiloso realizado no final da década de 1990, em propriedade agrícola no DF (Fazenda Stracta). Na presença de adubação complementar (calcários e demais nutrientes), a aplicação a lanço de 100 kg/ha de P_2O_5 , incorporado ou não com grade, proporcionou aumentos de produtividade de matéria seca ao redor de 100% nesta pastagem estabelecida há mais de 10 anos. Em outro experimento realizado na mesma década e conduzido por 8 anos, em Latossolo de textura média, foi constatada alta resposta da *B. decumbens* à adubação fosfatada de manutenção com 30 kg/ha de P_2O_5 aplicado a cada 2 anos, mesmo quando adubada no estabelecimento com até 200 kg/ha de P_2O_5 .

Ainda nas décadas de 1970 e 1980, foram realizados na Embrapa Cerrados estudos de adubação fosfatada para várias espécies de gramíneas e leguminosas forrageiras, puras ou consociadas, a maioria com experimentos em parcelas com cortes anuais avaliando-se a produção de forragem

e alguns em parcelas maiores sob pastejo avaliando-se também o desempenho animal, além de experimentos exploratórios em casa-de-vegetação. As espécies avaliadas foram basicamente as mesmas para as quais foi estudada a correção da acidez dos solos (item 2.3), já que a maioria destes experimentos contemplava combinações de doses de calcário e doses e/ou modos de aplicação de fósforo. Para outras gramíneas dos gêneros *Cynodon* e *Digitaria*, *Brachiaria purpurascens* (capim-angola) e *Paspalum atratum* (capim-pojuca) e a leguminosa *Galactia striata*, a adubação fosfatada foi também estudada isoladamente.

Os ganhos de produtividade de forragem com a adubação fosfatada foram sempre expressivos e superiores em relação às respostas a calagem, já que a maioria destas gramíneas e leguminosas apresenta média ou alta tolerância à acidez do solo. Este fato explica também a ausência de interação entre calagem e adubação fosfatada frequentemente verificada nos experimentos com soja e outras culturas anuais, ou seja, as doses de fósforo requeridas para máximas produtividades de forragem foram pouco influenciadas pelo nível de calagem.

O modo de aplicação do fertilizante NPK foi também estudado no estabelecimento de seis espécies de gramíneas e leguminosas, sem diferenças na produtividade de matéria seca para aplicações a lanço com incorporação e no sulco abaixo ou em contato com as sementes ou mudas.

A adubação fosfatada foi estudada na formação de pastagens de gramíneas e leguminosas semeadas com arroz, com experimentos realizados em meados da década de 1970 na Embrapa Cerrados e também em Rondonópolis e Diamantino, no Mato Grosso. A abertura de áreas sob Cerrado com a cultura do arroz, utilizando-se baixas doses de calcário e fertilizante, foi um tipo de exploração comum na região até a década de 1980, buscando-se reduzir o custo de formação da pastagem subsequente por meio da produção de grãos. Foi também estudado, na Embrapa Cerrados em experimento iniciado já em 1973, o enriquecimento de pastagem nativa com a introdução do capim-gordura e leguminosas (*Stylosanthes guianensis* no primeiro ano, e coquetel de *S. guianensis*, *Galactia striata*, *Glycine wightii* e

Centrosema pubescens 2 anos após), com doses de calcário e de P, este no estabelecimento e em coberturas 2 anos após. Naquela época, a exploração extensiva como pastagens nativas era o principal uso econômico do Cerrado, com muito baixa capacidade de suporte animal (baixas taxas de lotação). Foram altos os ganhos de produtividade de forragem do capim-gordura em todos os anos e do *S. guianensis* no primeiro ano em resposta à adubação fosfatada, sendo baixa a contribuição das gramíneas nativas e insatisfatória a persistência das leguminosas nesta pastagem nativa melhorada.

O desempenho animal em termos de ganho de peso diário por animal e por hectare foi avaliado em “experimento síntese” (estudo de validação) realizado na Embrapa Cerrados em meados da década de 1970, tendo como tratamentos sequencias de cultivos para o estabelecimento de pastagem de *B. ruziziensis* consorciada com leguminosas, doses de fósforo e taxas de lotação da pastagem. Outro experimento de adubação sob pastejo foi iniciado na unidade já no final da década de 1980, tendo como tratamentos cinco gramíneas forrageiras e dois níveis contrastantes de fertilidade do solo consistindo de doses de fósforo e outros nutrientes, aplicados no estabelecimento da pastagem. As espécies estudadas foram *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, *B. brizantha* cv. Marandú, *Andropogon gayanus* cv. Planaltina, *Panicum maximum* cv. Vencedor e *P. maximum* cv. Centenário, todas consorciadas com coquetel de espécies de leguminosas. Verificaram-se ganhos de produtividade de forragem, mas redução da participação das leguminosas com o aumento do nível de fertilidade. Em outro experimento instalado em 1991, ainda em andamento, são estudados níveis de fertilidade para pastagem permanente ou no “sistema de integração lavoura-pecuária” (ILP). São avaliados nesse experimento a produtividade de forragem, a participação das leguminosas na composição da pastagem e o desempenho animal.

Destacam-se os resultados dos estudos com sistemas de rotação de culturas anuais e pastagens, que mostraram o uso eficiente pelas pastagens do fósforo residual da adubação das culturas, fazendo com que a recuperação do P na biomassa produzida e sua reciclagem seja significativamente superior nestes sistemas integrados. Isso foi demonstrado no experimento

estabelecido em meados dos anos 1970, tendo como tratamentos variáveis a adubação fosfatada e dois sistemas de culturas: anual contínuo e anual/*B. humidicola*. Os resultados deste experimento sugerem ainda aumento na disponibilidade de P do solo para as culturas anuais quando semeadas após vários anos de pastagem. No ano de transição da *B. humidicola* para a cultura mostrou-se no experimento acima que o nível crítico de P no solo (Mehlich-1) para a soja foi significativamente inferior em comparação ao sistema anual contínuo. Isto pode estar associado aos maiores teores de matéria orgânica no sistema integrado e seus efeitos nas reações do P inorgânico no solo, ou simplesmente à grande reciclagem de P proveniente da rápida mineralização desta matéria orgânica acumulada durante o ciclo da pastagem com o preparo do solo para a semeadura da soja, o que foi verificado através do monitoramento anual dos teores de matéria orgânica nestes tratamentos. Adicionalmente, a quebra do ciclo de patógenos de solo, insetos praga e nematoides nestes sistemas integrados são aspectos potencialmente positivos, principalmente para as culturas anuais. Em experimento de longa duração em andamento na Embrapa Cerrados verificou-se maior produtividade da soja cultivada em rotação com pastagem de *B. brizantha* (ILP) em relação à rotação com culturas anuais, apesar da menor quantidade de P acumulada no solo neste sistema ILP. Resposta semelhante foi verificada em estudo de validação tecnológica em propriedade agrícola no oeste baiano iniciado em 2009, com maiores produtividades da soja cultivada após milho consorciado com *B. brizantha* como planta de cobertura (sem pastejo subsequente) ou pastejada na estação seca em relação ao milho solteiro.

Nas relações de preços entre carne/leite e fertilizantes vigentes no país, pouco favoráveis aos pecuaristas, os custos de recuperação da produtividade das pastagens com a adubação nestes sistemas integrados são pagos pela receita gerada pelos grãos, propiciando elevada eficiência de uso do P e outros nutrientes aplicados na lavoura, o que faz da integração lavoura-pecuária uma alternativa sustentável de exploração agropecuária na região. Sistemas ainda mais complexos, como a integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), são também objeto de estudos em andamento na Embrapa Cerrados. Os benefícios da integração lavoura-pecuária foram validados pela

primeira vez em estudo realizado pela Embrapa Cerrados em colaboração com o CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), a partir de dados de uma propriedade agrícola em Uberlândia-MG (Fazenda Santa Terezinha), exclusivamente com exploração pecuária até meados da década de 1980. Com a adoção da rotação com milho e soja a área de pastagens foi reduzida, mas foi possível manter ou até aumentar o rebanho e a produção animal devido ao aumento nas taxas de lotação advindo da maior disponibilidade de forragem na propriedade, que passou também a produzir grãos.

Estes estudos de adubação fosfatada realizados pela Embrapa Cerrados contemplando várias espécies forrageiras, pastagens puras e consorciadas e sistemas integrados com culturas de grãos permitiram o estabelecimento de recomendações de manejo da adubação fosfatada para o estabelecimento e manutenção das pastagens na região. As espécies e cultivares de gramíneas e leguminosas forrageiras foram classificadas como pouco exigentes, exigentes e muito exigentes quanto à fertilidade do solo, com recomendações crescentes de doses de fertilizante fosfatado e teores de P na análise química do solo considerado adequado.

Culturas perenes foram também estudadas na Embrapa Cerrados com relação à adubação fosfatada. Experimentos de adubação de formação e de manutenção do cafeeiro foram estabelecidos no início da década de 1980, respectivamente na Embrapa Cerrados e em propriedade agrícola em Taguatinga (DF). No primeiro foram estudadas combinações de doses de fósforo na adubação corretiva (fosfato natural de Patos de Minas a lanço com incorporação) e na cova com superfosfato. No segundo foram estudadas doses anuais de N, P e K. Com o desenvolvimento da cafeicultura irrigada no Cerrado a adubação fosfatada deste sistema foi estudada em experimentos estabelecidos em pivô central na Embrapa Cerrados a partir do ano 2000. As doses de fósforo requeridas na adubação de manutenção foram muito além das recomendadas até então no sistema de sequeiro. Estudos de validação realizados em propriedades de Minas Gerais e da Bahia confirmaram os ganhos produtividade com altas doses de fósforo na adubação de manu-

tenção do cafeeiro. Este tema é ainda objeto de estudos em andamento na Embrapa Cerrados.

A adubação de substratos foi tema de estudos com algumas fruteiras exóticas, seringueira, eucalipto e espécies nativas do Cerrado em fase de produção de mudas. A adubação de fruteiras nativas (pequizeiro, pequizeiro-anão e mangabeira) foi também estudada em um experimento com tratamentos de correção da acidez, adubação fosfatada no plantio e adubação anual de manutenção. Em outro experimento de campo na Embrapa Cerrados foi estudada a adubação de plantio do carvoeiro (*Sclerolobium paniculatum*). Verificou-se grande resposta à aplicação conjunta de fósforo e outros nutrientes, propiciando ganhos superiores a 100% na produtividade de madeira desta espécie nativa de crescimento rápido, que foi avaliada até os 15 anos.

Eficiência agrônômica de fontes alternativas de fósforo

A Embrapa Cerrados é a instituição no Brasil que mais tem estudado a eficiência agrônômica e o manejo de fontes alternativas de fósforo, com ênfase na experimentação de campo. Parte destes estudos realizados com culturas anuais e gramíneas forrageiras nas décadas de 1970 e 1980 ocorreu no âmbito de dois grandes programas nacionais, o “Programa de Pesquisa e Desenvolvimento de Fertilizantes da FINEP” (1976-1981) e o “Convênio EMBRAPA/PETROFERTIL” (1983-1990). Estes programas visavam à busca de processos industriais para obtenção de fertilizantes a partir de matérias primas nacionais de diferentes origens, com expectativa de redução da dependência de importação de fertilizantes e de insumos para sua produção como rochas fosfáticas e enxofre elementar, este para produção de ácidos sulfúrico e fosfórico.

Assim, em experimentos de campo na Embrapa Cerrados em Latossolos argilosos e muito argilosos com culturas anuais e/ou *Brachiaria spp.* e *Andropogon gayanus* conduzidos por vários anos, foram avaliados até o final

da década de 1980: a) fosfatos naturais brasileiros finamente moídos de Patos de Minas, Araxá, Abaeté e Tapira (MG), Catalão (GO), Jacupiranga e Alvorada (SP) e Anitápolis (SC); b) fosfatos naturais importados finamente moídos de Gafsa (Tunísia), Carolina do Norte, Florida e Tennessee (EUA) e Negev (Israel); c) fosfatos naturais brasileiros parcialmente acidulados com ácidos sulfúrico, fosfórico e nítrico, bissulfato de amônio e adutos de ureia ($\text{HNO}_3 \cdot \text{CO}(\text{NH}_2)_2$ e $\text{H}_3\text{PO}_4 \cdot \text{CO}(\text{NH}_2)_2$), com a maioria destes produtos avaliada apenas em experimentos em casa-de-vegetação, e apenas alguns em campo; d) termofosfatos finamente moídos obtidos por diferentes rotas tecnológicas (termofosfato magnesiano fundido produzido pela Mitsui Fertilizantes S/A e pelo CETEC; termofosfato calcinado produzido pelo IPT/CEFERR; bauxita fosforosa de Pirocaua-MA calcinada); e) termofosfatos fundido e calcinado na forma granulada (IPT/CEFERR); f) outros fertilizantes experimentais (fosfato de ureia e fosfonitrossulfocálcio produzidos pela Ultrafertil S/A, e nitrofosfato e fertilizante organomineral à base de lodo de esgoto produzidos pelo IPT/CEFERR). A maioria dos fosfatos naturais brasileiros e todos os fosfatos parcialmente acidulados foram produzidos comercialmente ou experimentalmente pelas empresas do grupo PETROFERTIL – Petrobrás Fertilizantes S/A (Fosfertil, Goiásfertil, Arafertil e Ultrafertil) e pelo CENPES (Petrobrás S/A).

Na maioria destes experimentos os fosfatos, testados em uma ou mais doses, tinham como fonte de referência o superfosfato triplo granulado aplicado em várias doses (curva de resposta). Índices de eficiência relativa foram calculados para expressar a capacidade de suprimento de fósforo destas fontes alternativas. A maioria dos fosfatos foi testada com aplicação apenas no primeiro ano, com preparo anual do solo no caso dos experimentos com culturas anuais, avaliando-se o efeito residual nos anos subsequentes. Alguns foram avaliados como adubação de manutenção na linha de semeadura, reaplicados em cada cultivo.

Os experimentos com culturas anuais mostraram a baixa eficiência agrônômica da maioria dos fosfatos naturais brasileiros testados, aplicados em área total e incorporados ao solo no primeiro ano. Mesmo consideran-

do-se o efeito residual em médio prazo, entre 3 a 4 anos, as doses de P_2O_5 requeridas para se atingirem as mesmas produtividades em relação ao superfosfato aplicado da mesma forma foram 5 a 10 vezes maiores, com exceção do fosfato de Alvorada (SP) com eficiência superior aos demais. A baixa eficiência destes fosfatos apatíticos (fosfato de cálcio) é explicada pelas suas características mineralógicas associadas à origem geológica, apresentando baixa solubilidade em ácido cítrico e outros extratores utilizados para predição da sua “reatividade” (velocidade de dissolução) no solo. Em longo prazo, verificou-se aumento na eficiência destes fosfatos naturais, ainda assim permanecendo inferior em relação ao efeito residual do superfosfato. Por outro lado, em experimento em que o fosfato de Patos de Minas aplicado apenas no primeiro ano foi combinado com doses anuais de superfosfato aplicado na linha de plantio, verificou-se efeito sinérgico, com maior aproveitamento do fosfato natural pela soja ao longo dos anos. Mesmo com preços na época muito inferiores em relação aos fertilizantes solúveis (superfosfatos e fosfatos de amônio), de maneira geral a utilização dos fosfatos naturais brasileiros para culturas anuais não se mostrou econômica.

Assim como observado para as culturas anuais, nos experimentos com gramíneas forrageiras (*Brachiaria spp.* e *Andropogon gayanus*) verificou-se a baixa eficiência dos fosfatos de Patos de Minas e de Araxá na fase de estabelecimento (primeiro ano). Por outro lado, nos anos subsequentes a utilização pelas gramíneas estabelecidas destes fosfatos aplicados no primeiro ano foi muito superior em relação ao efeito residual verificado para as culturas anuais. No caso de um experimento com *B. purpurascens* (capim-angola) em Gleissolo Háplico ácido, o efeito do fosfato de Araxá no segundo ano foi equivalente em relação ao superfosfato.

Foi mostrado em dois experimentos de campo o efeito negativo da calagem na solubilização dos fosfatos de Patos de Minas e de Araxá e sua utilização por culturas anuais e pela *Brachiaria decumbens*, respectivamente, sendo este efeito mais prolongado para as culturas anuais. Foi também estudado o efeito da moagem mais grosseira (>0,150 mm, 100 mesh) do fosfato de Patos de Minas, que se mostrou pouco determinante com relação

à já baixa eficiência agronômica deste fosfato na forma finamente moída (<0,075 mm, 200 mesh) avaliado em experimento de campo com acultura do arroz. A moagem mais grosseira facilitaria seu manuseio e aplicação, mas levou à solubilização um pouco mais lenta no solo. Estudo em laboratório sobre a dissolução dos fosfatos de Patos de Minas e da Carolina do Norte em sete solos mostrou a maior reatividade do segundo, sendo as taxas de dissolução de ambos proporcional ao teor de argila, que esta associada à CTC e poder tampão de fósforo do solo.

Em experimento realizado em casa-de-vegetação no final da década de 1980 estudou-se o potencial das espécies de plantas de cobertura *Mucuna aterrima*, *Crotalaria juncea* e o trigo sarraceno – *Fagopyrum esculentum* com relação à capacidade de utilização de P do fosfato de Patos de Minas e sua disponibilidade para as culturas da soja e trigo subsequentes. A mucuna destacou-se como a planta mais eficiente, principalmente na utilização do P nativo do solo no tratamento testemunha sem aplicação de P. Os resultados indicam a contribuição da incorporação dos resíduos vegetais na disponibilidade de P para a cultura subsequente. Aspectos relacionados à contribuição das micorrizas na absorção de P foram estudados, considerando-se que o trigo sarraceno é uma espécie não micorrízica.

O fosfato da Carolina do Norte e outros fosfatos naturais importados avaliados neste período (décadas de 1970 e 1980), também na forma finamente moída, apresentaram eficiência agronômica muito superior em relação aos fosfatos naturais brasileiros. Isto é explicado pela maior solubilidade dos primeiros em ácido cítrico, citrato neutro de amônio e outros extratores, devido às características mineralógicas destes fosfatos de origem sedimentar marinha com alto grau de substituições isomórficas em relação à maioria dos fosfatos brasileiros, que são de origem ígnea ou metassedimentar. Destacaram-se os fosfatos de Gafsa e da Carolina do Norte, com eficiências praticamente equivalentes ao superfosfato já no primeiro ano em experimentos com culturas anuais e com a *B. decumbens*.

Um problema verificado nestes estudos sobre a utilização dos fosfatos naturais refere-se à diagnose da fertilidade do solo através da sua análise

química. O principal extrator para P utilizado na região, Mehlich-1 (H_2SO_4 0,0125 mol/L + HCl 0,05 mol/L), dissolve parcialmente o fosfato ainda não dissolvido no solo superestimando o teor de P disponível para as culturas. Este problema é tanto mais prolongado quanto menor a reatividade do fosfato, ou seja, mais lenta a sua dissolução no solo, e foi marcante até por mais de 10 anos após a aplicação do fosfato natural de Catalão (GO), que se mostrou o menos eficiente dos fosfatos brasileiros testados. Por outro lado, os extratores Bray-1, Olsen e resina de troca aniônica exclusiva, não utilizados em rotina no país, mostraram-se mais adequados na diagnose da disponibilidade de P de solos adubados com fosfatos naturais.

Os fosfatos brasileiros parcialmente acidulados foram estudados principalmente com culturas anuais, avaliados em vasos na forma de pó ou em campo na forma granulada, aplicados em área total ou na linha de semeadura. Mostrou-se que a eficiência agrônômica destes produtos é praticamente equivalente à fração do fósforo solubilizada na acidulação com ácidos sulfúrico, fosfórico e nítrico, podendo ser estimada pela solubilidade em citrato neutro de amônio. Assim, estas rotas industriais desenvolvidas, buscando-se economia de ácido sulfúrico, não se mostraram promissoras para o uso eficiente das rochas fosfáticas nacionais, pois a curto e médio prazo basicamente apenas a fração solubilizada foi utilizada pelas culturas.

Termofosfatos produzidos comercialmente ou experimentalmente a partir de diferentes rochas fosfáticas e rotas tecnológicas foram testados em experimentos com culturas anuais e forrageiras. Estes produtos apresentaram solubilidades variáveis em ácido cítrico e citrato neutro de amônio, mas baixa solubilidade em água. Quando aplicados na forma finamente moída, em área total com incorporação no primeiro ano ou anualmente na linha de semeadura, termofosfatos de rochas apatíticas com alta solubilidade em ácido cítrico apresentaram eficiência agrônômica equivalente ou mesmo um pouco superior em relação ao superfosfato já no primeiro cultivo. Outros produtos experimentais apresentaram menor eficiência inicial ou mesmo nos anos subsequentes, mas bom efeito residual no caso da bauxita fosforosa (fosfatos de alumínio) calcinada, com alta solubilidade em citrato

neutro de amônio. Assim, algumas destas rotas tecnológicas mostraram-se promissoras com relação à utilização das matérias primas nacionais.

Além dos termofosfatos, outros produtos com alta solubilidade em ácido cítrico ou citrato neutro de amônio mas baixa solubilidade em água foram testados com relação ao efeito da granulação sobre a eficiência agronômica. Em experimento exploratório em vasos foram avaliados termofosfatos, produtos à base de fosfato bicálcico, fosfato de magnésio e mesmo o fosfato de Gafsa nas formas de pó e granulados com diferentes agentes. Os resultados mostraram que, na forma de pó, a eficiência destes produtos foi similar em relação ao superfosfato. Já na forma granulada, a eficiência foi diretamente proporcional à solubilidade em água. Este resultado foi confirmado em dois experimentos de campo com alguns destes produtos, aplicados anualmente na adubação de manutenção na linha de semeadura do milho, com preparo anual do solo. Na forma granulada termofosfatos e produtos à base de fosfato bicálcico (fosfonitrossulfocálcio e nitrofosfato) apresentaram baixa eficiência pelo menos nos dois primeiros cultivos, mas efeito residual semelhante em relação ao superfosfato nos cultivos subsequentes.

A partir da década de 1990 foram avaliados na Embrapa Cerrados fosfatos naturais reativos na forma não moída (farelada) em experimentos com culturas anuais, *Brachiaria decumbens* e posteriormente cana-de-açúcar, em solos com pH em água abaixo de 6,0. Esta é forma na qual estes fosfatos passaram a ser comercializados mundialmente, pois permite melhores condições de aplicação ao solo em relação à forma finamente moída. A maioria destes experimentos foi realizada no âmbito de contratos de cooperação técnica com empresas de fertilizantes que comercializavam estes fosfatos no Brasil ou com as próprias empresas produtoras, destacando-se a Takenaka S/A Industria e Comércio, Compagnie des Phosphates de Gafsa (Tunísia), Adubos Trevo S/A, Fertiza Companhia Nacional de Fertilizantes S/A e a Bunge Fertilizantes.

O primeiro experimento foi iniciado em 1992, com a cultura da soja, avaliando-se o fosfato da Carolina do Norte (EUA) nas formas moída e não moída aplicado em área total e incorporado ao solo no primeiro ano. Verifi-

cou-se que a eliminação da moagem leva à significativa perda de eficiência agronômica no primeiro ano. Por outro lado, o efeito residual do fosfato não moído no cultivo subsequente foi superior em relação ao moído e ao superfosfato. Na segunda metade da década de 1990 foram avaliados em experimentos com a cultura da soja fosfatos reativos da Tunísia, Argélia, Marrocos e Israel, o último também na forma de fosfato parcialmente acidulado e o penúltimo em formulações com diferentes proporções de superfosfato triplo farelado, produzidos no Brasil.

Em outro experimento estabelecido no início da década de 2000 foram avaliados sete fosfatos naturais farelados de diferentes procedências (Marrocos, Argélia, Tunísia, Israel e EUA), todos classificados como reativos na legislação nacional, aplicados em área total e incorporados apenas no primeiro cultivo. Verificou-se que a eficiência agronômica no primeiro cultivo, variando de aproximadamente 35% a 55% em relação ao superfosfato, foi diretamente proporcional à solubilidade determinada por diferentes extratores. Já no segundo e terceiro cultivos o efeito residual dos fosfatos mais solúveis mostrou-se equivalente ou um pouco superior em relação ao superfosfato, enquanto no quinto e sexto cultivos os fosfatos menos solúveis foram os que apresentaram maior efeito residual. Assim, mostrou-se experimentalmente que o maior efeito residual de fosfatos naturais ocorre sempre à custa de menor eficiência inicial.

Fosfatos reativos de alta solubilidade aplicados em área total com incorporação foram avaliados em experimentos de estabelecimento e de recuperação da produtividade de pastagem de *Brachiaria decumbens* na Embrapa Cerrados e em propriedade agrícola no DF em meados da década de 1990, e em experimento com cana-de-açúcar estabelecido em 2009. As produtividades de forragem ou de colmos obtidas com os fosfatos foram praticamente equivalentes em relação ao superfosfato já no primeiro ano, portanto superior para estas culturas de ciclo mais longo em relação ao verificado nos experimentos com culturas anuais. No experimento com cana-de-açúcar, mostrou-se ainda a baixa eficiência do fosfato reativo em aplicação localizada no sulco de plantio. O mesmo havia sido verificado no experimento com

o fosfato da Carolina do Norte estabelecido em 1992, com a cultura da soja, em que a sua eficiência no primeiro cultivo quando aplicado na linha de semeadura foi muito inferior em relação à aplicação em área total com incorporação. Com o preparo do solo e o efeito residual da aplicação anterior, a eficiência deste fosfato aplicado anualmente na linha de semeadura foi praticamente equivalente em relação ao superfosfato a partir do segundo cultivo.

A necessidade de incorporação ao solo para propiciar dissolução mais rápida e maior aproveitamento inicial dos fosfatos reativos pelas plantas foi também mostrada no experimento de recuperação da pastagem de *B. decumbens*, verificando-se baixa resposta no primeiro ano quando o fosfato de Gafsa não foi incorporado. Já as produtividades obtidas com o superfosfato, sem ou com incorporação com grade parcialmente aberta, foram semelhantes. Em outros dois experimentos realizados na Embrapa Cerrados entre 2004 e 2006, em que se estudou a adubação de pastagens estabelecidas de *B. brizantha* cv. Marandú com diferentes fontes de N, P e S aplicadas em área total sem incorporação, verificou-se no primeiro ano menor eficiência do fosfato de Arad em relação ao superfosfato. Contudo, as diferenças entre estas fontes desapareceram já no ano subsequente, o que mostra a viabilidade de utilização dos fosfatos reativos na adubação de manutenção das pastagens, em condições competitivas de preços (significativamente inferiores) em relação às fontes solúveis.

A eficiência agronômica dos fosfatos naturais reativos foi também avaliada para soja e milho no sistema plantio direto, nos experimentos de adubação fosfatada de longa duração estabelecidos entre meados e final da década de 1990, que ainda estão em andamento. Em um desses experimentos, avaliou-se a eficiência de um fosfato do Marrocos na adubação corretiva (com incorporação) no primeiro cultivo de um Latossolo argiloso como muito baixa disponibilidade de P, tendo-se como fonte de referência o superfosfato triplo, ambos aplicados na dose de 240 kg/ha de P_2O_5 . A adubação de manutenção foi com 80 kg/ha de P_2O_5 na forma de superfosfato, aplicado anualmente na linha de semeadura. A produtividade obtida com o

fosfato reativo foi inferior em relação ao superfosfato apenas no primeiro cultivo, e um pouco superior na soma dos sete primeiros cultivos de soja e milho. Análise financeira realizada considerando-se ainda o menor custo por unidade de P_2O_5 do fosfato reativo mostrou maior retorno econômico da adubação fosfatada corretiva utilizando-se este produto.

Os fosfatos naturais reativos foram também avaliados na adubação anual de manutenção, na linha de semeadura ou a lanço em área total (sem incorporação), em solo com muito baixa disponibilidade inicial de P no sistema plantio direto. As produtividades obtidas com estes fosfatos foram significativamente inferiores em relação ao superfosfato triplo nos primeiros anos. Portanto, a viabilidade econômica da utilização dos fosfatos reativos na adubação de manutenção pode ser considerada apenas para solos com alta disponibilidade de P, para os quais a lenta dissolução durante os primeiros anos após cada aplicação praticamente não ocasionaria redução na produtividade, mas ainda assim propiciaria em médio e longo prazo a manutenção dos estoques de P disponível nos solos.

Ainda assim, em experimento iniciado com nível adequado (não alto) de P em Latossolo argiloso (9 mg/dm^3 pelo método Mehlich-1), as produtividades obtidas com o fosfato reativo aplicado na linha de semeadura ou a lanço foram um pouco inferiores durante alguns anos em relação ao superfosfato. A análise financeira realizada mostrou que a utilização do fosfato reativo na adubação de manutenção não foi econômica nesta condição de solo, mesmo com preços inferiores por unidade de P_2O_5 em relação às fontes solúveis. Por outro lado, em tratamento no mesmo experimento com antecipação da aplicação do fosfato, realizada anualmente na linha de semeadura do milheto (cultura de cobertura de inverno), as produtividades da soja e milho subsequentes obtidas durante 12 anos foram praticamente equivalentes em relação ao superfosfato aplicado anualmente na cultura principal, tornando econômica a utilização do primeiro nesta condição que favorece sua dissolução no solo e aproveitamento pelas culturas.

O problema da análise química para diagnose da disponibilidade de P de solos adubados com fosfatos naturais brasileiros (de baixa reatividade)

verificado anteriormente ocorre também nos solos adubados com fosfatos reativos. Verificou-se que tanto o extrator Mehlich-1 como a resina de troca aniônica/catiônica dissolvem parcialmente o fosfato ainda não dissolvido no solo (e, portanto, não disponível às plantas) durante a extração em laboratório, superestimando sua disponibilidade para as culturas. O mesmo não corre com o extrator Bray-1, não utilizado nos laboratórios comerciais do país.

Mostrou-se ainda o efeito corretivo de acidez destes fosfatos naturais reativos. Nas reaplicações de calcário realizadas nestes experimentos de longa duração verificou-se que as doses requeridas para elevar a saturação por bases a 50 ou 60%, calculadas com base na amostragem e análise química do solo de cada tratamento e parcela experimental, foram menores para os tratamentos com fosfatos reativos em relação ao superfosfato. Assim, a utilização destes fosfatos na adubação anual de manutenção implicaria em economia de calcário para manutenção da fertilidade dos solos.

O alto valor fertilizante do lodo de esgoto produzido em uma estação de tratamento de esgoto de Brasília foi demonstrado na Embrapa Cerrados no início da década de 2000, por meio de experimentos de campo com as culturas da soja e do milho em Latossolo argiloso muito responsivo a P. Nestes experimentos, diferentes doses de lodo foram aplicadas apenas no primeiro ano, a lanço em área total com incorporação ao solo, e comparadas às mesmas doses de N, P_2O_5 e K_2O supridas na forma de fertilizantes minerais solúveis aplicados da mesma forma. No experimento com milho, as produtividades obtidas com o lodo foram superiores durante 2 anos quando comparadas aos tratamentos com as respectivas doses de nutrientes aplicadas na forma de fertilizantes minerais. Em dois experimentos com soja, o mesmo resultado verificado com o milho foi obtido no primeiro, enquanto no segundo as produtividades obtidas com o lodo foram um pouco inferiores em relação aos fertilizantes minerais. Neste último experimento, foram também estudados atributos microbiológicos do solo, verificando-se ausência de efeitos do lodo sobre a nodulação da soja, biomassa microbiana e atividades de algumas enzimas no solo. Os níveis de patógenos, após digestão anaeróbica e aeróbica, classificam o lodo de esgoto de Brasília na classe B

(CONAMA), restringindo seu uso para a maioria das culturas, requerendo-se alternativas para ampliar a utilização deste passivo ambiental de grande valor agronômico.

Estes estudos realizados na Embrapa Cerrados com diversas fontes alternativas de P, contemplando vários aspectos do seu manejo para culturas anuais e pastagens, permitiram estabelecer as condições em que estes produtos são economicamente competitivos em relação aos fertilizantes solúveis, podendo ser recomendados.

Fungos micorrízicos e nutrição fosfatada

A contribuição das “micorrizas” e seu manejo com relação à nutrição fosfatada das culturas foram muito estudados na Embrapa Cerrados desde o seu início. O termo “micorriza” refere-se à associação simbiótica entre plantas e fungos de diferentes classes que colonizam as raízes e cujas hifas atuam como extensão do sistema radicular, contribuindo significativamente para a absorção de P, nutriente de muito baixa mobilidade nos solos. Identificaram-se em solos do Cerrado as principais espécies de fungos micorrízicos arbusculares (ordem *Glomales*) que colonizam a maioria das espécies vegetais nativas e cultivadas, formando “endomicorrizas”. Mostrou-se que é relativamente baixa a população de propágulos (esporos e hifas) desses fungos nos solos sob vegetação nativa de Cerrado, e que esta população aumenta nos solos agrícolas ou sob pastagens cultivadas.

Em estudos em vasos com solo esterilizado, com e sem inoculação de diferentes espécies destes fungos, foi confirmada a dependência micorrízica média a muito alta com relação à absorção de P de espécies como soja, feijão, milho, sorgo, trigo, mandioca, gramíneas e leguminosas forrageiras nativas e exóticas, leguminosas adubos verdes, cafeeiro, seringueira e fruteiras nativas. Mostrou-se para estas espécies o decréscimo na colonização radicular com o aumento na disponibilidade de P no solo. Mostrou-se também que na hipotética ausência das micorrizas o P disponível no solo avaliado

por extratores químicos ou doses de fertilizante fosfatado requeridos para produtividade ótima destas culturas seriam superiores às recomendações atuais. A dinâmica da micorriza arbuscular com relação à população de esporos no solo e a colonização de raízes e sua contribuição na produtividade de um sistema integrado com rotação de lavouras e pastagem foram estudadas durante os primeiros anos de um experimento de longa duração na Embrapa Cerrados, estabelecido no início da década de 1990. Estimou-se que a presença destes fungos foi responsável por parte significativa da produção de grãos de soja e matéria seca de *Andropogon gayanus*.

Por outro lado, em estudo preliminar em vasos mostrou-se que o milho e a soja tornaram-se praticamente independentes da micorriza quando na presença de fertilizante solúvel (superfosfato triplo) granulado aplicado em todo o volume do solo pouco antes da semeadura, diferentemente do que ocorreu com o mesmo produto na forma de pó, aplicado nas mesmas doses. Possíveis implicações práticas deste resultado não foram ainda estudadas.

O impacto da multiplicação no solo de fungos micorrízicos por culturas anteriores com diferentes graus de dependência e colonização das raízes sobre a produtividade de culturas subsequentes com alta dependência micorrízica foi mostrado em experimentos de campo com cultivos sequenciais de culturas anuais (com preparo anual do solo ou plantio direto), pastagens e integração lavoura-pecuária. Em um destes experimentos, realizado em meados dos anos 1980, cultivaram-se, durante 2 anos, soja (anualmente inoculada ou não com fungos micorrízicos), arroz, mucuna-preta (*Mucuna aterrima*) e repolho, além de um tratamento em pousio, todos com dois níveis de disponibilidade de P no solo propiciados por fertilizantes fosfatados aplicados apenas no primeiro ano. A produtividade do sorgo granífero cultivado em sequência variou de 1,4 t/ha a 4,7 t/ha, respectivamente após o repolho (espécie não micorrízica) e a mucuna-preta, e foi diretamente relacionada ao grau de colonização micorrízica das raízes desta cultura.

Foram selecionadas várias espécies de fungos micorrízicos arbusculares nativos eficazes na simbiose e nutrição fosfatada de culturas diversas, competitivos em relação a outras espécies na colonização das raízes em

condições variáveis de pH e nível de fósforo dos solos. Em 2002, estes estudos resultaram no pedido de patente “Composição de Inoculante de Fungos Micorrízicos Arbusculares e Processo Para sua Obtenção” junto ao INPI (Instituto Nacional da Propriedade Industrial), referente a um inoculante com as espécies *Glomus etunicatum*, *Glomus manihotis* e *Entrophospora colombiana*. Pela forma de obtenção dos inoculantes de fungos micorrizicos, produzidos apenas na presença de plantas hospedeiras (e não em meio artificial como é o caso do rizóbium), estes podem ser utilizados na experimentação ou comercialmente para espécies propagadas por mudas em viveiros.

As “ectomicorrizas” foram também estudadas na Embrapa Cerrados, até o início dos anos 1990. Esta simbiose, diferente das endomicorrizas na forma como os fungos colonizam as raízes, se estabelece com algumas espécies florestais como *Pinus spp.* e *Eucalyptus spp.* Em experimentos em vasos definiram-se teores ótimos de fósforo no solo para a seleção de isolados de fungos ectomicorrízicos para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *Eucalyptus grandis*. Estes estudos mostraram que a dependência micorrízica do pinus se dá até níveis de fósforo no solo bem superiores em relação ao eucalipto. Posteriormente, foram avaliados em experimentos em vasos isolados de *Pisolithus tinctorius* coletados em plantações de *Pinus spp.* e *Eucalyptus spp.* no Cerrado e em outras regiões, isolado exótico (EUA) de pinus da mesma espécie de fungo previamente identificado como eficiente, e isolados de *Rhizopogon nigrescens* e *Suillus sp.* também de pinus no Cerrado. Mostrou-se a maior eficiência do isolado exótico de *P. tinctorius* em relação aos demais para o pinus, e eficiência similar entre a maioria dos isolados (nativos) da mesma espécie para o eucalipto. Testada em experimentos de campo durante 2 e 3 anos, a inoculação de mudas de *P. caribaea* var. *hondurensis* e *P. oocarpa* com isolados de *P. tinctorius* resultou em maior crescimento inicial das árvores medido pela altura, diâmetro e volume cilíndrico em relação à inoculação com isolado de *R. nigrescens*, inoculação com acículas e o tratamento testemunha sem inoculação.

Pesquisas mais recentes em manejo da adubação fosfatada

No presente, a pesquisa em adubação fosfatada na Embrapa Cerrados contempla novos temas e culturas, e a continuidade de experimentos com culturas anuais e com o cafeeiro irrigado. A continuidade destes experimentos de longa duração com culturas anuais possibilitará melhor estimativa dos índices de recuperação pelas culturas do P aplicado ao solo em função dos sistemas de preparo e outras variáveis do seu manejo e da adubação. Em um destes experimentos com soja e milho (e milho como planta de cobertura de inverno), iniciado em 1994, suspendeu-se, em 2011, a adubação fosfatada anual de alguns tratamentos com superfosfato triplo e fosfato natural reativo. Cultivado exclusivamente com milho desde então, os resultados de produtividade do experimento tem mostrado efeito residual da adubação fosfatada significativamente superior no sistema plantio direto em relação ao sistema com preparo anual do solo, o que se soma aos demais benefícios daquele sistema conservacionista.

Com o início da pesquisa em cana-de-açúcar na Embrapa Cerrados em resposta à grande expansão do setor sucroalcooleiro na região nos últimos 15 anos, o manejo da adubação fosfatada foi o principal tema estudado da fertilidade do solo, com experimentos instalados a partir de 2009 na área experimental da unidade e em usinas de GO, MG e TO. Em solos com baixa disponibilidade de P, complementando a tradicional adubação da cana-planta com altas doses de P no fundo do sulco de plantio os experimentos têm mostrado ganhos de produtividade econômicos com a adubação fosfatada corretiva (a lanço com incorporação em área total antes do plantio) e com a adubação fosfatada de manutenção da cana-soca (superficialmente sobre o palhico e próxima à linha da cultura). Mostrou-se também a possibilidade da aplicação do fertilizante fosfatado de plantio exclusivamente a lanço com incorporação, com produtividades superiores ou equivalentes em relação à tradicional adubação no sulco de plantio. Com base nestes resultados ex-

perimentais foram propostas recomendações de manejo da adubação fosfatada para cana-de-açúcar nos sistemas tradicionais de cultivo no Cerrado.

Estudos de amostragem de solos canavieiros para diagnose da fertilidade foram realizados, a partir de 2011, em duas usinas de Goiás e Minas Gerais. Tiveram como objetivo estimar o número mínimo adequado de subamostras para compor a amostra composta representativa de quadrícula de aproximadamente 1 ha, em talhões com diferentes históricos de manejo. Verificou-se que o P é em geral o atributo mais crítico com relação à variabilidade, requerendo número de subamostras superior ao adotado pelas usinas em geral. Contudo, mais estudos precisam ser realizados para proposição de recomendações com relação à amostragem de solos canavieiros.

Novos experimentos em andamento contemplam o manejo da adubação fosfatada para a cana-de-açúcar em sistemas de menor mobilização do solo, como o plantio direto, testando-se a aplicação superficial em área total do fertilizante fosfatado e a incorporação em linha com semeadora/adubadora no plantio de culturas anuais/adubos verdes na expansão ou reforma do canavial. A eficiência agrônômica como fonte de P da torta de filtro (resíduo da indústria sucroalcooleira) e de fertilizantes fosfatados organominerais baseados neste resíduo é também objeto de experimentos em usina de Goiás. A adubação fosfatada bem como outros aspectos do manejo da fertilidade do solo está sendo também estudada para cana-de-açúcar irrigada em sistema de gotejamento subterrâneo, em experimentos em usina do sul de Goiás contemplando várias variedades. Ajustes nas recomendações de adubação serão necessárias para sistemas de cultivo com irrigação plena da cana-de-açúcar, cujo potencial produtivo no Cerrado das melhores variedades é por volta de 50% superior em relação ao sistema de sequeiro ou apenas com irrigação de salvamento para a rebrota da soqueira.

Experimentos exploratórios de adubação fosfatada (assim como de calagem e de adubação nitrogenada) para novos genótipos e cultivares de gramíneas forrageiras (*Panicum maximum*, *Andropogon gayanus* e *Brachiaria spp.*) visam avaliar o seu comportamento em relação às

cultivares já conhecidas das mesmas espécies, em apoio aos programas de melhoramento genético de forrageiras em andamento na Embrapa.

Entre novos temas de pesquisa estão sendo estudados aspectos da matéria orgânica com relação à contribuição para a nutrição das plantas das frações orgânicas de P, particularmente em sistemas de “intensificação ecológica” com culturas anuais, baseados no plantio direto e maior aporte de resíduos vegetais através de culturas em rotação e utilização de plantas de cobertura de outono/inverno. As frações orgânicas não são quantificadas através dos métodos em uso de análise química do solo que avaliam a disponibilidade de P para as plantas. Este estudo é baseado nos experimentos de adubação fosfatada de longa duração em andamento, com diferentes históricos de adubação fosfatada. Além da produtividade e outros atributos das culturas, realiza-se o fracionamento químico do fósforo inorgânico e orgânico do solo e a avaliação da atividade de enzimas fosfatases ácidas, produzidas por microrganismos do solo e pelas plantas, responsáveis pela mineralização do P orgânico.

Experimentos de adubação foliar com P realizados nos últimos anos na Embrapa Cerrados e em propriedades agrícolas têm mostrado resultados promissores, propiciando significativos aumentos de produtividade para a soja e o feijoeiro, entre as culturas anuais estudadas. Mais recentemente foi iniciado experimento neste tema com o cafeeiro irrigado em propriedade agrícola do DF, também com significativos ganhos de produtividade. Estes experimentos permitirão determinar em quais condições de fertilidade do solo e culturas é compensadora a suplementação com P (e com outros macronutrientes), visando o estabelecimento de critérios e recomendações relativos a esta adubação, considerando-se a variedade de formulações foliares disponíveis no mercado e sua já ampla utilização pelos produtores agrícolas na região.

Adubação potássica

O intenso intemperismo que caracteriza a gênese dos Latossolos e a maioria dos solos cultivados no Cerrado levou à formação de solos ácidos, com baixa reserva de nutrientes e baixa capacidade de troca de cátions (CTC), esta responsável pela retenção de cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}) e potássio (K^+). Associadas à alta demanda deste macronutriente pelas culturas em geral, estas características dos solos e suas implicações tornam o manejo adequado da adubação potássica essencial à produção agrícola no Cerrado.

Potássio no solo e manejo da adubação para culturas anuais

A experimentação de campo estabelecida no início da Embrapa Cerrados, principalmente com as culturas do milho e da soja, buscou a definição de parâmetros de interpretação da análise química de K no solo (níveis críticos) e recomendações de doses do nutriente para culturas anuais. Assim, um experimento foi estabelecido nesta época em um Latossolo Vermelho argiloso cujos tratamentos consistiram de doses até 600 kg/ha de K_2O aplicadas apenas no primeiro ano, e doses menores aplicadas anualmente. O manejo dos restos culturais, sem e com remoção das parcelas, foi também estudado neste experimento com relação ao efeito residual das adubações. Em outro experimento realizado na mesma época, tratamentos de doses de K foram combinados com quatro doses de magnésio estabelecidas com a utilização de calcários calcítico e dolomítico em doses equivalentes de CaCO_3 . Estes experimentos foram conduzidos por aproximadamente 10 anos.

Constatou-se que a deficiência de K pode ocorrer já no primeiro cultivo, refletindo a baixa reserva deste nutriente disponível nestes solos, e que as produtividades decaem acentuadamente com os cultivos refletindo a exaustão do K no perfil dos solos. Nos Latossolos Vermelhos distróficos

argilosos da Embrapa Cerrados a adubação potássica apresentou expressivo efeito residual por vários anos, particularmente na ausência de remoção dos restos culturais permitindo a reciclagem do nutriente para o cultivo subsequente. Este efeito mostrou-se mais expressivo com relação ao milho, já que a maior parte do K absorvido está contido nos restos culturais, e não nos grãos. Relacionando-se os teores de K no solo amostrado anualmente às produtividades da soja e do milho, foi estabelecido ainda na década de 1970 um nível crítico de K ao redor de 50 mg/dm³ para estas culturas neste Latossolo argiloso.

Aspectos da amostragem de solo para diagnose do status de K foram também estudados nestes experimentos. Mostrou-se para a cultura do milho o enriquecimento de K na camada superficial do solo na fase de maturação dos grãos, na qual o K das folhas senescentes é lavado pela água das chuvas, acumulando-se em faixa ao longo da linha da cultura próxima aos colmos do milho. Estudou-se também a influência da nutrição potássica sobre a incidência de doenças fúngicas da parte aérea da soja em um destes experimentos. A incidência de patógenos (fungos) e a qualidade fisiológica de sementes de soja e trigo em resposta à adubação com K e outros nutrientes foram também estudados a partir de amostras de grãos de experimentos de adubação realizados na Embrapa Cerrados.

Estudos básicos em laboratório relativos a este nutriente foram também realizados, quantificando-se formas de K nestes solos e o “poder tampão de K”. Este é relacionado à CTC efetiva e aos “coeficientes de seletividade” do K que expressam sua afinidade pelos coloides do solo (matéria orgânica e argilas) em relação aos demais cátions trocáveis (Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺). Estes estudos revelaram poder tampão relativamente baixo e conseqüentemente menor capacidade de retenção de K dos Latossolos do Cerrado em relação à alguns Latossolos menos intemperizados do sul do país. Como conseqüência, o potencial de perdas por lixiviação do K aplicado nas adubações é um pouco maior no Cerrado, mas ainda assim o efeito residual se expressa em alguns Latossolos argilosos como mostrado através da experimentação de campo. Outras avaliações nos experimentos de adubação potássica na Em-

brapa Cerrados e em outros locais, realizando-se amostragens dos perfis de solo, mostraram que a lixiviação é mais intensa nos solos arenosos, mas também significativa em alguns Latossolos argilosos. Mostrou-se ainda através de estudos em laboratório com colunas de solo o efeito benéfico da calagem, cujo aumento do pH e conseqüentemente da CTC efetiva acarreta redução do potencial de lixiviação do K.

Com relação ao estudo de formas de K no solo, caracterizações químicas de Latossolos de diferentes texturas e gênese (material de origem e outros fatores de formação do solo) sob vegetação nativa na Embrapa Cerrados mostrou teores baixos ou médios de K na forma trocável (prontamente disponível para as plantas), mas teores muito variáveis em formas não trocáveis, constituinte de minerais primários e secundários (micas) resistentes ao intemperismo. Contudo, os experimentos de campo com culturas anuais em Latossolo e Gleissolo argilosos, em que foram realizados estudos de balanço do K no solo, evidenciaram contribuições negligíveis das frações não trocáveis às plantas. Estes estudos de balanço de K foram realizados computando-se as diferenças (que foram pequenas) entre a quantidade inicial de K trocável no perfil do solo até aproximadamente 1,0 m de profundidade somada às doses de K na forma de cloreto de potássio aplicado apenas no primeiro cultivo (ambas expressas em kg/ha de K) e a soma das quantidades de K exportadas nos grãos e K trocável remanescente no perfil destes solos após quatro a oito cultivos.

Outros experimentos de média duração sobre o manejo da adubação potássica para a soja, rotação soja/milho e soja/trigo foram realizados na década de 1980 em Gleissolo Haplíco argiloso e em Latossolo de textura média na Embrapa Cerrados, em Latossolo de textura média no oeste da Bahia e Latossolo de textura muito argilosa na Estação Experimental da Cooperativa Agrícola de Cotia em Rio Paranaíba-MG, no âmbito do Programa de Assentamento Dirigido do Alto Paranaíba (PADAP). Na comparação de métodos de aplicação anual do cloreto de potássio para a soja, verificaram-se nestes experimentos resultados equivalentes em produtividade para aplicações na linha de semeadura, a lanço com incorporação antes da se-

meadura e parcelada com metade da dose na linha de semeadura e metade em cobertura a lanço por volta de 30 dias após o plantio. Por outro lado, em experimento em Latossolo de textura arenosa na camada arável no município de Barreiras-BA realizado pela EPABA (Empresa Baiana de Pesquisa Agropecuária), com colaboração da Embrapa Cerrados, verificou-se que a produtividade da soja foi significativamente superior com o parcelamento da adubação potássica em relação à aplicação única na linha de semeadura. Este experimento se tornou a base para a recomendação do parcelamento da adubação potássica para soja em solos arenosos do Cerrado.

Assim, foram estabelecidos critérios para cálculo de doses, modos de aplicação e parcelamento do fertilizante potássico para culturas anuais. De modo geral, a dose recomendada corresponde à diferença entre a demanda da cultura (kg/ha de K_2O na biomassa aérea), de acordo com a expectativa de produtividade, e a quantidade de K extraível na análise química do solo presente na camada superficial de 0 a 20 cm convertida em kg/ha de K_2O , mantendo-se sempre teor mínimo (“adequado”) nesta camada. Este teor é menor para solos de textura arenosa (menos de 15% de argila), com menor CTC e conseqüente menor capacidade de retenção de K, e maior para solos das demais texturas (média, argilosa e muito argilosa).

Adubação potássica para pastagens e culturas perenes

O manejo da adubação potássica foi estudado também para pastagens, desde a década de 1970. Diferentemente das culturas anuais, a exportação de K na forma de produtos agrícolas (carne e leite) é relativamente pequena, e conseqüentemente a sua necessidade de reposição através da adubação. Por outro lado, é grande a exportação e necessidade de reposição do nutriente em áreas de produção de feno ou capineiras. Ganhos de produtividade da *Brachiaria decumbens* em resposta às doses de até 320 kg/ha de K_2O aplicado apenas no estabelecimento foram mostrados em experimento em Latossolo argiloso avaliado por alguns anos em regime de cortes anuais com remoção do material colhido. Experimentos de adubação com macro-

nutrientes em vasos e a campo para *Andropogon gayanus* e as leguminosas *Stylosanthes guianensis* e *S. macrocephala* mostraram maiores repostas ao fósforo e ao nitrogênio (no caso do *A. gayanus*) em relação ao K. Recomendações de adubação potássica para pastagens propostas pela Embrapa Cerrados consideram a capacidade de troca de cátions (CTC) na interpretação da análise química do solo (assim como para as culturas anuais), com maior nível crítico de potássio para solos com maior CTC, e maiores doses de fertilizante potássico para pastagens consorciadas em relação às pastagens solteiras de gramíneas.

Com relação às culturas perenes, estudos de adubação com K e outros macronutrientes realizados na década de 1980 contemplaram o *Eucalyptus grandis* em fase de mudas e o cafeeiro em fases de estabelecimento e início de produção. No início da década de 2000 foi estabelecido experimento de adubação potássica de formação e produção do cafeeiro irrigado em Latossolo argiloso na Embrapa Cerrados.

Fontes alternativas de potássio

Estudos preliminares de fontes alternativas de K foram realizados na década de 1980 avaliando-se fertilizantes produzidos experimentalmente, que não se mostraram economicamente competitivos na ocasião. Fontes experimentais consistindo de cloreto de potássio granulado ou compactado com gesso agrícola avaliadas em casa de vegetação mostraram-se equivalentes ao cloreto de potássio puro em termos de absorção do nutriente pelas culturas. O mesmo foi verificado quanto ao potencial de lixiviação destas fontes avaliadas em experimento de campo com microparcelas em Latossolo de textura média. Já a kalsilita (feldspatoide), obtida sinteticamente a partir de tratamento hidrotermal de feldspatos por solução salina, apresentou eficiência agrônômica inicial similar ou pouco inferior em relação ao cloreto de potássio em experimentos em vasos e a campo, mas maior efeito residual e menor potencial de lixiviação. Mais recentemente, novos estudos foram realizados avaliando-se o potencial agrônômico de resíduos de mineração

e rochas moídas para uso agrícola, ricos em silicatos potássicos. Dentre as rochas que se destacaram positivamente estão aquelas com altos teores de algumas micas trioctaedrais como a biotita e de feldspatóides, minerais cujas taxas de dissolução do potássio no solo e consequente suprimento do nutriente para as culturas mostraram-se superiores em relação a outros silicatos potássicos em estudos em laboratório e casa-de-vegetação. Estas rochas estão sendo avaliadas em experimentos de campo com culturas anuais em algumas regiões, eucalipto na Embrapa Cerrados e cana-de-açúcar em usina de Goiás, com o objetivo de se quantificar a eficiência agrônômica como fontes de potássio e outros efeitos, determinando-se a viabilidade econômica de utilização em diferentes regiões e sistemas de cultivo.

Adubação nitrogenada

A pesquisa em adubação nitrogenada na Embrapa Cerrados tem contemplado aspectos práticos do seu manejo no que se refere a estudos de doses e parcelamentos da adubação para algumas culturas anuais, perenes e pastagens, e a capacidade de suprimento de nitrogênio (N) às culturas pela fixação biológica de nitrogênio e mineralização dos resíduos de plantas de cobertura (adubos verdes) cultivadas em rotação, consórcio ou sucessão. Alguns aspectos básicos relativos aos estoques, transformações e movimentação do N nativo e dos fertilizantes nos solos foram também estudados. Mais recentemente foram também avaliados aspectos poluentes da adubação nitrogenada.

Um importante experimento de adubação nitrogenada para o milho em monocultivo foi iniciado na unidade já em 1972, em cooperação com a Universidade de Cornell (EUA). Conduzido por 13 anos, este experimento em Latossolo argiloso propiciou a indicação de doses de N para híbridos e potencial produtivo da época, com produtividades máximas ao redor de 6 t/ha obtidas com 100 a 200 kg/ha de N. Verificou-se que as taxas de recuperação pelo milho do N aplicado em doses ao redor de 100 kg/ha foram semelhantes às verificadas em condições de clima temperado dos EUA naquele

período, próximas de 50%. Verificou-se também a importância da adubação nitrogenada de plantio e em cobertura nas fases iniciais da cultura, e a ineficácia de parcelamentos tardios. Demonstrou-se ainda efeito residual da adubação nitrogenada aplicada no cultivo de milho anterior para o cultivo no ano subsequente, embora menor em relação aos efeitos residuais observados para as adubações fosfatada e potássica.

Uma relação interessante foi constatada no início da década de 1980 entre as produtividades obtidas do tratamento testemunha (sem adubação nitrogenada) deste experimento até então e a precipitação anual durante o ciclo da cultura. A relação foi inversa, isto é, as produtividades foram maiores em anos mais secos, o que foi atribuído à menor lixiviação do N mineralizado do solo nestes anos compensando em parte o maior estresse hídrico, já que a deficiência deste nutriente foi o principal fator determinante da produtividade. Em tratamentos adicionais no mesmo experimento mostrou-se o menor valor fertilizante dos restos culturais do milho no suprimento de N para os cultivos subsequentes em relação ao verificado para o potássio em outros experimentos. Por outro lado, mostrou-se a grande contribuição da adubação verde com a leguminosa mucuna-preta (*Mucuna aterrima*) semeada nas entrelinhas do milho já estabelecido, cujo suprimento de nitrogênio com a mineralização da biomassa foi equivalente à adubação mineral com até mais de 100 kg/ha de N para o cultivo de milho subsequente.

Outros experimentos de adubação nitrogenada para o milho foram realizados na Embrapa Cerrados nas décadas de 1970 e 1980, em diferentes solos. Destaca-se a grande resposta à adubação nitrogenada em Gleissolo Melânico (com horizonte A húmico) cultivado pela primeira vez, propiciando aumento de sete vezes na produtividade desta cultura. A adubação nitrogenada da mandioca e do trigo de sequeiro e irrigado também foi estudada neste período, no caso do trigo com experimentos em Latossolos e Gleissolo Háptico argilosos na Embrapa Cerrados e na Estação Experimental da Cooperativa Agrícola de Cotia, em Rio Paranaíba, MG. Os ganhos de produtividade do trigo irrigado com a adubação nitrogenada foram altos no Gleissolo (várzea), mas baixos nos Latossolos. Nestes, os ganhos de produ-

tividade do trigo cultivado em sucessão à soja foram ao redor de 10% para produtividades máximas de aproximadamente 5 t/ha, obtidas com doses de 30 kg/ha a 40 kg/ha de N. Algumas variedades de trigo irrigado cultivadas na época mostraram-se muito susceptíveis ao acamamento em resposta à adubação nitrogenada, com queda na produtividade para maiores doses de N. Não se verificou resposta do trigo irrigado ao parcelamento da adubação nitrogenada.

Em experimento realizado na Embrapa Cerrados desde meados da década de 1970, conduzido por aproximadamente 10 anos, estudaram-se os efeitos do manejo de restos culturais (remoção ou incorporação ao solo) em diferentes sequências de culturas anuais e adubos-verdes (soja, arroz, milho, mucuna-preta, *Crotalaria juncea*, pousio) sobre atributos do solo e produtividade, mostrando-se os benefícios do aporte de resíduos orgânicos. Outros experimentos foram realizados na década de 1980 estudando-se a mineralização do N de diversas leguminosas adubos-verdes e sua contribuição com relação ao suprimento de N às culturas subsequentes: *Mucuna aterrima*, *Canavalia brasiliensis*, *Zornia latifolia*, *Indigofera hirsuta*, *Tephrosia candida*, *Cajanus cajan*, *Stylosanthes guianensis* e *Stylosanthes macrocephala*. Mostrou-se que o milho pode até prescindir totalmente da adubação mineral nitrogenada quando em rotação com algumas destas leguminosas cultivadas na estação chuvosa, com grande produção de biomassa e quantidade acumulada de N proveniente principalmente da fixação biológica. Já quando cultivadas em sucessão à cultura principal como plantas de cobertura de inverno, semeadas ao final da estação chuvosa após a colheita, nas condições climáticas do Cerrado em geral a produção de biomassa e acúmulo de N são significativamente inferiores, assim como o suprimento de N para a cultura subsequente. Mostrou-se que a maior parte do N destas leguminosas semeadas no final da estação chuvosa é proveniente do solo, e não da fixação biológica, reciclado pelo sistema radicular profundo de algumas destas espécies e disponibilizado para a cultura subsequente com a mineralização da biomassa. Alguns destes experimentos com adubação verde foram realizados em cooperação com a Universidade de Cornell (EUA) no programa TROPSOILS, como pesquisas de doutoramento de seus

estudantes. Através destes experimentos foram estudados métodos para estimativa da capacidade de suprimento de N para as culturas de solos em que foram incorporadas diferentes espécies e quantidades de biomassa de leguminosas, baseados na quantificação do N mineral no perfil do solo e em incubações em laboratório e no campo, a última com sacos plásticos selados enterrados. Outros estudos de mineralização do N destas leguminosas realizados em casa-de-vegetação e campo sugerem perdas por volatilização com sua utilização como cobertura morta, sem incorporação ao solo.

Novas alternativas de inserção de leguminosas adubos-verdes para o suprimento de N aos sistemas agrícolas e outros aspectos benéficos advindos desta “intensificação ecológica” foram estudadas na década de 1990, destacando-se o cultivo consorciado com o milho do *Stylosanthes guianensis*, amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*) e a mucuna-preta, já estudada anteriormente. O consórcio destas e de outras espécies de leguminosas com a cana-de-açúcar no sistema orgânico de cultivo foi estudado mais recentemente em um experimento realizado em usina do sul de Goiás.

Alguns estudos básicos sobre a dinâmica do N nos solos do Cerrado foram realizados. A evolução dos estoques de carbono e N orgânicos no perfil do solo têm sido estudada desde o início da década de 2000 em Latossolos sob diferentes sistemas agrícolas de culturas anuais, pastagens e sistemas integrados (ILP) em experimentos de longa duração, tendo sempre como referência áreas com vegetação nativa. Estudos sobre as transformações do N no solo realizados na década de 1980 mostraram intensa mineralização com a conseqüente produção de amônio que ocorre no início da estação chuvosa, após vários meses sem chuvas, fenômeno conhecido como “efeito Birch”. Avaliações sobre a movimentação do nitrato no perfil de Latossolos argilosos mostraram lixiviação ao redor de 1 mm de profundidade para cada mm de precipitação pluviométrica na estação chuvosa. A transformação de amônio para nitrato é relativamente rápida nos solos bem drenados do Cerrado. Com o uso de diferentes técnicas em estudos realizados em laboratório e no campo mostrou-se que em duas a três semanas a maior parte do N amoniacal (NH_4^+) proveniente da mineralização da matéria orgânica do

solo e dos restos culturais ou dos fertilizantes nitrogenados é convertido em nitrato. Em estudo de laboratório realizado há poucos anos com amostras de solos canavieiros e sob vegetação nativa coletados nos estados do TO, GO, MG e no DF foi demonstrado que o potencial de mineralização de N é diretamente relacionado ao teor de matéria orgânica, o que necessita ainda ser confirmado em condições de campo.

Diferentemente da maioria dos solos de regiões temperadas e outros solos jovens mostrou-se que os Latossolos altamente intemperizados do Cerrado, com grande predominância de minerais de carga variável na fração argila (caulinita e óxidos de ferro e alumínio), desenvolvem carga positiva principalmente nas camadas subsuperficiais, com menores teores de matéria orgânica. Assim, em estudos em laboratório mostrou-se que estes solos têm capacidade de adsorver nitrato (NO_3^-) nestas camadas, o que retarda sua lixiviação no perfil. Mostrou-se também que a aplicação de gesso como corretivo da acidez subsuperficial leva à redução da capacidade de adsorção de nitrato nestas camadas em que o sulfato é retido.

Com o início da adoção do plantio direto no Cerrado a partir de meados da década de 1990 foi estudada a influência deste sistema em comparação ao preparo convencional do solo no manejo da adubação nitrogenada para o milho em rotação anual com a soja, seguida de milho como planta de cobertura de inverno. Com base em um experimento estabelecido no final da década de 1990 em Latossolo argiloso, conduzido por 10 anos, mostrou-se que as produtividades do milho e doses requeridas de fertilizante nitrogenado não foram influenciadas pelo sistema de preparo do solo. Foi confirmada a importância da adubação nitrogenada nas fases iniciais da cultura e a possibilidade de aplicação da dose total de N por ocasião da semeadura (sem parcelamento), sem nenhuma perda de produtividade neste solo argiloso com perfil corrigido, propiciando sistema radicular profundo do milho.

Outros estudos de adubação nitrogenada foram realizados, avaliando-se doses e parcelamentos para as culturas do milho e algodão de sequeiro e irrigados, girassol e amaranto de sequeiro, trigo de duplo-propósito (forragem e grãos) irrigado e cevada cervejeira irrigada, em Latossolos argilo-

solos na Embrapa Cerrados e/ou outros solos em propriedades agrícolas de Goiás (milho) e do oeste da Bahia (algodão). Mostrou-se ser particularmente importante o manejo da adubação nitrogenada para a cevada, que além de ganhos de produtividade proporcionou aumento no teor de nitrogênio (proteína) nos grãos, sendo este um aspecto indesejável com relação à sua qualidade para a produção de cerveja. Produtividades máximas de algodão em caroço, superiores à 5 t/ha, foram obtidas com a dose de 160 kg/ha de N. Aspectos da agricultura de precisão com relação ao manejo da adubação nitrogenada para o milho foram estudados em experimento em propriedade de Goiás, avaliando-se a eficácia do clorofilômetro portátil para estimativa da necessidade de fertilizante nitrogenado, em aplicação em cobertura em taxa variável.

Recomendações de adubação nitrogenada para as principais culturas anuais no Cerrado foram propostas com base na experimentação e estudos realizados pela Embrapa Cerrados e resultados/informações da literatura nacional. Estas recomendações consideram a demanda de N da cultura em função da expectativa de produtividade, estimativas da capacidade de suprimento de N do solo pela mineralização dos resíduos dos cultivos anteriores e teor de matéria orgânica do solo, a textura do solo com relação à necessidade de parcelamentos da adubação, e um fator de eficiência de utilização pelas culturas do fertilizante nitrogenado aplicado. Os estudos de fixação biológica de N pela cultura da soja realizados na Embrapa Cerrados principalmente nas suas duas primeiras décadas, que permitiram a seleção de estirpes de *Bradyrhizobium spp.* altamente competitivas na nodulação e com alta capacidade fixadora, tornaram desnecessária para esta cultura a utilização de fertilizantes nitrogenados no Brasil. Contudo, nos últimos 20 anos vários experimentos de adubação nitrogenada da soja foram ainda realizados na unidade, em resposta aos questionamentos de produtores com relação às recomendações de consultores agrícolas atuando na região, que tem indicado aplicações de fertilizantes nitrogenados em doses relativamente baixas em diferentes estádios fenológicos da cultura. Nestes experimentos, nunca se encontrou ganhos de produtividade ou respostas econômicas a estas adubações, não sendo, portanto, recomendadas. Expe-

rimentação de adubação nitrogenada foi realizada também para o feijoeiro (sequeiro e irrigado), cuja contribuição da fixação biológica para o suprimento de N é em geral inferior em relação à soja. Em um experimento com níveis de irrigação (regimes hídricos) e doses de N para o feijoeiro cultivado em sucessão ao milho mostrou-se que a resposta à adubação aumenta com a irrigação e consequente potencial produtivo da cultura. Os estudos realizados permitiram gerar recomendações do uso associado da inoculação das sementes com rizóbio e doses apropriadas de fertilizante nitrogenado como a melhor estratégia econômica para o suprimento de N a esta cultura.

Nitrogênio e fósforo são os principais nutrientes moduladores da produtividade das pastagens no Cerrado, o que foi bem demonstrado em experimentos de adubação de *Andropogon gayanus*, *Brachiaria decumbens* e *B. brizantha* realizados entre as décadas de 1980 e 2000, para os quais ganhos de produtividade de forragem foram alcançados apenas com a aplicação conjunta destes dois nutrientes, sendo nulos ou pequenos os ganhos com aplicações isoladas (apenas N ou P). Para pastagens bem adubadas no estabelecimento, a deficiência de N é em geral o fator responsável pela “degradação” ou queda na produtividade com o tempo.

A adubação nitrogenada e outras estratégias de suprimento de N para aumentar a produtividade e qualidade da forragem, como o consórcio com leguminosas forrageiras e a mobilização do solo com o uso de grades visando estimular a mineralização do N orgânico foram estudadas desde o final da década de 1970. Em experimento com doses de N relativamente baixas, variando de 0 a 50 kg/ha de N, condizentes com sistemas semi-intensivos de exploração pecuária, foram mostrados significativos ganhos de produtividade de matéria seca da *B. ruziziensis*, *B. humidicola* e *B. decumbens* cv. IPEAN e cv. Australiana submetidas a cortes mensais durante uma estação chuvosa, destacando-se a última com maior resposta à adubação e produtividade. Os ganhos na produtividade de forragem com a adubação nitrogenada (40 kg/ha/ano de N) e a introdução da leguminosa *Stylosanthes guianensis* foram mostrados para as espécies *Andropogon gayanus*, *Panicum maximum*, *B. decumbens*, *B. ruziziensis* e *B. humidicola* em outro experimento, sob

pastejo. Em experimentos estabelecidos na década de 1980 foi estudado o desempenho animal em pastagens de *B. ruziziensis* em resposta à adubação nitrogenada de manutenção (40 kg/ha/ano de N) e a introdução de leguminosas (*Calopogonium mucunoides* e/ou *Stylosanthes guianensis* cv. Bandeirante), e a gradagem em apenas um dos experimentos. A contribuição e persistência das leguminosas na pastagem foram avaliadas. O desempenho animal, expresso pelo ganho de peso por animal e por hectare, foi superior com a adubação nitrogenada. A gradagem isoladamente, por outro lado, não propiciou ganhos na produtividade de forragem e desempenho animal.

A adubação nitrogenada foi estudada também para o *Cynodon spp.* (Tifton 85) e *Brachiaria brizantha* (Marandú) irrigados. Demonstrou-se que a dose ótima de N aumenta com o nível de irrigação, atingindo-se durante período de dez meses produtividades máximas de matéria seca, respectivamente para os dois capins, de 42 t/ha e 28 t/ha com a maior dose de N em condição de irrigação plena. Neste nível de irrigação os ganhos de produtividade com a adubação nitrogenada foram crescentes até a dose máxima (360 kg/ha de N), mas significativamente superiores para o Tifton.

Estes estudos permitiram gerar recomendações de adubação nitrogenada para o estabelecimento e manutenção de pastagens exclusivas de gramíneas nos sistemas semi-intensivos de produção animal predominantes na região. Recomendações diferenciadas foram geradas para pastagens consorciadas com leguminosas, que podem até prescindir da adubação nitrogenada em algumas situações, e para capineiras, que requerem maiores doses de N.

Contudo, é ainda pequena a adoção da adubação nitrogenada de manutenção em pastagens no Cerrado, sendo as relações de preços dos produtos (carne e leite) e custos associados a esta adubação nem sempre favoráveis nos sistemas de produção animal dominantes na região. Por outro lado, desde a década de 1990, tem sido estudada pela experimentação na Embrapa Cerrados e em unidades de observação em propriedades agrícolas a adubação de pastagens por meio de sistemas integrados, o ILP (integração lavoura-pecuária) e mais recentemente o ILPF (integração lavoura – pecuá-

ria – floresta). Nestes sistemas culturas anuais, como o milho e a soja, são cultivadas em rotação com a pastagem a cada 2 a 4 anos. Mostrou-se o eficiente uso pela pastagem dos nutrientes residuais da adubação destas culturas e dos restos culturais, propiciando a recuperação de sua produtividade, com investimentos pagos com a produção de grãos. O desenvolvimento destas tecnologias, já bastante adotadas na região, tem contribuído para a sustentabilidade da pecuária no Cerrado.

Com relação às culturas perenes a adubação de manutenção com N, além de P e K, foi estudada para o cafeeiro em um experimento realizado no início da década de 1980 em propriedade agrícola em Taguatinga, no Distrito Federal. No final da década de 1990 foram estudados aspectos do manejo da adubação nitrogenada para cafeeiro decotado plantado há mais de 15 anos, em experimento em Latossolo argiloso na Embrapa Cerrados. A partir do início da década de 2000, foram estabelecidos novos experimentos de adubação nitrogenada, fosfatada e potássica para formação e manutenção do cafeeiro agora sob dois regimes de irrigação, sequeiro e irrigado. Estes estudos visavam o ajuste das recomendações de adubação para o sistema irrigado de cultivo, em expansão no Cerrado, com produtividades e demanda de nutrientes superiores em relação ao sistema de sequeiro. A adubação nitrogenada foi estudada também para o maracujazeiro-doce irrigado e o pinhão-manso, em experimentos realizados na Embrapa Cerrados.

A cana-de-açúcar (cultura semi-perene) foi estudada mais recentemente, tendo sido realizados desde 2008 experimentos em que são avaliadas doses e fontes de N em usinas de Goiás, Minas Gerais e Tocantins, sendo dois destes também com doses de fósforo e potássio como variáveis em esquema fatorial fracionado. Na maioria dos experimentos as respostas à adubação nitrogenada foram nulas ou muito baixas, o que é frequente com esta cultura. Nos três experimentos em que se verificaram respostas significativas, com ganhos de produtividade ao redor de 20 t/ha de colmos, doses ao redor de 100 kg/ha de N propiciaram produtividades máximas de aproximadamente 80 a 90 t/ha para cana-soca.

Aspectos poluentes da agricultura associados à utilização de fertilizantes, em particular os nitrogenados, também têm sido estudados pela Embrapa Cerrados. Em monitoramento da qualidade da água de rios que cortam projetos de colonização agrícola do PRODECER em quatro estados da região, realizado em meados da década de 1990 pela Companhia de Promoção Agrícola- CAMPO e JICA com colaboração da Embrapa Cerrados, não foram encontrados indícios de poluição por nitrato. O mesmo foi verificado em estudo posterior com relação à qualidade da água subterrânea monitorada em vários poços piezométricos em microbacia hidrográfica do DF, cujos teores de nitrato foram baixos e não associados às explorações agrícolas. Contudo, ambos estudos podem estar refletindo históricos de aplicações relativamente baixas de N nestas áreas estudadas, com predomínio da cultura da soja no primeiro caso e de pastagens no segundo. O fato de que os solos do Cerrado desenvolvem carga positiva (capacidade de troca de ânions) com consequente retardamento da lixiviação de nitrato ao longo do perfil, o que foi estudado anteriormente, pode também contribuir para a menor contaminação por nitrato do lençol freático e corpos d'água na região.

As emissões de óxido nitroso (N_2O) e óxido nítrico (NO) de solos agrícolas e em áreas com vegetação nativa têm sido estudadas na unidade desde meados da década de 1990, mais intensamente nos últimos 15 anos e com ênfase nas medições do primeiro (N_2O), potente gás de efeito estufa e de depleção do ozônio na estratosfera. A adubação nitrogenada é a principal fonte destas emissões na agricultura, determinando-se então o “fator de emissão” que corresponde ao percentual da dose de N aplicado que é convertida em N_2O . Diversos sistemas agrícolas têm sido monitorados na Embrapa Cerrados durante pelo menos um ano, envolvendo diferentes culturas (anuais, pastagens, sistemas integrados ILP e ILPF), sistemas de preparo do solo, manejo da adubação nitrogenada (fontes e doses), utilização de plantas de cobertura e irrigação, incluindo-se áreas de vegetação de cerrado como referência. Foram constatados fatores de emissão de N_2O ao redor de 0,5% nestes solos bem drenados do Cerrado, menores em relação à boa parte da literatura internacional. Mais recentemente foram avaliadas as emissões em experimento com cana-de-açúcar em resposta à adubação

nitrogenada e aplicação de vinhaça (resíduo da produção de etanol), mostrando-se o efeito sinérgico da aplicação conjunta potencializando as emissões de N_2O . Estes estudos têm contribuído para a atualização do inventário nacional de emissões de gases de efeito estufa na agricultura, e contribuirão para a proposição de práticas de manejo mitigadoras das emissões de N_2O .

Adubação com enxofre

É conhecido desde o final da década de 1950 que os solos do Cerrado são em geral deficientes em enxofre (S), com teores muito baixos de sulfato (forma de S absorvida pelas plantas) no perfil. Esta deficiência é explicada em parte pela longa história de queimadas da vegetação nativa durante a estação seca ocasionando perdas por volatilização deste nutriente contido na biomassa, e pela baixa deposição na região de S pela precipitação pluviométrica.

A pesquisa em adubação com S na Embrapa Cerrados contemplou estudos básicos sobre o comportamento do sulfato nestes solos e a experimentação com doses de S na forma de sulfato de cálcio (gesso agrícola) e outras fontes para culturas anuais (milho, soja, feijoeiro, trigo e algodoeiro), forrageiras, cafeeiro e cana-de-açúcar. Em experimento em Latossolo argiloso iniciado no final da década de 1970, em que foram estudadas respostas do milho e outras culturas a doses de S aplicadas apenas no primeiro cultivo, verificaram-se significativos ganhos de produtividade com esta adubação. Estes ganhos aumentaram ao longo dos anos, devido à exaustão da pequena reserva de sulfato no perfil do solo do tratamento testemunha (não adubado com enxofre), verificando-se ainda, que a dose de 107 kg/ha de S na forma de sulfato de cálcio aplicada no primeiro ano garantiram boas produtividades por cinco cultivos. Respostas semelhantes foram verificadas em outro experimento com culturas anuais realizado em meados dos anos 1990, com a dose de 60 kg/ha de S aplicada apenas no primeiro cultivo.

Estudos sobre a mobilidade do ânion sulfato em perfis de Latossolos argilosos foram realizados em experimentos com colunas de solo em laboratório e em experimentos de campo já no final da década de 1970. Também em laboratório foi estudada no final da década seguinte a capacidade de adsorção (retenção) de sulfato de amostras de perfis de Latossolos de diferentes regiões, com diferentes texturas, o que permitiu a compreensão do longo efeito residual da adubação com S verificado para as culturas anuais nestes solos, mesmo em doses relativamente baixas. Ao contrário da maioria dos solos de clima temperado e solos mais jovens em regiões tropicais, cuja capacidade de adsorção de sulfato é pequena em todo o perfil, mostrou-se que estes Latossolos altamente intemperizados do Cerrado apresentam alta capacidade de adsorção de sulfato na subsuperfície, retardando por vários anos as perdas por lixiviação para camadas abaixo da zona do sistema radicular das culturas. Este comportamento é mais evidente para solos argilosos, já que a capacidade de retenção de sulfato mostrou-se diretamente proporcional ao teor de argila. A reciclagem e mineralização de enxofre de plantas de cobertura e outros efeitos destes resíduos vegetais na produtividade do milho foi tema de experimento em Latossolo argiloso realizado no final da década de 1980 na Embrapa Cerrados. Mostrou-se ainda neste estudo os efeitos da calagem e da adição dos resíduos orgânicos reduzindo a capacidade de adsorção de sulfato na camada arável.

Embora o sulfato de cálcio em pó tenha sido a fonte mais utilizada na experimentação de adubação com S, a eficiência agronômica do S elementar (S^0) na forma de pó foi também estudada em quatro experimentos com culturas anuais realizados entre as décadas de 1970 e 2000. Em um destes experimentos, realizado em meados dos anos 1990, o S^0 foi avaliado em diferentes granulometrias. Na maioria dos experimentos estes fertilizantes foram avaliados na adubação de manutenção, aplicados em cada cultivo na linha de semeadura em uma ou mais doses entre 15 kg/ha e 45 kg/ha de S. Ao contrário dos fertilizantes a base de sulfatos, que são solúveis no solo e com S prontamente disponível às plantas, o S^0 se torna disponível após sua oxidação por microrganismos para a forma de sulfato, sendo a taxa (velocidade) de oxidação determinada basicamente pelo tamanho das suas

partículas. Estes experimentos com culturas anuais em Latossolos argilosos mostraram que na forma de pó a eficiência agronômica do S° foi praticamente equivalente em relação ao sulfato de cálcio já no primeiro cultivo. O mesmo foi verificado em outro experimento com *Panicum maximum* (cv. Tanzânia), com o S° aplicado apenas no estabelecimento, tendo sido realizados vários cortes para avaliação da produção de forragem. Por outro lado, quando aplicado na cultura do milho na forma farelada e principalmente na forma granulada, a eficiência agronômica do S° no primeiro ano foi significativamente inferior em relação ao mesmo na forma de pó, aumentando nos cultivos subsequentes. Neste experimento, foi também avaliado como fonte de S o gesso granulado, que se mostrou equivalente ao gesso em pó já no primeiro cultivo, apesar da solubilidade em água reativamente baixa do sulfato de cálcio em relação a outros fertilizantes à base de sulfato (amônio, potássio e magnésio).

Experimentos de adubação com doses anuais de S na forma de sulfato realizados a partir de meados da década de 1990 e principalmente durante os últimos 10 anos mostraram que aplicações ao redor de 15 kg/ha a 30 kg/ha na adubação de manutenção são suficientes para garantir pleno suprimento deste nutriente e altas produtividades para a soja, o milho e o trigo. É frequente nestes solos as culturas responderem positivamente à aplicação de doses bem mais elevadas de S na forma de gesso agrícola, mas em geral isto se deve aos efeitos na melhoria das condições químicas do perfil do solo com relação ao suprimento de cálcio e redução na toxidez de alumínio, além do suprimento de S. Mostrou-se, com estes experimentos, que, na avaliação da disponibilidade de S no solo por meio da análise química, é necessário realizar amostragem abaixo da camada de 0 cm a 20 cm usualmente amostrada para diagnose da necessidade de calagem e disponibilidade de outros nutrientes. Isto se deve à baixa capacidade de retenção de sulfato verificada na camada superficial destes solos sob cultivo, devido aos efeitos combinados do maior teor de matéria orgânica, pH mais elevado e adubação fosfatada. Assim, interpretação da análise de S (na forma de sulfato) no solo foi proposta com base na amostragem e análise do solo das camadas de 0 cm a 20 cm e 20 cm a 40 cm.

Outras estratégias de adubação foram propostas, baseadas na capacidade de retenção de sulfato nas camadas subsuperficiais do solo e seu longo efeito residual para as culturas. Assim, para soja, milho e cana-de-açúcar é viável em algumas situações a aplicação de doses únicas elevadas de S na forma de gesso agrícola ou outra fonte, não sendo necessária sua inclusão na adubação anual de manutenção com nitrogênio, fósforo e potássio por alguns anos. Mais recentemente, verificou-se que esta estratégia de adubação com S não é adequada para cultivos irrigados na estação seca, o que foi mostrado experimentalmente para o trigo, cujo desenvolvimento do sistema radicular e absorção de nutrientes estão basicamente confinados à camada molhada, não explorando adequadamente o sulfato residual presente nas camadas subsuperficiais.

A possibilidade de excluir o S da adubação anual de manutenção pode contribuir para a redução dos custos da adubação, já que são baixos os teores de S do sulfato de cálcio (constituente do superfosfato simples e do gesso agrícola) e sulfato de amônio, principais fontes deste nutriente nas formulações NPK+S. Isto permitiria a utilização de fontes mais concentradas em fósforo e nitrogênio (superfosfato triplo, fosfatos de amônio e ureia), barateando os custos de transporte e aplicação por unidades de N e P_2O_5 . Assim, na linha de pesquisa em fontes alternativas de S são promissores os resultados da experimentação realizada na Embrapa Cerrados desde o início da década de 2000 com fertilizantes a base de S^o finamente moído ou “micronizado” incorporado nos grânulos de superfosfato triplo, fosfato monoamônico (MAP), cloreto de potássio e ureia. Estes produtos foram avaliados em experimentos com culturas anuais (soja, milho, trigo e sorgo sacarino) e *Panicum maximum* (cv. Tanzânia) no âmbito de contratos de cooperação técnica com empresas, principalmente a Adubos Trevo S/A e a Shell Brasil (representando a divisão Shell Sulphur Solutions). Como o enxofre elementar é praticamente puro (teor de S próximo a 100%), nas doses de manutenção requeridas sua inclusão na adubação representa pouco em termos de custo de transporte dos fertilizantes. Alguns destes fertilizantes experimentais apresentaram alta eficiência agrônômica, suprimindo S para as culturas já

no ano de aplicação, na linha de semeadura ou a lanço sem incorporação no sistema de plantio direto. Outros apresentaram oxidação mais lenta, incluindo produto consistindo de S^o fundido granulado com bentonita (argila expansível) avaliado já no final da década de 1990, cuja eficiência agrônômica foi inferior em relação ao gesso agrícola. Alguns destes fertilizantes apresentaram efeito residual superior em relação ao sulfato de cálcio para o cultivo subsequente sem reaplicação de S, principalmente cultivo irrigado na estação seca. Assim, alguns estes produtos mostram-se muito promissores na adubação anual de manutenção de S para culturas anuais.

A adubação com S para espécies forrageiras foi também estudada em experimentos com capins dos gêneros *Urochloa* (*Brachiaria*), *Panicum* e *Andropogon* e também leguminosas dos gêneros *Stylosanthes*, *Calopogonium* e *Centrosema*, além de pastagens consorciadas. Em experimentos exploratórios (vasos em casa-de-vegetação) foram observadas respostas positivas à adubação com S para vários solos da Embrapa Cerrados. Nas pastagens do Cerrado, fósforo e nitrogênio são os nutrientes que mais limitam a produtividade de forragem. Quando estes nutrientes são supridos, foi mostrado que a deficiência de S se torna também um importante fator limitante, e sua adubação em experimentos de campo propiciou significativos ganhos de produtividade de *Brachiaria decumbens*, *B. brizantha* e *Panicum maximum*, e consórcio de *Andropogon gayanus* e *Stylosanthes capitata*. Como estas gramíneas são perenes e apresentam sistema radicular bem desenvolvido em profundidade, utilizam com eficiência o S residual aplicado apenas no seu estabelecimento e retido nas camadas subsuperficiais, podendo-se dispensar por vários anos a adubação de manutenção com este nutriente, o que foi mostrado experimentalmente.

Os estudos básicos sobre o comportamento do sulfato nos solos do Cerrado e a experimentação de adubação com S já realizada e em andamento tem possibilitado recomendações de diferentes estratégias de manejo deste nutriente para os principais sistemas de cultivo na região.

Adubação com micronutrientes

Experimentos exploratórios em que foram avaliadas respostas de algumas culturas à adubação com micronutrientes tiveram início ainda no âmbito na Estação Experimental de Brasília do Instituto de Pesquisa Agropecuária do Centro-Oeste (IPEACO). Utilizando-se a técnica de “diagnose por subtração” em experimento de campo com a cultura do tomateiro em Latossolo argiloso foram verificadas severas deficiências de zinco e de boro, com sintomatologia típica e redução na produtividade.

Os primeiros experimentos mais detalhados, em que foram estudados os efeitos inicial e residual de doses de zinco e sua combinação com doses de calcário, foram instalados em 1972 no âmbito do convênio de cooperação técnica com a Universidade da Carolina do Norte (EUA). Estes experimentos tiveram continuidade até meados da década de 1980. Revelaram grandes respostas do milho e de outras culturas anuais ao zinco, doses ótimas econômicas deste nutriente e o longo efeito residual (pelo menos 13 anos) da adubação realizada no primeiro ano. Mostraram ainda a interação com a calagem, na qual os ganhos de produtividade em resposta à aplicação de zinco e a dose para corrigir sua deficiência aumentam com o pH do solo. Estes experimentos propiciaram também as primeiras estimativas no Cerrado e no país dos níveis críticos de zinco no solo, base para recomendações de adubação. Níveis críticos de $1,0 \text{ mg/dm}^3$, $0,7 \text{ mg/dm}^3$ e $1,4 \text{ mg/dm}^3$ de Zn pelos métodos Mehlich-1, DTPA e HCl $0,1 \text{ mol/L}$, respectivamente, foram estabelecidos já na décadas de 1970 para Latossolo Vermelho argiloso (em nível adequado de calagem). Verificou-se posteriormente que estes níveis críticos aumentam com o pH do solo.

Com a criação da Embrapa Cerrados, o manejo da adubação com micronutrientes foi um importante tema da pesquisa em fertilidade do solo. Experimentos exploratórios de campo de média duração com culturas anuais foram estabelecidos nas décadas de 1970 e 1980 nas principais unidades de solo da Embrapa Cerrados, Latossolos de textura média e argilosa

e Gleissolos de textura argilosa. Utilizou-se em geral a técnica da diagnose por subtração ou esquema fatorial fracionado, ambos com apenas duas doses de cada micronutriente (presença ou ausência), sendo que o último permitia avaliar efeitos de interação entre os micronutrientes. Verificou-se severa deficiência de zinco em todos estes solos, com significativos ganhos de produtividade para as culturas do arroz, milho, soja e mandioca com a aplicação de 4 kg/ha a 6 kg/ha de Zn, destacando-se o arroz com ganho de até mil por cento. Deficiências de cobre e boro foram verificadas para a soja nos experimentos exploratórios em Latossolo de textura média e Gleissolo argiloso. Em experimento de adubação do trigo com micronutrientes em Latossolo Vermelho-Amarelo argiloso verificou-se que a deficiência de boro era a responsável pelo “chochamento” de espiguetas que já vinha sendo observado na região, devido à esterilidade do grão de pólen induzida por esta deficiência, causando significativa redução na produtividade.

Frequentes deficiências de boro e cobre em solos de várzeas de Goiás, Minas Gerais, Tocantins, Bahia e Distrito Federal foram também reveladas em experimento exploratório em casa-de-vegetação com soja, estudo este realizado em meados da década de 1980 no âmbito do Programa Nacional para Aproveitamento de Várzeas Irrigáveis (Provarzeas).

Experimentos de média duração mais detalhados contemplando uma cultura e um micronutriente em particular foram também realizados em algumas classes de solos para definir doses ótimas, alternativas com relação ao modo de aplicação do micronutriente e determinar seus teores críticos no solo e na folha para fins de diagnose da deficiência em lavouras. Assim, doses ótimas de boro e cobre, seus efeitos residuais e interpretação dos seus teores na análise no solo para o trigo foram estudados na década de 1980 em Gleissolo Melânico. Conduzido durante 4 anos, verificou-se no experimento de adubação com boro que o “chochamento” e redução na produtividade na ausência da sua aplicação ocorreu apenas no terceiro cultivo, ano em que ocorreu alta temperatura e baixa umidade relativa do ar por ocasião da floração. Dose de aproximadamente 1 kg/ha de B aplicado no primeiro ano foi suficiente para se obter produtividades próximas às máximas no experimento.

Além do boro, mostrou-se que a deficiência de cobre também causa esterilidade do grão de pólen do trigo, independentemente das condições climáticas, com significativo reflexo na produtividade de grãos em todos os cultivos. Mostrou-se também neste tipo de solo, com alto teor de matéria orgânica, a superioridade dos métodos de análise química baseados em agentes complexantes (DTPA, Mehlich-3) na diagnose da disponibilidade de cobre em relação aos ácidos inorgânicos diluídos (Mehlich-1, HCl 0,1 mol/L). A dose de 2 kg/ha de Cu aplicado no primeiro ano foi suficiente para produtividades máximas de trigo durante os 4 anos do experimento.

Em estudo mais detalhado de adubação com zinco para o milho realizado em Latossolo argiloso no início da década de 1990 foi demonstrada a maior eficiência da sua aplicação em área total com incorporação ao solo em relação à aplicação na linha de semeadura no primeiro ano do experimento, e a possibilidade de suprir zinco através de pulverizações foliares com sulfato de zinco e peletização das sementes com óxido de zinco. Doses entre 1,2 kg/ha e 3,6 kg/ha de Zn aplicado em área total e incorporado no primeiro ano foram suficientes para se obter produtividades máximas durante três cultivos. Posteriormente, o mesmo foi estudado com relação à adubação com cobre para a soja em Latossolo de textura média, mostrando-se também a possibilidade de suprir o nutriente via adubação foliar com sulfato de cobre ou através da peletização das sementes com óxido de cobre. Produtividades máximas durante os 3 anos do experimento foram obtidas com dose inferior a 2 kg/ha de Cu aplicado em área total e incorporado no primeiro ano. Este último estudo mostrou ainda que o nível de suficiência (teor) de cobre na folha de soja considerado nas tabelas de interpretação da análise foliar adotadas no país até então estava muito superestimado, o que foi posteriormente corrigido.

A deficiência de manganês foi primeiramente diagnosticada para a soja em experimentos de seleção de genótipos na Embrapa Cerrados, no início da década de 1980. Verificaram-se baixos teores foliares de manganês nas plantas com sintomatologia típica da deficiência (clorose internerval das folhas novas ou medianas) associada a teores elevados de cálcio e magnésio

no solo, caracterizando excesso de calagem. Verificou-se ainda uma relação inversa entre o teor de manganês na folha e os teores de Ca + Mg no solo nestas áreas. Em experimento de campo realizado posteriormente com 81 genótipos de soja sob dois níveis de calagem, para seleção de materiais tolerantes ao alumínio, verificou-se significativo decréscimo nos teores foliares de manganês com o aumento do pH do solo, mais pronunciado em relação ao verificado para o zinco e o ferro, sendo ainda menor o efeito da calagem com relação ao teor foliar de cobre. A deficiência de manganês tornou-se um problema frequente em lavouras de soja no Cerrado, principalmente as mais antigas, quase sempre associada a excesso de calagem (solos com pH em água superior a 6,0). Experimentos realizados na década de 1990 comprovaram a eficácia da adubação foliar com sulfato de manganês como medida corretiva da deficiência para a soja, tendo sido estudadas diferentes concentrações de manganês na calda e frequência de aplicações ao longo do ciclo da cultura.

Além da soja, a mandioca também tem se mostrado muito sensível à deficiência de manganês. Experimentos recentes realizados em propriedade com sistema orgânico de produção em Brazlândia no DF também mostraram a eficácia da adubação foliar, mas em concentrações superiores de manganês em relação à soja. Alternativas de correção desta deficiência estão sendo estudadas, como a adubação com manganês e enxofre elementar (agente acidificante) no sulco de plantio e o tratamento de manivas com solução de sulfato de manganês.

Foi também estudada na Embrapa Cerrados a adubação com micronutrientes de culturas perenes e forrageiras, porém com poucos trabalhos realizados em relação às culturas anuais. Entre as culturas perenes destacam-se os estudos com cobre e zinco em seringueira, cujas deficiências verificadas nas fases de viveiro e jardim clonal puderam ser corrigidas através da adubação foliar. Também na fase de mudas, deficiências de zinco e cobre foram fatores limitantes ao desenvolvimento de *Eucalyptus urophylla* e *E. camaldulensis*, respectivamente. Com relação às forrageiras, as gramíneas (capins gordura e braquiária) mostraram-se pouco responsivas à aplicação

de micronutrientes nos experimentos realizados. Já as leguminosas são mais exigentes, respondendo à sua aplicação. Destacam-se os aumentos na produtividade de matéria seca de uma pastagem de capim-andropogon consorciado com *Stylosanthes capita* com a aplicação de molibdênio em Latossolo argiloso, e do *Stylosanthes guianensis* (cv. Bandeirantes) com a aplicação de cobre em Latossolo de textura média durante 4 anos. Neste último experimento, iniciado no final da década de 1980, a resposta ao cobre com relação à produtividade de sementes foi ainda mais pronunciada.

A análise dos teores de micronutrientes nos produtos colhidos, efetuada na maioria dos experimentos com micronutrientes realizados na Embrapa Cerrados, permite inferir sobre o potencial das adubações em aumentar o valor nutricional dos alimentos (biofortificação), já que são frequentes na população deficiências de alguns destes micronutrientes destacando-se o ferro e o zinco. Neste contexto, foram caracterizados os teores de ferro e zinco nas raízes de vários genótipos de mandioca na unidade, mostrando-se diferenças significativas com relação aos teores apenas do primeiro.

Fontes de zinco de baixa solubilidade em água, óxido e fritas (frited trace elements – FTE), testados na forma de pó, mostraram-se equivalentes ao sulfato de zinco (solúvel em água) com relação ao suprimento deste nutriente para o milho. Contudo, não foram ainda aqui realizados estudos com estas fontes na forma granulada, como são hoje comercializadas. Aspectos do potencial poluente do lodo de esgoto utilizado como fertilizante (fonte de fósforo e nitrogênio) foram estudados com relação a alguns micronutrientes e outros metais pesados (cádmio, mercúrio e chumbo), mostrando-se que são baixos os seus teores e riscos associados à utilização do material produzido nas estações de tratamento de esgoto de Brasília. Mais recentemente, foi estudada a disponibilidade de micronutrientes e elementos potencialmente tóxicos (às plantas ou ao homem) de rochas silicáticas, fontes alternativas de potássio.

Aspectos ecológicos relacionados aos micronutrientes e outros metais são temas de estudos em andamento. Levantamentos florísticos e análises químicas do tecido vegetal em áreas de afloramento de rochas ultramáfi-

cas no norte de Goiás, com altos teores de níquel e/ou cromo disponíveis às plantas nos solos saprolíticos, tem revelado espécies herbáceas nativas tolerantes ao níquel e hiperacumuladoras deste metal, características até então desconhecidas destas plantas. Algumas apresentam potencial para fitorremediação e fitominação. Aspectos da microbiologia destes solos também estão sendo estudados. Tecnologias de recuperação destas áreas degradadas pela mineração estão em desenvolvimento, consistindo da seleção de espécies nativas tolerantes a estas condições de solo, propagação e correção química dos rejeitos de mineração e subsolos expostos visando cobertura vegetal permanente e estabilização das áreas.

Os estudos com micronutrientes realizados na Embrapa Cerrados em experimentos de média e longa duração em solos responsivos às adubações, amplos no que se refere aos tratamentos de doses e alternativas de aplicação destes micronutrientes, completos no que se refere às avaliações de produtividade e caracterizações químicas do solo e tecido vegetal, permitiram a elaboração de tabela de interpretação da análise química do solo e recomendações de adubação com micronutrientes para as culturas em geral no Cerrado. Estes resultados contribuíram também para a definição dos níveis de suficiência de cobre, manganês e zinco nos solos com base no método (solução extratora) DTPA, adotado no estado de São Paulo em meados dos anos de 1990. Com sua ênfase na experimentação de campo, a Embrapa Cerrados foi a instituição que mais contribuiu na pesquisa em adubação com micronutrientes no país.

Considerações finais

O expressivo desenvolvimento da agricultura brasileira ocorrido a partir da década de 1970, baseado na expansão da área cultivada no caso de algumas culturas mas principalmente no aumento da produtividade, permitiu a reversão do problema de segurança alimentar que o país enfrentava na época, tornando-se ainda grande exportador de alimentos. A incorporação dos solos do Cerrado à agricultura foi uma das bases deste desenvolvimento. O

Cerrado responde hoje por aproximadamente 50% da soja e 50% do milho produzidos no Brasil, insumos básicos para a forte indústria animal do país, sendo ainda o complexo soja (grãos, farelo e óleo) nosso principal item de exportação. O Cerrado é também responsável por aproximadamente 35% do rebanho bovino, 30% da produção de leite, 40% do feijão, 25% do café e 90% do algodão produzidos no país.

O extenso trabalho de pesquisa realizado pela Embrapa Cerrados com ênfase na experimentação clássica de campo com experimentos bem planejados e conduzidos, complementada por estudos em laboratório e outros, permitiu grande avanço no conhecimento sobre o manejo da fertilidade dos solos do Cerrado e em alguns aspectos dos solos tropicais em geral. Este trabalho foi essencial à exploração agrícola racional destes solos, sendo a Embrapa Cerrados a principal instituição responsável pelo desenvolvimento das tecnologias de correção e manutenção da sua fertilidade (Tabela 1). O resultado deste trabalho é reconhecido como uma das principais contribuições da Embrapa ao desenvolvimento da agricultura brasileira. Recentemente, o pesquisador Djalma Martinhão Gomes de Sousa (in memoriam) foi agraciado com o “Prêmio Pesquisador Senior” 2017 do International Plant Nutrition Institute (IPNI Brasil), conferido anualmente em evento da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo a um pesquisador com relevante destaque científico no manejo responsável da nutrição das plantas.

Este trabalho da Embrapa Cerrados é reconhecido também internacionalmente. Norman Borlaug, agrônomo e melhorista de plantas, considerado o pai da Revolução Verde, prêmio Nobel da Paz em 1970, afirmou ser “uma das maiores conquistas da ciência agrícola do século XX” a transformação do Cerrado, última grande fronteira agrícola do mundo, “outrora uma região de planícies inférteis- em uma terra altamente produtiva para o cultivo de grãos”. Este reconhecimento veio por meio do World Food Prize 2006, conferido ao pesquisador A. Colin McClung do IBEC Research Institute pelas pesquisas pioneiras na correção da fertilidade dos solos do Cerrado realizadas a partir de meados da década de 1950, ao ministro da agricultura Alysso Paolinelli formulador de políticas públicas para o desenvolvimento agrí-

cola da região na década de 1970, e ao pesquisador em fertilidade do solo da Embrapa Cerrados Edson Lobato por suas contribuições e representando o protagonismo da instituição e sua equipe de pesquisa nesta conquista.

Tabela 1. Principais soluções tecnológicas desenvolvidas na Embrapa Cerrados relacionadas à correção da acidez do solo e adubação, apresentadas em 2015 na Reunião Anual de Apresentação de Resultados da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos, inseridas no Sistema GESTEC e disponibilizadas para a sociedade por meio do portal da Embrapa¹.

| Nº | Solução tecnológica | Tipo |
|----|--|-------------------------------|
| 1 | Amostragem de solo para caracterização da fertilidade do solo no Cerrado para culturas anuais | Processo/Prática Agropecuária |
| 2 | Interpretação da análise do solo e recomendação de calcário para correção da acidez superficial para culturas anuais no Cerrado | Processo/Prática Agropecuária |
| 3 | Interpretação da análise do solo e recomendação de gesso para correção da acidez subsuperficial para culturas anuais e perenes no Cerrado | Processo/Prática Agropecuária |
| 4 | Interpretação da análise de fósforo do solo para culturas anuais no Cerrado | Processo/Prática Agropecuária |
| 5 | Recomendação de adubação fosfatada corretiva para culturas anuais em solos do Cerrado | Processo/Prática Agropecuária |
| 6 | Recomendação de adubação fosfatada de manutenção para culturas anuais em solos do Cerrado | Processo/Prática Agropecuária |
| 7 | Recomendações de utilização dos fosfatos naturais brasileiros em aplicação direta e aproveitamento pela indústria nacional na produção de fertilizantes fosfatados | Processo/Prática Agropecuária |
| 8 | Interpretação da análise de potássio no solo e recomendação de adubação potássica para culturas anuais no Cerrado | Processo/Prática Agropecuária |
| 9 | Recomendação de adubação nitrogenada para culturas anuais no Cerrado | Processo/Prática Agropecuária |
| 10 | Interpretação da análise de sulfato no solo e recomendação de adubação com enxofre para culturas anuais no Cerrado | Processo/Prática Agropecuária |

Continua...

Tabela 1. Continuação.

| Nº | Solução tecnológica | Tipo |
|----|--|-------------------------------|
| 11 | Interpretação da análise de micronutrientes no solo e sua recomendação de adubação para culturas anuais no Cerrado | Processo/Prática Agropecuária |
| 12 | Correção do solo e adubação da cultura da soja no Cerrado | Processo/Prática Agropecuária |
| 13 | Correção do solo e adubação da cultura do milho no Cerrado | Processo/Prática Agropecuária |
| 14 | Correção do solo e adubação da cultura da cana de açúcar no Cerrado | Processo/Prática Agropecuária |
| 15 | Adubação para culturas anuais: recomendações de dosagens de fertilizantes para aumento da produtividade no Cerrado | Processo/Prática Agropecuária |
| 16 | Uso eficiente de Corretivos e Fertilizantes em Pastagens no Cerrado | Processo/Prática Agropecuária |
| 17 | Recomendação de correção da deficiência de micronutrientes em solos do Cerrado para a cultura da mandioca | Processo/Prática Agropecuária |
| 18 | Manejo da fertilidade do solo no pré-plantio e plantio do cafeeiro no Cerrado | Processo/Prática Agropecuária |
| 19 | Manejo do solo, nutrição e adubação do maracujazeiro-azedo na região do Cerrado | Processo/Prática Agropecuária |
| 20 | Calagem e adubação do maracujazeiro-doce | Processo/Prática Agropecuária |
| 21 | Adubação de mudas e jardim clonal de seringueira | Processo/Prática Agropecuária |
| 22 | Adubação de seringais no Cerrado | Processo/Prática Agropecuária |
| 23 | Manga - indicação de dosagens de gesso, calagem e nutrientes para controlar o amolecimento interno da polpa do fruto | Processo/Prática Agropecuária |

Continua...

Tabela 1. Continuação.

| Nº | Solução tecnológica | Tipo |
|----|---|-------------------------------|
| 24 | Fixação biológica de nitrogênio (FBN) e quantificação do suprimento de nitrogênio por adubos verdes | Processo/Prática Agropecuária |
| 25 | Adubação com mucuna-preta em solos do Cerrado | Processo/Prática Agropecuária |

¹ <https://www.embrapa.br/solucoes-tecnicas>.

Produtos, processos e serviços descritos no portfólio de tecnologias da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos

- 1) Adubação para Culturas Anuais: recomendações de dosagens de fertilizantes para aumento da produtividade no Cerrado
- 2) Amostragem de Solo para Caracterização da Fertilidade do Solo no Cerrado para Culturas Anuais
- 3) Correção da Acidez Superficial do Solo no Cerrado: recomendação para utilização de calcário
- 4) Gesso Agrícola no Café no Cerrado
- 5) Interpretação da Análise de Fósforo do Solo para Culturas Anuais no Cerrado
- 6) Interpretação da Análise do Solo e Recomendação de Calcário para Correção da Acidez Superficial para Culturas Anuais no Cerrado
- 7) Interpretação da Análise do Solo e Recomendação de Gesso para Correção da Acidez
- 8) Subsuperficial para Culturas Anuais e Perenes no Cerrado
- 9) Recomendação de Adubação Nitrogenada para Culturas Anuais no Cerrado
- 10) Uso do Gesso Agrícola em Pastagens no Cerrado

- 11) Uso do Gesso Agrícola na Cultura da Soja em Solos da Região de Cerrado
- 12) Uso do Gesso Agrícola na Cultura do Milho em Solos da Região de Cerrado
- 13) Uso Eficiente de Corretivos e Fertilizantes em Pastagens no Cerrado

Homenagens e reconhecimento

Dedicamos este capítulo à memória do colega pesquisador e autor Djalma Martinhão Gomes de Sousa (in memoriam). Contratado em 1975, ano da criação da Embrapa Cerrados, dedicou-se ininterruptamente à instituição por 45 anos. Muito das principais tecnologias e conhecimentos apresentados neste capítulo teve o seu protagonismo. Sua entusiasmada dedicação à pesquisa e a divulgação do conhecimento inspiram as novas gerações de pesquisadores em manejo do solo na Embrapa Cerrados.

Os autores gostariam de homenagear os colegas pesquisadores pioneiros em manejo da fertilidade do solo de nossa instituição, a maioria já aposentada. Os trabalhos de pesquisa realizados por eles a partir da década de 1970 (ou já antes disso) foram essenciais na viabilização da exploração agrícola dos solos do Cerrado: Allert Rosa Suhett, além de membro da equipe de pesquisa em fixação biológica de nitrogênio da Embrapa Cerrados, estudou aspectos do comportamento do nitrogênio nos solos e o manejo da adubação nitrogenada e de adubos verdes para o suprimento de nitrogênio às culturas, dedicando-se também à gestão da pesquisa como chefe técnico da Embrapa Cerrados e coordenador do Programa Nacional de Pesquisa (PNP) da Embrapa – Aproveitamento dos Recursos Naturais e Sócio-Econômicos dos Cerrados; Claudio Sanzonowicz se dedicou inicialmente à correção da acidez e adubação de pastagens, além de trabalhos com a cultura da soja e, posteriormente, à adubação do cafeeiro de sequeiro e irrigado com experimentos em andamento; Djalma Martinhão Gomes de Sousa (in memoriam) montou os laboratórios de análise química de solos

e de tecido vegetal da Embrapa Cerrados, estudou o comportamento do potássio nos solos, métodos para estimativa da necessidade de calagem, a correção da acidez subsuperficial com o uso do gesso e métodos para estimativa da sua necessidade, a interpretação da análise de fósforo nos solos e vários aspectos do manejo da adubação fosfatada com experimentos de longa duração em andamento; Edson Lobato, desde meados da década de 1960 na Estação Experimental de Brasília, se dedicou principalmente às pesquisas em manejo da adubação fosfatada e correção da acidez e às atividades de gestão da unidade e da pesquisa (chefia técnica e coordenação de PNP da Embrapa), com importante atuação na difusão dos resultados da pesquisa principalmente nas primeiras décadas da unidade; Enéas Zaborowsky Galrão, desde o final da década de 1960 na Estação Experimental de Brasília, foi o responsável pela maior parte dos estudos de adubação com micronutrientes realizados na Embrapa Cerrados; Jeanne Christine Claessen de Miranda estudou as micorrizas arbusculares e sua contribuição na nutrição fosfatada de culturas anuais, perenes e forrageiras; João Pereira estudou a adubação verde, o manejo dos restos culturais e outros aspectos relacionados à matéria orgânica do solo e o suprimento de nitrogênio às culturas, tendo trabalhado também na gestão da pesquisa (chefias técnica e geral da unidade e coordenação de PNP da Embrapa); José Eurípedes da Silva se dedicou a aspectos do manejo da adubação potássica e nutrição com cálcio e magnésio de culturas anuais, à caracterização e correção da acidez subsuperficial, à dinâmica da matéria orgânica nos solos do Cerrado e à utilização do lodo de esgoto como fertilizante, além de atividades de gestão (chefia administrativa e coordenação do laboratório de análise de solos e tecido vegetal da Embrapa Cerrados); José Roberto Rodrigues Peres se dedicou principalmente à pesquisa em fixação biológica de nitrogênio, com ênfase na seleção de estirpes de *rizobium*, a aspectos da adubação nitrogenada e manejo de restos culturais, e a gestão da unidade e da Embrapa (coordenação de PNP da Embrapa, chefias técnica e geral da Embrapa Cerrados e diretoria de pesquisa e desenvolvimento da Embrapa, entre outras); Júlio César Araújo Jorge de Magalhães (in memoriam) estudou aspectos da adubação do trigo, espécies de adubos verdes eficientes na utilização de fosfatos naturais e a adubação do cafeeiro;

Leo Nobre de Miranda se dedicou à pesquisa em correção de fósforo dos solos e outros aspectos do manejo da adubação fosfatada para várias culturas anuais, à correção da acidez no sistema de preparo convencional e posteriormente em plantio direto, ao estudo das micorrizas em sistemas agrícolas e à avaliação de fontes de nutrientes; Lourival Vilela, trabalhando inicialmente na pesquisa em melhoramento genético de soja da Embrapa Cerrados, dedicou-se principalmente ao manejo da adubação potássica para culturas anuais, ao manejo da fertilidade do solo para pastagens e posteriormente à integração lavoura-pecuária e integração lavoura-pecuária-floresta com experimentos em andamento; Milton Alexandre Teixeira Vargas estudou a fixação biológica de nitrogênio da soja e outras leguminosas, além de aspectos da adubação nitrogenada; Sueli Matiko Sano se dedicou ao estudo das micorrizas arbusculares e sua contribuição na nutrição fosfatada das culturas, e posteriormente a aspectos da utilização de espécies nativas do Cerrado; Wenceslau José Goedert se dedicou à pesquisa em adubação fosfatada, principalmente aos estudos de fontes alternativas de fósforo, além de longa atuação na gestão da pesquisa como Chefe Técnico e posteriormente Chefe Geral da Embrapa Cerrados, sendo também coordenador por parte da Embrapa do Convênio Embrapa/Petrofertil; Wilson Vieira Soares, desde meados da década de 1960 na Estação Experimental de Brasília, posteriormente na Embrapa Gado de Corte em Campo Grande e novamente na Embrapa Cerrados, estudou aspectos do manejo da fertilidade do solo para pastagens com ênfase na adubação fosfatada.

Colegas pesquisadores pioneiros na Embrapa Cerrados em outras áreas do conhecimento (fitotecnia, pastagens e produção animal, fruticultura, silvicultura, fisiologia vegetal, melhoramento genético e irrigação) também proporcionaram importantes contribuições como colaboradores ou responsáveis por estudos relacionados à fertilidade dos solos. Esse trabalho pioneiro de todos foi continuado e novos temas passaram a ser estudados pelos novos pesquisadores em fertilidade do solo e outros que aqui chegaram a partir da década de 1980, e que permanecem na unidade. A contribuição dos estudantes de universidades da região e outras, conduzindo aqui suas

pesquisas sob orientação ou co-orientação dos pesquisadores, tem sido cada vez mais importante.

Este trabalho de pesquisa realizado desde a década de 1970 foi possível com a diligente dedicação de toda a equipe de apoio da Embrapa Cerrados, assistindo e executando atividades de campo, laboratório e outras, a qual gostaríamos de agradecer.

Foi de fundamental importância a contribuição dos professores, estudantes de doutorado e consultores internacionais que aqui estiveram, principalmente nos primeiros 15 anos da instituição. Em nome destes, homenageamos Kenneth Dale Ritchey por seu trabalho realizado por mais de 10 anos, inicialmente como pesquisador associado da Universidade de Cornell e líder na Embrapa Cerrados do projeto de pesquisa em solos tropicais dessa Universidade, e posteriormente como consultor contratado pelo IICA/BIRD. Entre os vários temas de pesquisa com que esteve envolvido, destacam-se os estudos pioneiros no reconhecimento da acidez subsuperficial como fator limitante à produtividade das culturas, a diagnose destas limitações e sua correção com a utilização do gesso.

Referências

GOEDERT, W. J. (ed.). **Solos dos cerrados**: tecnologias e estratégias de manejo. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC; São Paulo: Nobel, 1986. 422 p.

MARTHA JUNIOR, G. B.; VILELA, L.; SOUSA, D. M. G. de (ed.). **Cerrado**: uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. 224 p.

SILVA, J. E. da; RITCHEY, K. D. Lixiviação de cálcio e crescimento de raízes em oxissolos de cerrado. In: SIMPOSIO SOBRE O CERRADO, 6., 1982, Brasília., DF. **Savanas**: alimento e energia. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1988. p. 707-725.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (ed.) **Cerrado**: correção do solo e adubação. 2. ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 416 p.



Germoplasma, Melhoramento Genético e Uso Diversificado das Passifloras

Fábio Gelape Faleiro

Ana Maria Costa

Sônia Maria Costa Celestino

Nilton Tadeu Vilela Junqueira

Cláudio Sanzonowicz

Tito Carlos Rocha de Sousa

Tadeu Graciolli Guimarães

Solange Rocha Monteiro de Andrade

Sebastião Francisco Figueredo

Marcelo Fideles Braga

Leide Rovenia Miranda de Andrade

Introdução

As passifloras, conhecidas popularmente por maracujás, são espécies de plantas que apresentam grande importância social e econômica na geração de empregos no campo, no setor de venda de insumos, nas agroindústrias e nas cidades, além de serem importantes opções de geração de renda principalmente para micro e pequenos fruticultores, especialmente aqueles ligados à agricultura familiar. O Brasil é o maior produtor e consumidor mundial de maracujás, com produção próxima de 1 milhão de toneladas por ano (IBGE, 2015).

No Brasil, as espécies com maior expressão comercial são a *Passiflora edulis* (maracujá-azedo) e a *Passiflora alata* (maracujá-doce). O maracujá-azedo é o mais conhecido, cultivado e comercializado em razão da qualidade de seus frutos e ao seu maior rendimento industrial. Além do maracujá-azedo e doce, outras espécies (*P. setacea*, *P. nitida*, *P. cincinnata*, *P. maliformis*, *P. quadrangularis*) e híbridos interespecíficos de maracujás têm grande potencial comercial no Brasil (Faleiro et al., 2015). O Cerrado é um

dos principais centros de diversidade do gênero *Passiflora*, de onde recursos genéticos de grande importância têm sido obtidos, caracterizados e utilizados no programa de melhoramento genético do maracujazeiro-azedo, doce e silvestre (Faleiro et al., 2011; 2012).

Desde o início da década de 1990, a Embrapa Cerrados e parceiros vêm desenvolvendo ações de pesquisa e desenvolvimento com o maracujazeiro (Embrapa Cerrados, 2015a), no sentido de aprimorar o sistema de produção; desenvolver novas cultivares por meio do melhoramento genético de espécies comerciais e silvestres, incluindo também tecnologias para o uso diversificado (maracujá-azedo, doce, ornamental e funcional-medicinal) e uso múltiplo (polpa, casca, sementes, folhas, flores e ramas) das diferentes espécies do gênero *Passiflora* (Figura 1).

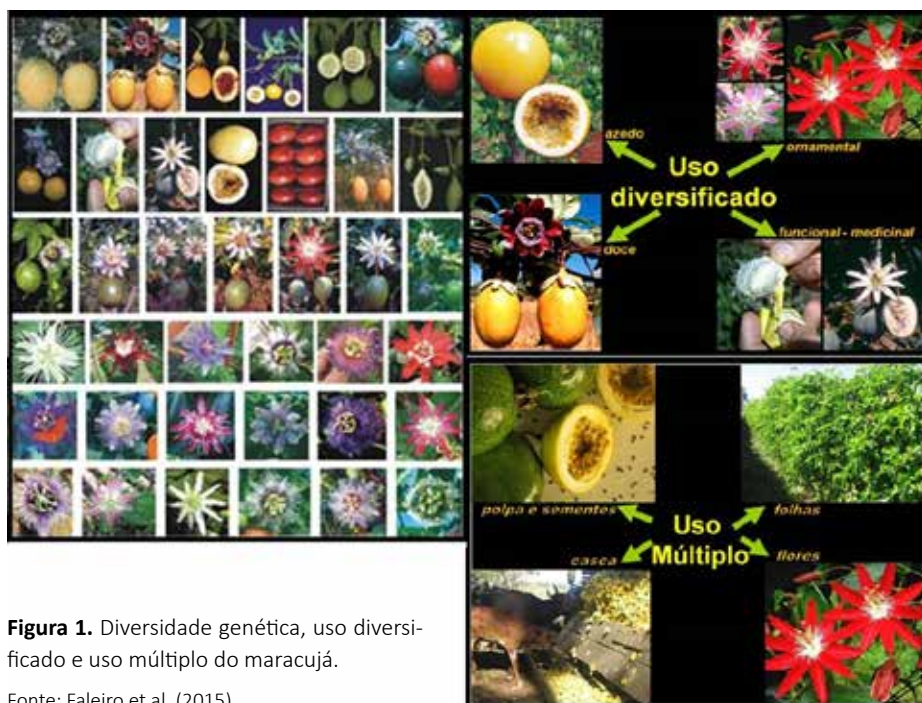


Figura 1. Diversidade genética, uso diversificado e uso múltiplo do maracujá.

Fonte: Faleiro et al. (2015).

As tecnologias desenvolvidas têm gerado novas alternativas de cultivo para os produtores e, no caso do maracujazeiro-azedo, têm permitido a ob-

tenção de produtividades acima de 50 t/ha/ano a qual é três vezes superior à produtividade média brasileira. Neste capítulo, é apresentado um pouco da história das ações de pesquisa e desenvolvimento com as Passifloras realizadas na Embrapa Cerrados e parceiros, listando as principais tecnologias geradas e disponibilizadas para a sociedade.

Um pouco da história das pesquisas com Passifloras na Embrapa Cerrados

O início das ações de pesquisa e desenvolvimento com as Passifloras na Embrapa Cerrados aconteceu com a chegada do pesquisador Nilton Tadeu Vilela Junqueira na década de 1990 (Figura 2). Nessa época, a fruticultura estava se desenvolvendo na região do Cerrado e a cultura do maracujá era uma das opções para médios e pequenos produtores. Na região do Cerrado, a produtividade média da cultura era próxima de 7 t/ha/ano, a qual é muito baixa, considerando o potencial da cultura que é superior a 50 t/ha/ano (Faleiro et al., 2008).



Foto: Fábio Gelape Faleiro

Figura 2. Nilton Tadeu Vilela Junqueira avaliando um dos primeiros experimentos com maracujá na Embrapa Cerrados.

O primeiro projeto realizado na Embrapa Cerrados com o maracujá, liderado por Nilton Junqueira, tratou do aprimoramento do sistema de produção de maracujá para o Cerrado. Este projeto envolveu uma equipe multidisciplinar da Embrapa Cerrados na área de fitotecnia, fitopatologia, solos, irrigação e economia. Importantes avanços foram obtidos nessas diferentes áreas. Logo em seguida, foi realizado um novo projeto com ênfase na seleção de matrizes e porta-enxertos de maracujazeiro-azedo visando ao controle de doenças e ao aumento da produtividade. Durante a realização desse projeto, foram selecionadas matrizes elite com base na resistência a doenças, qualidade de frutos e produtividade, as quais foram a base das primeiras cultivares de maracujazeiro-azedo da Embrapa lançadas em 2008 (Embrapa Cerrados, 2015b).

Na década de 2000, os programas de caracterização e uso de germoplasma e melhoramento genético das Passifloras foram estruturados em uma rede de pesquisa nacional, envolvendo várias unidades da Embrapa, universidades, instituições estaduais de pesquisa, órgãos de extensão rural e assistência técnica, além do setor produtivo (produtores, cooperativas, agroindústrias, viveiristas e produtores de sementes). Por meio dessas parcerias estratégicas, foi possível estruturar um conjunto de ações de P&D&I desde a caracterização do germoplasma até a validação das tecnologias geradas junto ao setor produtivo. Esta rede de parceria nacional tem permitido os testes das novas cultivares em condições comerciais em todos os estados do Brasil e em diferentes sistemas de produção (sequeiro, irrigado, orgânico, agroecológico, em estufa, etc.), considerando a realidade dos produtores, acelerando a transferência de tecnologia e o levantamento de demandas para os novos projetos de pesquisa.

O programa de melhoramento genético vem tendo uma continuidade de ações mediante a aprovação de projetos no Sistema Embrapa de Gestão e em instituições de fomento como o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes). Em 2016, iniciou-se a fase IV desse programa, cuja conclusão será em 2020. A qualidade das cultivares de maracujá desenvolvidas pela Embrapa despertou o interesse da iniciativa privada em

investir na logística de produção e comercialização de sementes e mudas que têm sido adquiridas por produtores de todos os estados do Brasil.

Por meio da rede nacional de parcerias, os programas de caracterização e uso de germoplasma e melhoramento genético têm realizado ações de pré-melhoramento, melhoramento e pós-melhoramento de espécies silvestres e comerciais de Passifloras, visando ao desenvolvimento de novas cultivares de maracujazeiro-azedo, doce e silvestre, para o uso como porta-enxertos, alimentos funcionais, plantas ornamentais e medicinais. Esse uso múltiplo e diversificado tem sido intensificado com as ações da Rede Passitec, que é uma rede internacional de pesquisa que trabalha o desenvolvimento tecnológico para o uso funcional de passifloras silvestres, envolvendo a caracterização de serviços ambientais importantes para a produção da planta, o conhecimento e a prospecção de bioativos, o desenvolvimento de novos produtos e processos para uso das polpas, das cascas, das sementes e das folhas de Passifloras, segurança de consumo e eficácia biológica, ajustes de sistemas de produção e estruturação da cadeia produtiva para que os produtos tecnológicos alcancem o mercado consumidor. As ações desta rede de pesquisa também estão tendo continuidade e, em 2017, iniciou-se a fase III.

As atuais ações de P&D&I com as Passifloras realizadas na Embrapa Cerrados e parceiros estão articuladas dentro de três Arranjos de projetos aprovados pelo Sistema Embrapa de Gestão: (1) Uso e valoração das passifloras brasileiras; (2) Prospecção em germoplasma de fruteiras e desenvolvimento de novos produtos; (3) Variedades competitivas de fruteiras tropicais.

Principais tecnologias geradas

As tecnologias geradas pelas ações de P&D&I com as Passifloras envolvem basicamente as recomendações técnicas e práticas para a melhoria dos sistemas de produção, o lançamento de cultivares de maracujazeiro-azedo, ornamental e silvestre e o desenvolvimento de processos e produtos

agroindustriais para aproveitamento integral de maracujazeiros comerciais e silvestres.

Com relação às recomendações técnicas e práticas para a melhoria dos sistemas de produção, merecem destaque as recomendações técnicas para produção de mudas, calagem e adubação, irrigação e fertirrigação, controle fitossanitário e de plantas invasoras, uso da polinização manual, desenvolvimento de sistemas de produção convencionais, orgânicos e agroecológicos e envolvendo o consórcio com outras culturas. Na Figura 3, são ilustradas algumas destas recomendações técnicas publicadas em documentos da Série Embrapa.

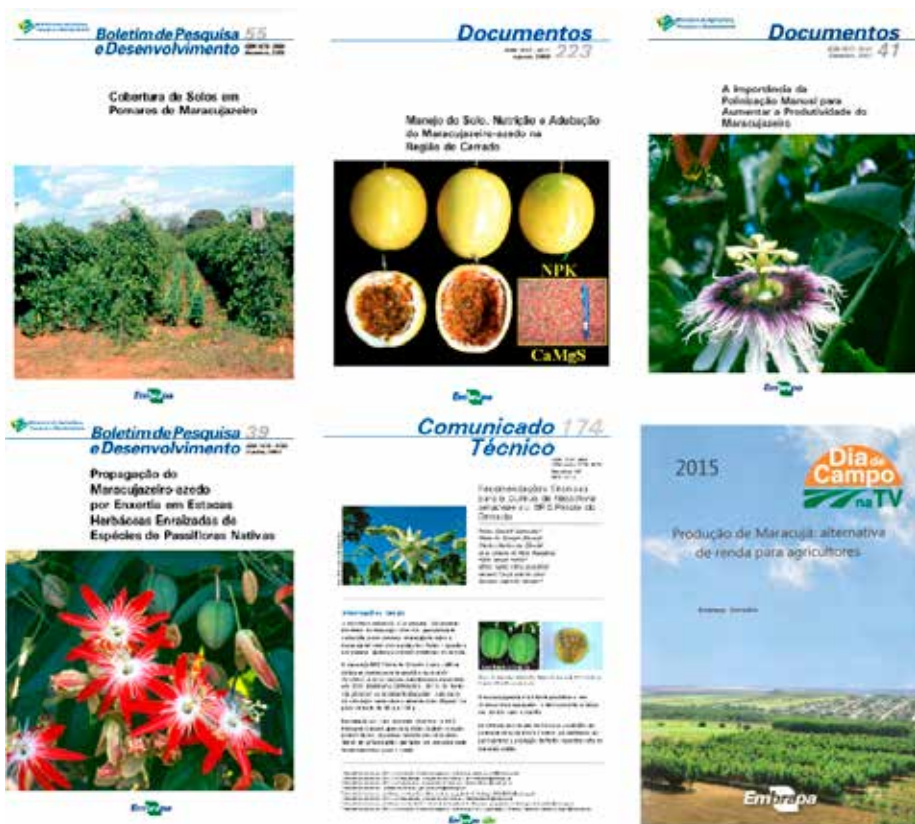


Figura 3. Exemplos de recomendações técnicas e práticas para a melhoria dos sistemas de produção do maracujazeiro publicadas em documentos da Série Embrapa.

Com relação ao lançamento de cultivares, merecem destaque as cultivares de maracujazeiro-azedo: BRS Gigante Amarelo, BRS Sol do Cerrado e BRS Ouro Vermelho lançados em 2008 (Embrapa Cerrados, 2015b) e a BRS Rubi do Cerrado lançada em 2012 (Embrapa Cerrados, 2015c); as cultivares de maracujazeiro-ornamental: BRS Estrela do Cerrado, BRS Rubiflora, BRS Roseflora, BRS Rosea Púrpura e BRS Céu do Cerrado (Embrapa Cerrados, 2015d) e BRS Pérola do Cerrado (Embrapa Cerrados, 2015e), primeira cultivar de maracujazeiro-silvestre registrada e protegida no Mapa, lançada em 2013 (Figura 4). É importante ressaltar que a base para o desenvolvimento dessas cultivares é o Banco de Germoplasma, ou seja, os recursos genéticos que foram caracterizados e utilizados na base dos cruzamentos e formação das populações de melhoramento genético. Os primeiros acessos desse banco foram coletados na década de 1990 e, na década de 2000, foi estruturado, institucionalizado e inaugurado o Banco Ativo de Germoplasma “Flor da Paixão” (Embrapa Cerrados, 2015f) (Figura 5).



Figura 4. Publicações com lançamentos de cultivares de maracujazeiro azedo, ornamental e silvestres lançadas pela Embrapa Cerrados e parceiros.



Fotos: Fabio Faleiro (a-f, j-l); Rachel Martins (g, h, i)

Figura 5. Construção, inauguração e uso do Banco Ativo de Germoplasma de Passifloras “Flor da Paixão” da Embrapa Cerrados.

Com relação aos processos e produtos agroindustriais, a Rede Passitec tem trabalhado de forma intensiva, desenvolvendo produtos tecnológicos a partir de polpa, de cascas, de sementes, de folhas e de outras partes das plantas tendo como princípio o aproveitamento integral dos frutos, aproveitamento de resíduos e a valoração das Passifloras silvestres por meio da agregação de valor e desenvolvimento de produtos com propriedades funcionais e medicinais (Embrapa Cerrados, 2015g).

Na Tabela 1, são listados os principais produtos tecnológicos desenvolvidos e caracterizados pelo grupo de trabalho *Germoplasma, melhoramento genético e uso diversificado das Passifloras*, os quais foram apresentados na *Reunião Anual de Apresentação de Resultados da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos* (Embrapa, 2015).

Tabela 1. Processos, produtos e serviços desenvolvidos na área relacionada ao germoplasma, melhoramento genético e uso diversificado das Passifloras, apresentados na Reunião Anual de Apresentação de Resultados da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos, inseridos no Sistema GESTEC e disponibilizados para a sociedade por meio do portal da Embrapa.

| Nº | Solução tecnológica | Tipo |
|----|---|--|
| 1 | Banco Ativo de Germoplasma 'Flor da Paixão' | Ativo de base tecnológica/ Banco de germoplasma |
| 2 | BRS Gigante Amarelo | Produto/Cultivar |
| 3 | BRS Ouro Vermelho | Produto/Cultivar |
| 4 | BRS Sol do Cerrado | Produto/Cultivar |
| 5 | BRS Rubi do Cerrado | Produto/Cultivar |
| 6 | BRS Estrela do Cerrado | Produto/Cultivar |
| 7 | BRS Rubiflora | Produto/Cultivar |
| 8 | BRS Roseflora | Produto/Cultivar |
| 9 | BRS Céu do Cerrado | Produto/Cultivar |
| 10 | BRS Rosea Púrpura | Produto/Cultivar |

Continua...

Tabela 1. Continuação.

| Nº | Solução tecnológica | Tipo |
|----|---|----------------------------------|
| 11 | BRS Pérola do Cerrado | Produto/Cultivar |
| 12 | BRS Sertão Forte | Produto/Cultivar |
| 13 | Uso de cobertura de solos em Pomares de Maracujazeiro | Processo/Prática agropecuária |
| 14 | Polinização Manual para Aumentar a Produtividade do Maracujazeiro | Processo/Prática agropecuária |
| 15 | Produção de Mudanças de Maracujá-doce | Processo/Prática agropecuária |
| 16 | Irrigação e fertirrigação do maracujá | Processo/Prática agropecuária |
| 17 | Calagem e Adubação do Maracujazeiro-doce | Processo/Prática agropecuária |
| 18 | Manejo do Solo, Nutrição e Adubação do Maracujazeiro-azedo na Região do Cerrado | Processo/Prática agropecuária |
| 19 | A produção de maracujá na região do Cerrado: caracterização socioeconômica | Serviço/Análise-Levantamento |
| 20 | Viabilidade econômica e financeira do maracujá híbrido BRS Gigante Amarelo no Distrito Federal | Serviço/Análise-Levantamento |
| 21 | Recomendações técnicas para o cultivo de <i>Passiflora setacea</i> cv. BRS Pérola do Cerrado | Serviço/Sistema de produção |
| 22 | Controle das principais doenças e pragas do maracujazeiro no cerrado | Processo/Prática agropecuária |
| 23 | Produção de mudas de maracujazeiro comercial e silvestre por meio da propagação vegetativa: estaquia e enxertia | Processo/Prática agropecuária |
| 24 | Processo para produção de massa base obtida de cascas de frutos de maracujá-azedo (<i>Passiflora edulis</i>) | Processo/Processo agroindustrial |

Continua...

Tabela 1. Continuação.

| Nº | Solução tecnológica | Tipo |
|----|--|----------------------------------|
| 25 | Processo para produção de farinha obtida de cascas de frutos de maracujá-azedo (<i>Passiflora edulis</i>) | Processo/Processo agroindustrial |
| 26 | Processo para produção de massa base liofilizada de cascas de frutos de maracujá-azedo (<i>Passiflora edulis</i>) | Processo/Processo agroindustrial |
| 27 | Processo de obtenção e aplicação de massa base extraída de frutos de maracujá alho (<i>P. tenuifila</i>) e liofilizada | Processo/Processo agroindustrial |
| 28 | Produção de mousse de todos os sabores enriquecida com fibras de maracujá | Processo/Processo agroindustrial |
| 29 | Extrato enriquecido em compostos fenólicos de sementes de Passiflora | Processo/Processo agroindustrial |
| 30 | Extrato de folha de Passiflora com propriedades anti-inflamatórias para prevenção e tratamento de ulcera gástrica | Processo/Processo agroindustrial |
| 31 | Concentrado adoçado base para iogurte | Processo/Processo agroindustrial |
| 32 | Iogurte com fibras de maracujá | Processo/Processo agroindustrial |
| 33 | Sobremesa láctea sabor coco enriquecida com fibras de maracujá | Processo/Processo agroindustrial |
| 34 | Queijo minas padrão com fibras de maracujá mexerica | Processo/Processo agroindustrial |
| 35 | Queijo tipo minas frescal adicionado de fibras de maracujá-azedo (Processo: massa base de maracujá) | Processo/Processo agroindustrial |
| 36 | Queijo adicionado de fibras de maracujá (Procedimento Farinha de Casca) | Processo/Processo agroindustrial |
| 37 | Requeijão enriquecido em fibras de maracujá | Processo/Processo agroindustrial |

Continua...

Tabela 1. Continuação.

| Nº | Solução tecnológica | Tipo |
|----|---|----------------------------------|
| 38 | Requeijão enriquecido em fibras de maracujá zero lactose | Processo/Processo agroindustrial |
| 39 | Produção de pães de todos os sabores enriquecidos com fibras de maracujá | Processo/Processo agroindustrial |
| 40 | Pão enriquecido tipo caseiro com fibras de maracujá (sabores) | Processo/Processo agroindustrial |
| 41 | Pão enriquecido tipo de forma com fibras de maracujá (sabores) | Processo/Processo agroindustrial |
| 42 | Pão de jatobá enriquecido com fibras de maracujá | Processo/Processo agroindustrial |
| 43 | Sopa de casca de maracujá sabor mandioquinha e frango | Processo/Processo agroindustrial |
| 44 | Sopa enlatada enriquecida com fibras de maracujá | Processo/Processo agroindustrial |
| 45 | Sopa pronta enlatada enriquecida com fibras e antioxidantes de <i>P. tenuifila</i> | Processo/Processo agroindustrial |
| 46 | Sorvete enriquecido em fibras de maracujá e fitoesteróis da soja sabor chocolate, sem utilização de espessante e com baixo teor de gordura e açúcares | Processo/Processo agroindustrial |
| 47 | Macarrão (pasta fresca) enriquecida com fibras de maracujá | Processo/Processo agroindustrial |
| 48 | Produção de doce pastoso de todos os sabores enriquecido com fibras de maracujá | Processo/Processo agroindustrial |
| 49 | Processo de obtenção e aplicação de massa base extraída de frutos de maracujá alho (<i>P. tenuifila</i>) | Processo/Processo agroindustrial |
| 50 | Geleia light de maracujá silvestre (<i>Passiflora setacea</i>) com aproveitamento das cascas da fruta | Processo/Processo agroindustrial |

Continua...

Tabela 1. Continuação.

| N° | Solução tecnológica | Tipo |
|----|--|----------------------------------|
| 51 | Equipamento processador de polpa | Produto/Máquina - equipamento |
| 52 | Método para produção de mudas de <i>Passiflora setacea</i> | Processo/Prática agropecuária |
| 53 | Bebida probiótica fermentada | Processo/Processo agroindustrial |
| 54 | Limpeza clonal do maracujá por microenxertia | Processo/Metodologia |
| 55 | Cultura do maracujazeiro (video) | Serviço/Sistema de produção |
| 56 | Mudas enxertadas do maracujazeiro azedo para controle da fusariose | Processo/Prática agropecuária |
| 57 | Produção de maracujá: alternativa de renda para agricultores (video) | Serviço/Sistema de produção |
| 58 | Curso 'Biotecnologia Aplicada à Agropecuária' | Serviço/Treinamento-Capacitação |
| 59 | Curso 'A cultura do maracujá: informações básicas para o produtor' | Serviço/Treinamento-Capacitação |
| 60 | Tecnologia do 'mudão' do maracujazeiro | Processo/Prática agropecuária |

Fonte: Embrapa, 2015.

Tecnologias geradas que necessitam de mais ações de comunicação e de transferência de tecnologia

Apesar do grande potencial de diferentes espécies de Passifloras, apenas a cadeia produtiva do maracujá-azedo foi totalmente estabelecida no Brasil. Muitos produtores de maracujá-azedo no Brasil conseguem produtividades abaixo de 15 t/ha/ano, que é considerada muito baixa, uma vez que produtores que usam cultivares melhoradas geneticamente e práticas

adequadas no sistema de produção podem obter produtividades acima de 50 t/ha/ano. Unidades de referência tecnológica em parceria com a iniciativa privada (produtores, associações e cooperativas) e com empresas públicas e privadas de extensão rural devem ser estabelecidas e utilizadas para a realização de dias de campo, cursos de capacitação, visitas técnicas e demais ferramentas utilizadas no processo de transferência de tecnologia.

Para a inserção no mercado das tecnologias voltadas ao aproveitamento de coprodutos do processamento do maracujá (variedades comerciais e silvestres), é necessário intensificar as ações para viabilizar a organização de agroprocessadoras especializadas na fabricação dos novos ingredientes e produtos, apoiar as ações para ajustes tecnológicos no ajuste do ambiente produtivo e promover a aproximação e a consolidação dos elos produtivos.

Além disso, ações de comunicação e marketing devem ser realizadas para as novas cultivares de maracujazeiro-ornamental e silvestre que estão sendo desenvolvidas, as quais são alternativas para geração de emprego e renda e para a diversificação de sistemas de produção, valorando e ajudando na conservação de uma rica biodiversidade essencialmente brasileira.

Produtos, processos e serviços descritos no portfólio de tecnologias da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos

- 1) Avaliação da Reação de Genótipos de Maracujazeiro ao Cowpea Aphid-borne Mosaic Vírus (CABMV)
- 2) Banco Ativo de Germoplasma de Passiflora spp. "Flor da Paixão"
- 3) Calagem e Adubação do Maracujazeiro-doce
- 4) Caracterização Socioeconômica da Produção de Maracujá na Região do Cerrado
- 5) Controle das Principais Doenças e Pragas do Maracujazeiro no Cerrado
- 6) Cultivo do Maracujá em Espaçamento Adensado
- 7) Cultivo do Maracujá em Estufa
- 8) Curso "A Cultura do Maracujá: informações básicas para o produtor"

- 9) Formulação Sopa de Frango com Mandioquinha e Casca de Maracujá
- 10) Geleia Light de Maracujá Silvestre (*Passiflora setacea*) com Aproveitamento das Cascas da Fruta
- 11) Limpeza Clonal do Maracujazerio por Microenxertia
- 12) Manejo da Irrigação e da Fertirrigação Nitrogenada na Produtividade e Qualidade do Maracujá-doce
- 13) Manejo do Solo, Nutrição e Adubação do Maracujazeiro-azedo na Região do Cerrado
- 14) Manuseio e Conservação Pós-Colheita de Frutos de *Passiflora setacea* e *Passiflora alata*
- 15) Maracujá – BRS Gigante Amarelo (BRS GA1)
- 16) Maracujá – BRS Ouro Vermelho (BRS OV1)
- 17) Maracujá – BRS Rubi do Cerrado (BRS RC)
- 18) Maracujá – BRS Sol do Cerrado (BRS SC1)
- 19) Maracujá-doce – BRS Mel do Cerrado (BRS MC)
- 20) Maracujá Ornamental – BRS Céu do Cerrado (BRS CC)
- 21) Maracujá Ornamental – BRS Estrela do Cerrado
- 22) Maracujá Ornamental – BRS Rosea Púrpura (BRS RP)
- 23) Maracujá Ornamental – BRS Roseflora
- 24) Maracujá Ornamental – BRS Rubiflora
- 25) Maracujá Silvestre – BRS Pérola do Cerrado (BRS PC)
- 26) Maracujá Silvestre – BRS Sertão Forte (BRS SF)
- 27) Massa Alimentícia Fresca Enriquecidas em Fibras de Maracujá
- 28) Tecnologia de Mudas de Maracujazeiro Tipo “Mudão”
- 29) Polinização Manual para Aumentar a Produtividade do Maracujazeiro
- 30) Preparado de Fruta a Partir de Massa Base de Casca de Maracujá *Passiflora edulis*
- 31) Processo de Obtenção e Aplicação de Massa Base Extraída de Frutos de Maracujá Alho (*P. tenuifila*)
- 32) Processo para Produção de Farinha Obtida de Cascas de Frutos de Maracujá-azedo (*Passiflora edulis*)

- 33) Processo para Produção de Massa Base Liofilizada de Cascas de Frutos de Maracujá-azedo (*Passiflora edulis*)
- 34) Processo para Produção de Massa Base Obtida de Cascas de Frutos de Maracujá-azedo (*Passiflora edulis*)
- 35) Produção de Doce Pastoso de Todos os Sabores Enriquecido com Fibras de Maracujá
- 36) Produção de Maracujá: alternativa de renda para agricultores
- 37) Produção de Mousse de Todos os Sabores Enriquecida com Fibras de Maracujá
- 38) Produção de Mudas de Maracujazeiro Comercial e Silvestre por meio da Propagação Vegetativa: estaquia e enxertia
- 39) Produção de Mudas de Maracujazeiro Silvestre
- 40) Produção de Mudas de Maracujazeiro-doce (*Passiflora alata* Curtis)
- 41) Produção de Pães de todos os Sabores Enriquecidos com Fibras de Maracujá
- 42) Queijo Adicionado de Farinha de Maracujá
- 43) Queijo Tipo Minas Frescal Adicionado de Fibras de Maracujá Amarelo
- 44) Queijo Tipo Minas Frescal Adicionado de Fibras de Maracujá Mexericá
- 45) Recomendação de Espécies Leguminosas para Cobertura de Solo em Pomares de Maracujazeiro
- 46) Requeijão Ligth com Fibras de Maracujá
- 47) Sorvete Enriquecido em Fibras de Maracujá e Fitoesteróis da Soja Sabor Chocolate, sem Utilização de Espessante e com Baixo Teor de Gordura e Açúcares
- 48) Tecnologia de Mudas Enxertadas do Maracujazeiro-azedo para Controle da Fusariose
- 49) Uso da Polpa, das Sementes e da Casca do Maracujá-doce no Processamento de Alimentos
- 50) Uso de Indutores de Resistência e Fertilizantes Foliares no Controle de Doenças e Incremento da Produtividade do Maracujazeiro-azedo
- 51) Viabilidade Econômica e Financeira do Maracujá Híbrido BRS Gigante Amarelo no Distrito Federal

Referências

- EMBRAPA CERRADOS. **Lançamento da cultivar de maracujazeiro silvestre BRS Pérola do Cerrado**. 2015e. Disponível em: <http://www.cpac.embrapa.br/lançamentoperola>. Acesso em: 20 dez. 2015.
- EMBRAPA CERRADOS. **Lançamento do híbrido de maracujazeiro azedo - BRS Rubi do Cerrado**. 2015b. Disponível em: <http://www.cpac.embrapa.br/lançamentobrsrubidocerrado>. Acesso em: 20 dez. 2015.
- EMBRAPA CERRADOS. **Maracujá: pesquisa e desenvolvimento**. 2015a. Disponível em: <http://www.cpac.embrapa.br/maracuja/inicio>. Acesso em: 20 dez. 2015.
- EMBRAPA CERRADOS. **Memória da inauguração do Banco de Germoplasma “Flor da Paixão”**. 2015f. Disponível em: <http://www.cpac.embrapa.br/inauguracaobag>. Acesso em: 20 nov. 2015f.
- EMBRAPA CERRADOS. **Memória do lançamento dos híbridos de maracujazeiro Azedo**. 2015b. Disponível em: <http://www.cpac.embrapa.br/lançamentoazedo>. Acesso em: 20 dez. 2015.
- EMBRAPA CERRADOS. **Memória do lançamento dos híbridos de maracujazeiro Ornamental**. 2015d. Disponível em: <http://www.cpac.embrapa.br/lançamentoornamental>. Acesso em: 20 dez. 2015.
- EMBRAPA CERRADOS. **Rede Passitec: desenvolvimento tecnológico para uso funcional das passifloras silvestres**. 2015g. Folder técnico. Disponível em: <http://www.cpac.embrapa.br/publico/usuarios/uploads/noticia/Tecnologias%20Passitec.pdf>. Acesso em: 8 set. 2015.
- EMBRAPA. **Produtos, processos e serviços**. 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/produtos-processos-e-servicos>. Acesso em: 20 dez. 2015.
- FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F.; OLIVEIRA, E. J. de; PEIXOTO, J.R.; COSTA, A. M. **Germoplasma e melhoramento genético do maracujazeiro: histórico e perspectivas**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2011. 26 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 307).
- FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F. Pesquisa e desenvolvimento do maracujá. In: ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, R. C. (ed.). **Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. Brasília, DF: Embrapa, 2008. p. 411-416
- FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F.; COSTA, A. M. **Conservação e caracterização de espécies silvestres de maracujazeiro (*Passiflora spp.*) e utilização potencial no melhoramento genético, como porta-enxertos, alimentos funcionais, plantas ornamentais e medicinais - resultados de pesquisa**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2012. 34 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 312).
- FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; COSTA, A. M. **Ações de pesquisa e desenvolvimento para o uso diversificado de espécies comerciais e silvestres de maracujá (*Passiflora spp.*)**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2015. 26 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 329).
- IBGE. **Séries históricas e estatísticas: lavoura permanente – quantidade produzida**. Disponível em: <http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=PA9&t=lavoura-permanente-quantidade-produzida>. Acesso em: 8 set. 2015.

Soja: cultivares e sistema de produção¹

Sebastião Pedro da Silva Neto

André Ferreira Pereira

Retrospectiva histórica

A criação do Centro de Pesquisa Agropecuária do Cerrado, em 1975, foi de fundamental importância para o desenvolvimento da cultura da soja nas regiões produtoras localizadas no bioma Cerrado. A relevância das pesquisas realizadas na Embrapa Cerrados deu-se em três frentes principais: a correção da fertilidade dos solos; a seleção de estirpes de bactérias fixadoras de nitrogênio da espécie *Bradyrhizobium japonicum*; e o desenvolvimento contínuo de novas cultivares de soja por meio do melhoramento genético voltado às condições agroclimáticas do Cerrado.

A primeira referência de cultivo da soja no Brasil data de 1882. Porém, o cultivo comercial dessa leguminosa só começou a ter expressão econômica em meados da década de 1940, no Rio Grande do Sul. Nesse início, aproveitaram-se as cultivares americanas, tais como, Lee, Bragg, Majos, Hardee, entre outras, que eram cultivadas no Sul dos Estados Unidos em latitudes semelhantes às do Sul do Brasil (Figura 1).

¹ Este Capítulo contou com a colaboração técnica de Sérgio Abud da Silva, funcionário da Embrapa Cerrados.

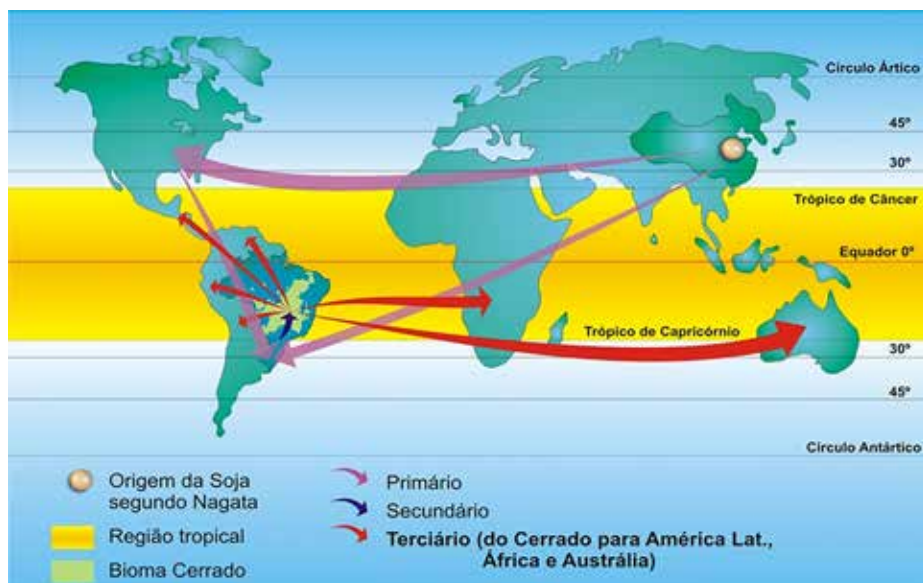


Figura 1. Ilustração esquemática da expansão da soja da região subtropical do Brasil para a região tropical.

Fonte: Adaptado de Nagata e Miyasaka.

A soja é considerada uma planta de clima subtropical ou temperado, por isso, praticamente toda a área mundial cultivada com essa cultura na década de 1970 estava localizada em latitudes maiores que 25°, em que prevalecem essas condições de clima. Na região tropical do Brasil, onde se concentra o bioma Cerrado, as latitudes são menores que 23° Sul. Com isso, o grande desafio para se produzir soja nessa região seria desenvolver cultivares adaptadas a baixas latitudes (regiões mais próximas a linha do Equador), tecnologias de manejo da cultura, correção e fertilização dos solos consideradas, naquela época, impróprias para a agricultura na região.

A principal limitação da planta de soja é sua sensibilidade ao comprimento do dia (fotoperíodo), que varia conforme a latitude e a época do ano. As cultivares desenvolvidas até a década de 1970 no Sul do Brasil, quando cultivadas ao longo da região tropical, não cresciam, pois eram induzidas a florescer precocemente, gerando plantas de porte baixo e ciclo muito cur-

to. Esse fato resultava, além de uma produtividade baixa e antieconômica, em uma altura de planta que inviabilizava o uso da colheita mecânica, tão necessária em uma cultura de grande escala como a soja.

Especificamente quanto ao melhoramento genético, as pesquisas realizadas pela equipe da Embrapa Cerrados reforçaram a rede de pesquisas existente na região desde o princípio da década de 1960 (Santos; Costa, 1981). A infraestrutura e a força de trabalho da Embrapa Cerrados se juntaram às de órgãos públicos de pesquisa, como o Instituto de Pesquisa Agropecuária do Centro-Oeste (IPEACO), Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), Instituto de Pesquisas IRI, de Matão-SP, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Secretarias de Estado da Agricultura de Goiás (ACAR-GO, posteriormente Emgopa, Emater-GO e Agência Rural), Minas Gerais (Epamig) e Fundação Zoobotânica do Distrito Federal (FZDF) e nos estados brasileiros (Pereira, 1981).

Havia também naquela época, segunda metade da década de 1970, iniciativas de cunho privado visando o desenvolvimento da cultura da soja ao norte da região Sul, como a Fazenda Veredas (localizada no Município de Cristalina, GO), do empresário Luiz de Souza Lima, e a FT Pesquisa e Sementes, conduzida pelo engenheiro-agrônomo Francisco Terasawa (Pedro Moreira da Silva Filho, Comunicação pessoal).

Todas estas instituições faziam ensaios regionais de competição de cultivares em rede, até o advento da Lei de Proteção de Cultivares em 1997. Atuando dessa forma, a Embrapa Cerrados teve colaboração importante no lançamento das primeiras cultivares adaptadas aos Cerrados do Planalto Central, como as cultivares ‘Cristalina’ e ‘Doko’ (Terasawa; Silva Filho, 1981).

A adaptação da soja às condições de baixas latitudes

A adaptação da soja às condições de latitude das regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste foi um dos maiores desafios para o programa de melhoramento da Embrapa. Enquanto as áreas disponíveis para agricultura em

larga escala no Sul do País começavam a se tornar escassas, havia áreas em abundância e a baixo custo na região Tropical, mais precisamente, no Cerrado. Portanto, até meados dos anos 1970 não existia cultivar de soja que permitisse o cultivo econômico e seguro na região Tropical, pois as cultivares já existentes eram todas desenvolvidas em regiões de clima temperado ou subtropical, em latitudes longas, distantes do Equador.

Outro desafio para a expansão agrícola do Cerrado era conseguir uma cultura que, de imediato, permitisse retorno adequado ao investimento de compra, ao desmatamento e à correção dos solos de Cerrado, em sua grande maioria, muito pobres em fertilidade. Na época, a única opção era o arroz de sequeiro, que pouco exigia na correção do solo, porém era de alto risco, pois seus cultivos eram perdidos com frequência, em virtude da sua fragilidade para superar os veranicos (curtos períodos de estiagem frequentes na região do Cerrado).

A Embrapa, por meio dos seus centros de pesquisa, em especial a Embrapa Cerrados e a Embrapa Soja, começou a pesquisar a cultura da soja para a região tropical em 1974. Naquela época, o cultivo econômico da soja era considerado quase impossível nessa região por muitos técnicos e pesquisadores ligados à soja no mundo inteiro, os quais acreditavam que a solução seria conseguir uma cultivar que fosse insensível à variação do comprimento dos dias (variação do fotoperíodo). Entretanto, os pesquisadores da Embrapa Soja e da Embrapa Cerrados acreditavam que seria possível utilizar o melhoramento genético para adaptação da cultura à região tropical. Dessa forma, haveria possibilidade de se obter cultivares que tivessem o ciclo normal, crescessem e produzissem satisfatoriamente nessa região, como as que eram cultivadas nas regiões de clima subtropical no Sul do Brasil, nos Estados Unidos e na China.

Os trabalhos com a cultura da soja na Embrapa Cerrados intensificaram-se no final de 1975 com os mesmos objetivos, mas com maior amplitude, capacidade de teste e apoio da equipe de melhoramento da Embrapa Soja, unidade que coordena a pesquisa dessa leguminosa no Brasil. Em decorrência da sua localização estratégica na região tropical, a Embrapa Cer-

rados sempre testou material genético, como bulks oriundos da Embrapa Soja, a qual sempre alimentou um grande espírito de equipe entre todos os pesquisadores de soja da Embrapa e do Brasil. Já naquela época, a Embrapa, por meio da Embrapa Cerrados, teve a oportunidade de experimentar os primeiros retornos dos esforços despendidos, pois identificou, entre centenas de linhagens oriundas do CNPSo, a linhagem Lo75-2760, que resultou na cultivar Doko.

Essa cultivar teve grande relevância para a região tropical do Brasil, visto que permitiu, na época, a abertura de novas áreas, de forma econômica, pois o retorno do capital investido era mais rápido e mais seguro, inclusive no que se refere a menores danos ao meio ambiente. Esse foi um passo decisivo na viabilização da cultura da soja e, conseqüentemente, no estabelecimento do agronegócio na região tropical do país.

Evolução do cultivo da soja no bioma Cerrado

Em razão da grande adaptabilidade, estabilidade e rusticidade da cultivar Doko, iniciou-se, no Cerrado, o processo de cultivo da soja em larga escala. Essa realidade abriu espaço para as novas e, inicialmente, raras cultivares produtivas, mas exigentes em fertilidade do solo, tal como a também importante cultivar FT-Cristalina. Entretanto, essas novas variedades só podiam ser cultivadas em solos a partir do segundo e do terceiro ano de cultivo, ou seja, naquelas áreas onde a cultivar Doko já havia sido estabelecida e, por consequência, a fertilidade do solo já estava melhorada e corrigida em características químicas e biológicas ou mais próximas às exigências dessas cultivares.

Conforme citado, as tecnologias de correção e adubação do solo e fixação de nitrogênio desenvolvidas pela Embrapa Cerrados e outras instituições tiveram papel importante no estabelecimento da cultura da soja no Cerrado. Informações detalhadas dessas tecnologias podem ser obtidas em Arantes e Souza (1993); Sousa e Lobato (1996) e Sousa e Lobato (2002).

Nos primeiros anos da década de 1980, época em que a região do Cerrado brasileiro começava a ser aberta para a agricultura, a Doko e a FT-Cristalina tornaram-se, por vários anos, as cultivares mais plantadas na região e, como consequência, no Brasil, pois eram cultivadas do Mato Grosso do Sul até o Maranhão. Nos dias atuais, mais de 60% da produção nacional de soja encontra-se na região tropical do Brasil, em especial, no Cerrado (Figura 2).

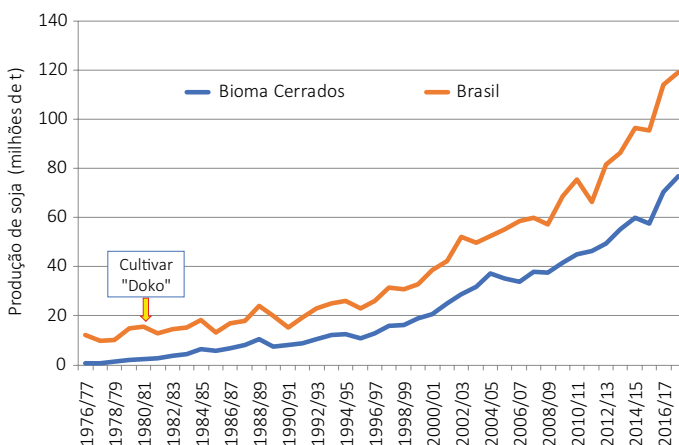


Figura 2. Evolução anual da produção de soja no bioma Cerrado e no Brasil em milhões de toneladas.

Fonte: Conab, 2018.

Uma das estratégias que tiveram grande importância para a expansão da soja na região tropical do Brasil foi a implementação da rede de pesquisa cooperativa, coordenada pela Embrapa. Dessa rede de pesquisa, participavam pesquisadores da Embrapa e de instituições estaduais, conduzindo ensaios de competição de cultivares de soja. Esses ensaios eram compostos de cultivares dos programas de pesquisa dessas instituições que eram testadas em quase toda a região centro norte do Brasil. Assim, com baixo custo, obtendo resultados do comportamento agrônomo dos genótipos em toda essa região. Consequentemente, os pesquisadores faziam o posicionamento e o lançamento de cultivares de soja com maior adaptabilidade e estabilidade de rendimento (Figura 3).

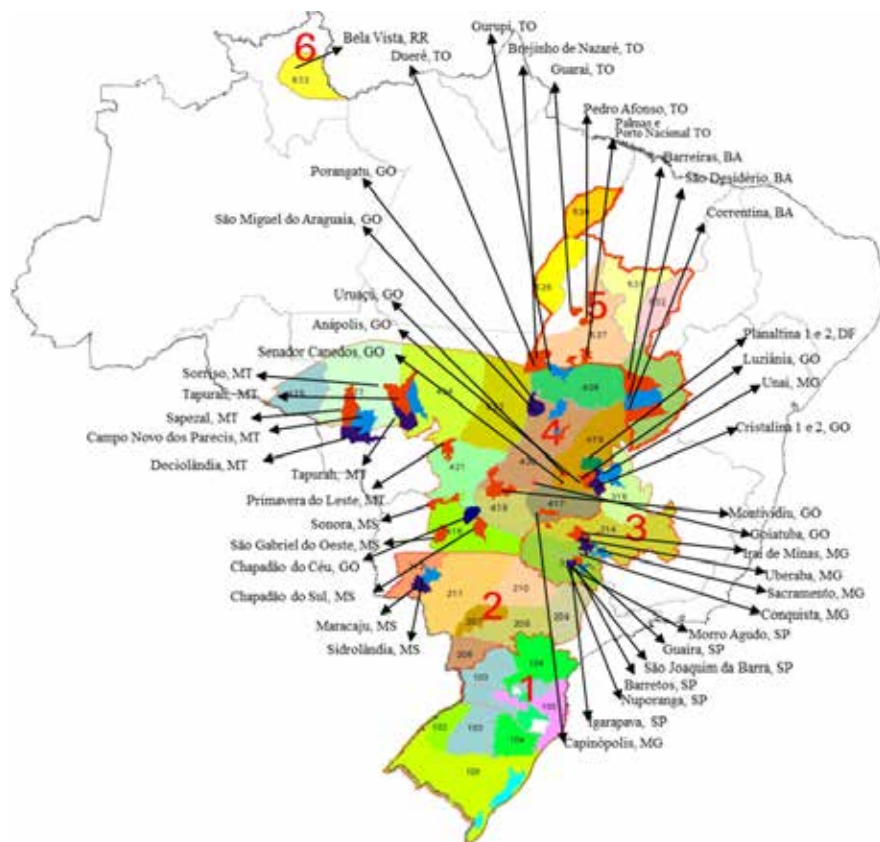


Figura 3. Macrorregiões de cultivo da soja no Brasil e municípios onde foram instalados os ensaios dessa cultura da rede Central e Norte/Nordeste. Safra 2003/2004.

Além da decisiva participação no desenvolvimento da cultivar ‘Doko’, em meados dos anos 1970 e início dos anos 1980, a Embrapa Cerrados, por meio de sua equipe de pesquisa de soja, desenvolveu ou participou da geração de dezenas de cultivares, conforme a Tabela 1.

No início do ano 2000, a Embrapa Cerrados teve participação decisiva no desenvolvimento das quatro primeiras cultivares transgênicas da Embrapa para a região tropical do Brasil (BRS Valiosa RR, BRS Baliza RR, BRS Silvânia RR e BRS Favorita RR). Essas cultivares foram desenvolvidas em um momento muito importante para os produtores de soja dos Trópicos, pois,

caso contrário, ficariam restritos às poucas cultivares transgênicas RR das empresas multinacionais. As cultivares da Embrapa não só ajudam a elevar a produtividade e segurança das lavouras como também a baixar o custo das sementes com novas características, como foi o caso das “RRs” (tolerantes ao glifosato) e das “IPRO” (tolerantes ao glifosato e resistentes a lagartas pelo gene RR2Bt).

Tabela 1. Cultivares desenvolvidas na Embrapa Cerrados e cultivares que contaram com sua participação no desenvolvimento, bem como as produções de soja no Cerrado e no Brasil, no período de 1970 a 2017.

| Subperíodo | Brasil (mil t) | Produção (mil t) | Cerrados (%) | Cultivares de soja desenvolvidas no período |
|-------------|----------------|------------------|--------------|---|
| 1970 a 1979 | 5.701 | 227 | 4 | - |
| 1980 a 1985 | 12.815 | 3.938 | 31 | Doko, BR9 Savana*, Numbaíra |
| 1986 a 1990 | 18.487 | 7.808 | 42 | Mato Grosso |
| 1991 a 1995 | 21.770 | 10.387 | 48 | Itiquira* |
| 1996 a 2000 | 28.766 | 14.735 | 51 | BRS 217 (Flora)*, BRS 218 (Nina)*, BRS Celeste*, BRS Carla*, BRS Milena*, BRSMT Crixás, Emgopa 315, Emgopa 316, BRS Rosa*, Embrapa 20 (Doko RC) |
| 2001 a 2005 | 46.722 | 28.644 | 61 | BRSGO Raíssa*, BRS Baliza RR*, BRS Péta*la*, BRS Silvânia*, BRSGO Amaralina*, BRS Serena*, BRSGO Indiara*, BRS Raimunda*, BRS Rosa*, BRSMG Liderança, BRSMG Garantia, BRS Valiosa, BRSGO Luziânia, BRSGO Mineiros, BRSGO Caiapônia, BRSMG 251 (Robusta), BRSGO Santa Cruz, BRSGO Ipameri, BRSGO Goiatuba, BRSGO Chapadões BRSMG 250 (Nobreza), BRS 204 (Goiânia) BRS Favorita, BRSGO Paraíso, BRS Nova Savana |
| 2006 a 2010 | 53.838 | 34.212 | 64 | BRS Princesa* BRS Juliana RR* BRS Gisele RR*, BRS Graciosa* |

Continua...

Tabela 1. Continuação.

| Subperíodo | Brasil (mil t) | Produção (mil t) | Cerrados (%) | Cultivares de soja desenvolvidas no período |
|--------------|-------------------|---------------------|-----------------|---|
| 2011 a 2015* | 96.228 | 58.035 | 60 | BRS 6780, BRS 7380RR, BRS 7480RR, BRS 7481, BRS 7580, BRS 7680RR, BRS 7780IPRO, BRS 7980, BRS 8082CV, BRS 8180RR, BRS 8280RR, BRS 8381, BRS 8480, BRS 8482CV, BRS 8580, BRS 8581, BRS 8780, BRS 8781RR, BRS 9080RR, |
| 2016/17* | 113.923 | 67.706 | 59 | BRS 6980, BRS 7280RR, BRS 9180IPRO, BRS 9280RR e BRS 9383IPRO |

*Desenvolvidas pela equipe de soja da Embrapa Cerrados.

Com o desenvolvimento da soja na região de Cerrado do Brasil, houve a intensificação dos problemas fitossanitários, entre eles o crescimento de problemas com os nematoides-de-galhas (*Meloidogyne incognita* e *M. javanica*), a introdução e a dispersão do nematoide do cisto-da-soja (*Heterodera glycines*) nas áreas de produção, a ampliação do nematoide das lesões radiculares (*Pratylenchus brachyurus*) e do reniforme (*Rotylenchulus reniformis*). Nesse contexto a equipe de pesquisa em soja da Embrapa Cerrados intensificou o processo de seleção de cultivares resistentes a nematoides sempre buscando atender às demandas do setor produtivo (Tabela 2).

A partir da entrada da ferrugem-asiática da soja no Brasil, a doença mais agressiva e destrutiva da cultura, foram intensificadas as estratégias para o manejo da doença e a busca por cultivares resistentes. O desenvolvimento de cultivares resistentes demanda longo prazo e ainda está em estudo e as primeiras cultivares com genes de resistência começaram a ser lançadas em 2017 (BRS 7280RR). Com isso, foi desenvolvido o Consórcio Antiferrugem para o monitoramento da evolução da doença e o estabelecimento do vazio sanitário da soja, período durante o qual seria proibido semear ou manter plantas de soja vivas no campo (Dall’Agnol, 2016).

Tabela 2. Características de algumas cultivares de soja desenvolvidas pela Embrapa Cerrados.

| Cultivar | Tecnologia | Ciclo médio (dias) | População final plantas/ha | | | Indicação (regiões edafoclimáticas e estados – REC) | Característica |
|------------|--------------|--------------------|----------------------------|---------|---------|--|---|
| | | | Baixa | Média | Alta | | |
| BRS 6780 | Convencional | 90 - 98 | 400.000 | 380.000 | 360.000 | 301 (GO), 304 (GO e DF), 401 (GO) | Convencional |
| BRS 6980 | Convencional | 95 - 100 | 400.000 | 380.000 | 360.000 | 301 (GO), 304 (GO e DF), 401 (GO) | Convencional |
| BRS 7280RR | RR | 96 - 102 | 400.000 | 380.000 | 360.000 | 301 (GO), 304 (GO e DF), 401 (GO) | Resistência a Ferrugem Asiática da Soja |
| BRS 7380RR | RR | 98 - 105 | 240.000 | 220.000 | 200.000 | 301 (GO), 303 (GO e MG), 304 (GO, MG e DF), 401 (GO e MT), 402 (MT) e 403 (MT) | Resistência a <i>M. incognita</i> e <i>javanica</i> , Resistência a Nematóide do Cisto da Soja - NCS (raças 3, 4, 6, 9, 10 e 14) e baixo fator de reprodução à <i>Pratylenchus brachyurus</i> |
| BRS 7480RR | RR | 98 - 108 | 260.000 | 240.000 | 220.000 | 301 (GO), 304 (GO e DF), 401 (GO, MT) e 402 (MT) | Resistência a <i>M. incognita</i> e <i>javanica</i> , NCS (raças 1 e 3) |
| BRS 7481 | Convencional | 99 - 108 | 260.000 | 240.000 | 220.000 | 301 (GO), 304 (DF e GO), 401 (MT), 402 (MT) e 403 (MT) | Resistência a <i>M. incognita</i> e <i>javanica</i> |
| BRS 7580 | Convencional | 100 - 110 | 260.000 | 240.000 | 220.000 | 303 (GO, MG), 304 (DF e GO) | Resistência a NCS (raça 3) |

Continua...

Tabela 2. Continuação.

| Cultivar | Tecnologia | Ciclo médio (dias) | População final plantas/ha | | | Indicação (regiões edafoclimáticas e estados – REC) | Característica |
|--------------|--------------|--------------------|----------------------------|---------|---------|---|--|
| | | | Fertilidade* | | | | |
| | | | Baixa | Média | Alta | | |
| BRS 7680RR | RR | 100 - 114 | 260.000 | 240.000 | 220.000 | 301 (GO), 304 (GO e DF), 401 (GO e MT), 402 (MT) e 403 (MT) | Resistência a <i>M. incognita</i> e <i>Javanica</i> ; Tolerância ao Vírus da Necrose da Haste; Bom desempenho em solos arenosos |
| BRS 7780IPRO | Intacta | 102 - 116 | 300.000 | 280.000 | 240.000 | 301 (GO), 303 (GO e MG), 304 (GO, MG e DF), 401 (GO e MT), 402 (MT) e 403 (MT) | Resistência a <i>Meloidogyne incognita</i> |
| BRS 7980 | Convencional | 104 - 120 | 280.000 | 240.000 | 220.000 | 301 (GO), 303 (MG, GO), 304 (GO, DF e MG), 401 (GO, MT), 402 (MT), 403 (MT), 405 (BA), 503 (RR) | Resistência a <i>M. incognita</i> e <i>Javanica</i> , NCS (raças 1,3 e 5) e baixo fator de reprodução à <i>Pratylenchus brachyurus</i> . |
| BRS 8381 | Convencional | 112 - 130 | 280.000 | 240.000 | 220.000 | 301 (GO), 303 (MG, GO), 304 (GO, DF e MG), 401 (GO, MT), 402 (MT), 403 (MT), 405 (BA), 503 (RR) | Resistência a <i>M. Javanica</i> e hábito de crescimento semi-determinado |

Continua...

Tabela 2. Continuação.

| Cultivar | Tecnologia | Ciclo médio (dias) | População final plantas/ha | | | Indicação (regiões edafoclimáticas e estados – REC) | Característica |
|------------|--------------|--------------------|----------------------------|---------|---------|--|---|
| | | | Baixa | Média | Alta | | |
| BRS 8082CV | Cultivance | 104 - 120 | 280.000 | 240.000 | 220.000 | 304 (GO e DF), 402 (MT, RO), 405 (BA) e 501 (TO) | Tecnologia Cultivance; Manejo de plantas daninhas resistentes ao herbicida glifosato |
| BRS 8180RR | RR | 106 - 122 | 280.000 | 240.000 | 220.000 | 304 (GO e DF), 401 (GO e MT), 402 (MT), 403 (MT) e 405 (BA) | Resistência a <i>M. incognita</i> e <i>javanica</i> ; Tolerância ao Vírus da Necrose da Haste; |
| BRS 8280RR | RR | 108 - 126 | 280.000 | 240.000 | 220.000 | 303 (GO, MG), 304 (GO e DF), 401 (GO e MT), 402 (MT), 403 (MT), 405 (BA), 501 (MA) | Resistência a <i>M. incognita</i> e <i>javanica</i> . |
| BRS 8480 | Convencional | 108 - 128 | 280.000 | 240.000 | 220.000 | 301 (GO), REC 402(MT), 405 (BA), REC 501 (TO, MA) | Convencional; Resistência a <i>M. javanica</i> e baixo fator de reprodução à <i>Pratylenchus brachyurus</i> |
| BRS 8482CV | Cultivance | 110 - 131 | 280.000 | 240.000 | 220.000 | 304 (GO e DF), 402 (MT, RO), 405 (BA) e 501 (TO) | Tecnologia Cultivance; Manejo de plantas daninhas resistentes ao herbicida glifosato; Resistência a <i>M. incognita</i> e <i>javanica</i> |

Continua...

Tabela 2. Continuação.

| Cultivar | Tecnologia | Ciclo médio (dias) | População final plantas/ha | | | Indicação (regiões edafoclimáticas e estados – REC) | Característica |
|------------|--------------|--------------------|----------------------------|---------|---------|---|---|
| | | | Baixa | Média | Alta | | |
| BRS 8580 | Convencional | 112 - 133 | 280.000 | 240.000 | 220.000 | 304 (GO e DF) e 405 (BA) | Resistência a <i>M. javanica</i> ; Tolerância ao vírus do mosaico comum da soja; <i>Pratylenchus brachyurus</i> |
| BRS 8581 | Convencional | 112 - 133 | 260.000 | 220.000 | 200.000 | 304 (GO e DF), 402 (MT) e 405 (BA) | Resistência a <i>M. javanica</i> ; Resistência ao vírus do Mosaico da Soja e ao Vírus da necrose da haste; hábito de crescimento semi-determinado |
| BRS 8780 | Convencional | 116 - 136 | 280.000 | 240.000 | 220.000 | 301 (GO), 304 (GO e DF), 401 (GO e MT), 402 (MT) e 403 (MT) | Resistência a <i>M. incognita</i> e <i>javanica</i> ; Resistência ao vírus do Mosaico da Soja |
| BRS 8781RR | RR | 116 - 136 | 280.000 | 240.000 | 220.000 | 402 (MT), 403 (MT), 405 (BA), 501 (MA) e 503 (RR) | Resistência a <i>M. incognita</i> e <i>javanica</i> ; Resistência ao vírus do Mosaico da Soja |
| BRS 9280RR | RR | 138 - 145 | 220.000 | 200.000 | 160.000 | 304 (GO e DF), 402 (MT), 403 (MT), 405 (BA), 501 (TO e PI) e 503 (RR) | Bom desempenho em áreas com <i>Pratylenchus brachyurus</i> |

Continua...

Tabela 2. Continuação.

| Cultivar | Tecnologia | Ciclo médio (dias) | População final plantas/ha | | | Indicação (regiões edafoclimáticas e estados – REC) | Característica |
|--------------|------------|--------------------|----------------------------|---------|---------|---|------------------------------------|
| | | | Baixa | Média | Alta | | |
| BRS 9180IPRO | Intacta | 135 - | 200.000 | 180.000 | 160.000 | 304 (GO e DF), 402 (MT), 403 (MT), 405 (BA), 501 (TO e PI) e 503 (RR) | Intacta; Porte alto e ciclo tardio |
| | | 145 | | | | | |
| BRS 9383IPRO | Intacta | 140 - | 200.000 | 180.000 | 160.000 | 304 (GO e DF), 402 (MT), 403 (MT), 405 (BA), 501 (TO e PI) e 503 (RR) | Intacta; Porte alto e ciclo tardio |
| | | 148 | | | | | |

* Considerar também altitude e latitude da região de produção.

No final de 1990, parcerias da Embrapa com outras empresas transnacionais permitiram o desenvolvimento de variedades de soja geneticamente modificadas, com genes de resistência ao herbicida glifosato. Na vanguarda desse processo, em 1996, a Embrapa firmou acordo com a empresa Basf para o desenvolvimento de plantas de soja resistentes a herbicidas da classe das Imidazolinonas (BRS 8082CV e BRS 8482CV). Na safra 2014/2015, foi lançada a tecnologia Cultivance, o primeiro OGM desenvolvido por uma empresa de pesquisa pública no Hemisfério Sul em parceria com o setor privado (Dall’Agnol, 2016).

O programa de melhoramento de soja da Embrapa está selecionando cultivares contendo novos eventos de transgenia, que permitirão à Embrapa disponibilizar estas novas tecnologias ao mercado quase que ao mesmo tempo em que as outras empresas. Colocando à disposição do agricultor brasileiro as novas cultivares de soja com a genética Embrapa.

Ambiente representativo do bioma Cerrado

A localização da área experimental da Embrapa Cerrados é privilegiada em relação à representatividade do bioma Cerrado. A ecorregião Planalto Central, onde está localizada Planaltina, representa a porção nuclear do bioma Cerrado (Arruda et al., 2006). Esse dado, explica a grande eficiência na seleção de cultivares de soja para todo o bioma Cerrado a partir da base localizada na Embrapa Cerrados.

A Embrapa Cerrados, em colaboração com a Embrapa Soja, tem conduzido trabalhos de pesquisa visando à obtenção de cultivares mais adaptadas ao bioma Cerrado e com possível potencial de adaptação a áreas mais próximas do Equador (Spehar et al., 1981). No início, o programa de melhoramento foi composto pelas fases de obtenção de linhagens a partir de material segregante, introdução de linhagens provenientes de outras entidades e ensaios preliminares e regionais de competição. A partir de 1976, foram realizadas seleções de plantas a partir de populações segregantes “Bulks”,

provenientes da Embrapa Soja e de outras instituições que faziam parte da rede de pesquisa, tais como IAC e IAPAR, o que fortaleceu a seleção de cultivares adaptadas ao Cerrado (Souza, comunicação pessoal).

O plantio das populações (Bulks) era feito no inverno, quando os dias são curtos, a fim de se obter linhagens de ciclo longo e com possível potencial de adaptação a uma vasta área situada em baixa latitude (Souza; Vieira, 1976). Os bulks continuaram a ser selecionados na Embrapa Cerrados até 2012, quando, por motivos operacionais decorrentes da ampliação do programa de melhoramento para os novos transgênicos RR (Roundup Ready), RR2Bt (Intacta), bem como novos eventos, a Embrapa Soja decidiu concentrá-los em Londrina, PR e Goiânia, GO.

A porção nuclear do bioma Cerrado, onde se localiza a Embrapa Cerrados, não apresenta limites com outros biomas. Este não é o caso da ecorregião Parecis (Sinop), que representa uma transição com a Amazônia, e Goiânia, que segundo os limites oficiais do IBGE, pertence ao bioma Mata Atlântica. Segundo os estudos de Ab'Saber (1977; 1983), Arruda et al. (2006) e Sanches et al. (1974), pode-se afirmar que entre as bases de seleção escolhidas pela Embrapa Soja para representar o Cerrado (Sinop, MT e Goiânia, GO), Planaltina é a região mais representativa do bioma Cerrado. Sinop, MT está em uma região de transição com a Floresta Amazônica. Ao passo que Goiânia, GO representa apenas um ecótono da Mata Atlântica no interior do Cerrado, portanto, região que não pertence ao bioma Cerrado e não é representativa das condições agroambientais da região, com geologia, relevo, solos e clima muito específicos.

Novos desafios a partir da Lei de Proteção de Cultivares

A adoção da lei de proteção de cultivares, a partir de 1997 (Brasil, 2018), trouxe um ambiente mais competitivo ao mercado de cultivares de soja, criando a necessidade de mais aproximação com o mercado e atuação em parcerias com o setor sementeiro. Um grande avanço foi o estabelecimento

de parcerias público-privadas entre a Embrapa e fundações de produtores de sementes.

A equipe da Embrapa Cerrados atua em parceria com as Fundações Cerrados e Bahia e é responsável pela coordenação dos trabalhos de seleção de cultivares de soja da Embrapa para atender as necessidades das regiões edafoclimáticas (REC) localizadas nos estados de Goiás (REC 301, 302, 303, 304, 401 e 404), Mato Grosso (REC 401, 402 e 403), Mato Grosso do Sul (REC 301, 204), Minas Gerais (REC 302, 303, 304), São Paulo (REC 302, 203), Bahia (REC 405), Tocantins (REC 404 e 501), Maranhão (REC 501 e 502), Piauí (REC 501), Pará (REC 502 e 503), Rondônia (REC 402), Roraima (REC 503) e Amapá (REC 503), conforme a terceira aproximação da regionalização dos testes de valor de cultivo e uso e da indicação de cultivares de soja publicada por Kaster e Farias (2012).

Para atender tão ampla região de produção, os experimentos são conduzidos em parceria com unidades descentralizadas da Embrapa, instaladas nas respectivas regiões como (Embrapa Roraima, Embrapa Amapá, Embrapa Cocais, Embrapa Meio Norte, Embrapa Amazônia Oriental e Embrapa Rondônia), sob o incondicional apoio das Fundações Cerrados e Bahia. Que tem sido um modelo de PPP (parceria-público-privada).

Tabela 3. Cultivares selecionadas pela Embrapa Cerrados e seus parceiros.

| Ano de lançamento | Nome da cultivar | Área de abrangência | Obtendor | Número registro |
|-------------------|----------------------|------------------------|----------|-----------------|
| 1980 | Doko | MS, GO, DF, TO, RO | Embrapa | |
| 1983 | BR 9 (Savana) | MS, MG, GO, DF, MA, PI | Embrapa | |
| 1990 | BR 40 (Itiquira) | GO, DF | Embrapa | |
| 1992 | Embrapa 20 (Doko RC) | MS, MT,GO, DF, BA | Embrapa | |
| 1999 | BRS Carla | GO, DF, MG, BA | Embrapa | 00041 |

Continua...

Tabela 3. Continuação.

| Ano de lançamento | Nome da cultivar | Área de abrangência | Obtentor | Número registro |
|-------------------|------------------|-------------------------------|---------------------------|-----------------|
| 2000 | BRS Celeste | GO,DF, MG, MT | Embrapa | 00042 |
| 2000 | BRS Milena | GO, DF, MG | Embrapa | 00516 |
| 2000 | BRS Pétala | GO, DF, MG, MT | Embrapa | 10091 |
| 2000 | BRS 217 [Flora] | GO,DF,MT, BA, MG | Embrapa | 08609 |
| 2000 | BRS 218 [Nina] | GO, DF, MG, MT | Embrapa | 08809 |
| 2000 | BRS Santa Cruz | GO, DF, | Agência Rural/ Embrapa | 10558 |
| 2001 | BRS Nova Savana | GO, DF, MG, MT, BA, PI, TO | Embrapa | 09481 |
| 2002 | BRS GO Chapadões | GO, DF | Agência Rural/ Embrapa | 15029 |
| 2002 | BRS GO Ipameri | GO, DF, MG, BA | Agência Rural/ Embrapa | 15031 |
| 2002 | BRS GO Caiapônia | GO, DF, MG, MT, BA | Agência Rural/ Embrapa | 15030 |
| 2002 | BRS GO Paraíso | GO, DF, MT, BA, MG | Agência Rural/ Embrapa | 12226 |
| 2002 | BRS Raimunda | GO, DF, MA, BA, TO | Embrapa | 12227 |
| 2002 | BRS GO Mineiros | GO, DF | Agência Rural/ Embrapa | 15032 |
| 2002 | BRS GO Luziânia | GO, DF, MG, MT, BA, TO | Agência Rural/ Embrapa | 07392 |
| 2003 | BRS Serena | GO, DF | Embrapa | |
| 2003 | BRS Rosa | GO,DF | Embrapa | 10748 |
| 2004 | BRS GO Indiará | GO, DF | Embrapa | 18887 |

Continua...

Tabela 3. Continuação.

| Ano de lançamento | Nome da cultivar | Área de abrangência | Obtendor | Número registro |
|-------------------|---------------------|---------------------|---------------------------|-----------------|
| 2004 | BRS GO Amaralina | GO, DF | Embrapa | 18886 |
| 2003 | BRS SilvâniaRR | GO, DF | Embrapa | 17552 |
| 2004 | BRS BalizaRR | GO, DF | Embrapa | 17551 |
| 2004 | BRS Raíssa | GO, DF | Embrapa | 20017 |
| 2004 | BRS PétaIa | GO, DF | Embrapa | 10091 |
| 2004 | BRS 219 (Boa Vista) | GO | Embrapa | |
| 2005 | BRS GO Iara | GO, DF | Embrapa | 20018 |
| 2006 | BRS GO Princesa | GO, DF | Embrapa | |
| 2006 | BRS FavoritaRR | GO, DF | Embrapa | 20019 |
| 2006 | BRS GO JulianaRR | GO, DF | Embrapa | 21820 |
| 2006 | BRS GO Araçú | GO, DF, MG, MT | Embrapa | 20756 |
| 2006 | BRS GO Edéia | GO, DF | Embrapa | 21267 |
| 2006 | BRS GO GiseleRR | GO, DF | Embrapa | 21821 |
| 2006 | BRS GO Graciosa | GO,DF, TO, BA | Embrapa | |
| 2007 | BRS GO LuziâniaRR | GO, DF | Embrapa | 22501 |
| 2007 | BRS GO MineirosRR | GO, DF | Agência Rural/ Embrapa | 22502 |
| 2007 | BRS GiseleRR | GO, DF | Embrapa | 21821 |

Continua...

Tabela 3. Continuação.

| Ano de lançamento | Nome da cultivar | Área de abrangência | Obtendor | Número registro |
|-------------------|------------------|---------------------------|----------|-----------------|
| 2007 | BRS JulianaRR | BA, DF, GO, MA, TO | Embrapa | 21820 |
| 2011 | BRS 8381 | GO,DF,MT,MG,BA,RR,RO | Embrapa | 28961 |
| 2011 | BRS 8480 | GO,DF,MT,MG,BA, | Embrapa | 28962 |
| 2012 | BRS 9080RR | MT | Embrapa | 29147 |
| 2013 | BRS 7980 | BA,DF,GO,MG,MT,TO | Embrapa | 30079 |
| 2013 | BRS 7580 | BA,DF,GO,MG,MT,TO | Embrapa | 30082 |
| 2013 | BRS 8280RR | BA,DF,GO,MG,MT, TO | Embrapa | 30097 |
| 2013 | BRS 8180RR | BA,DF,GO,MA,MG,MT,TO | Embrapa | 31092 |
| 2013 | BRS 8580 | BA,DF,GO | Embrapa | 31174 |
| 2013 | BRS 8780 | BA,DF,GO,MT,TO | Embrapa | 31175 |
| 2014 | BRS 7380RR | BA,GO,DF, MT,MS,MG, SP,TO | Embrapa | 32765 |
| 2014 | BRS 7680RR | BA,GO,DF,MT | Embrapa | 33079 |
| 2014 | BRS 8581 | BA,DF,GO,MT | Embrapa | 33083 |
| 2014 | BRS 7481 | GO,DF,MT | Embrapa | 33084 |
| 2014 | BRS 7480RR | GO,DF,MT | Embrapa | 33087 |
| 2015 | BRS 7780IPRO | GO,DF | Embrapa | 33475 |
| 2015 | BRS 8082CV | BA,DF,GO,MT,RO,TO | Embrapa | 34076 |
| 2015 | BRS 6980 | GO,DF,MG,MS,MT,SP | Embrapa | 34077 |
| 2015 | BRS 8482CV | BA,DF,GO,MT,RO,TO | Embrapa | 34078 |
| 2015 | BRS 9383IPRO | BA,DF,MA,PA,PI,RR,TO | Embrapa | 34112 |
| 2015 | BRS 9180IPRO | BA,DF,MA,PA,PI,RR,TO | Embrapa | 34113 |
| 2015 | BRS 8781RR | BA,DF,GO,MT,PI,TO | Embrapa | 34755 |
| 2015 | BRS 7280RR | GO,DF | Embrapa | 34756 |

Continua...

Tabela 3. Continuação.

| Ano de lançamento | Nome da cultivar | Área de abrangência | Obtento | Número registro |
|-------------------|------------------|-------------------------------|---------|-----------------|
| 2015 | BRS 9280RR | BA,DF,GO,MT,PI,TO | Embrapa | 34757 |
| 2015 | BRS 6780 | GO,DF | Embrapa | 34761 |
| 2017 | BRS 7880RR | DF,GO,MT,RO | Embrapa | 36496 |
| 2017 | BRS 8980IPRO | BA,DF | Embrapa | 37533 |
| 2017 | BRS 5980IPRO | GO,DF,MT,MS,MG | Embrapa | 37534 |
| 2017 | BRS 8182RR | AL,BA,DF,GO,MA,MG,PA,PI,SE,TO | Embrapa | 37701 |
| 2018 | BRS 8481 | AC,BA,DF,GO,MA,MG,PA,PI,SE,TO | Embrapa | 37694 |
| 2018 | BRS 8382RR | AL,BA,DF,GO,MA,MG,PA,PI,SE,TO | Embrapa | 37695 |
| 2018 | BRS 7180IPRO | GO,DF,MT | Embrapa | 37702 |
| 2018 | BRS 6880 | GO, DF, MG | Embrapa | 37703 |
| 2018 | BRS 6480 | GO, DF, MG | Embrapa | 37705 |
| 2018 | BRS 6680 | GO, DF, MG | Embrapa | 37704 |

Em 40 anos (1976 a 2015), a Embrapa Cerrados liderou o desenvolvimento de 64 cultivares de soja, conforme pode ser visualizado na Tabela 1, que colaboraram com o sistema produtivo de todas as regiões produtivas localizadas no bioma Cerrado. Na Figura 4, verifica-se a evolução da quantidade de cultivares desenvolvidas anualmente. Observou-se a produção média de 1,6 cultivares por ano de 1976 a 2015. Sendo notável que antes da lei de proteção de cultivares a média era de 0,2 cultivares por ano e, depois, evoluiu para 3,3 cultivares por ano, indicando que a competição de mercado e o modelo de parceria na forma de fundações estimulou a produção de cultivares pela pesquisa conduzida em parceria liderada pela Embrapa Cerrados.

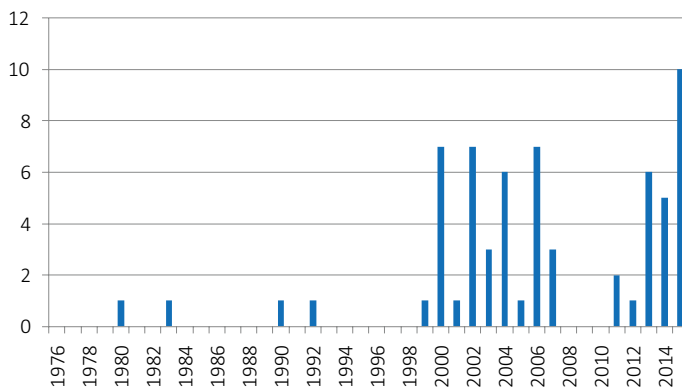


Figura 4. Evolução da quantidade de cultivares de soja registradas sob a liderança da equipe da Embrapa Cerrados.

Desenvolvimento de cultivares chave para a evolução da soja no Cerrado

Entre as 64 cultivares de soja desenvolvidas no período de 1976 e 2015 pela Embrapa Cerrados e seus parceiros, algumas se destacam pelo papel estratégico que desempenharam ou desempenham para a sustentabilidade da cultura da soja no bioma Cerrado.

Cultivar ‘Doko’ – Rusticidade

Foi originada da população RB-72-1 proveniente de seis cruzamentos realizados no Instituto Agrônomo de Campinas por Romeu A.S. Kiihl. A partir da população foi originada a linhagem Lo 75-2760 em 1974/1975. Em 1976, essa linhagem passou para a responsabilidade da Embrapa em virtude de convênio celebrado com o IAPAR. O programa de melhoramento continuou e a linhagem foi indicada a participar dos ensaios no Brasil Central na safra 1976/1977, em trabalho liderado pela Embrapa Cerrados, em rede de pesquisas com a Emgopa e Epamig (Spehar et al., 1981). A cultivar ‘Doko’ se destacou por sua rusticidade e potencial de crescimento em solos

em fase de conversão e com saturação de alumínio mais elevada, bem como boa arquitetura para colheita mecânica, mesmo em baixas latitudes. A inserção da primeira vagem alcançava 20 cm e facilitava a colheita mecânica. Foi amplamente adotada no início da década de 1980, principalmente para abertura de novas áreas, em que conseguia se desenvolver e produzir de forma técnica e economicamente viável.

Em razão da grande adaptabilidade, estabilidade e rusticidade da cultivar Doko, iniciou-se, no Cerrado, o processo de cultivo da soja em larga escala. Nos primeiros anos da década de 1980, época em que a região do Cerrado brasileiro começava a ser aberta para a agricultura, as cultivares Doko e FT-Cristalina tornaram-se, por vários anos, as cultivares mais plantadas na região e, como consequência, no Brasil, pois eram cultivadas do Mato Grosso do Sul até o Maranhão.

Cultivar BRS 217 [Flora] – primeira precoce para Mato Grosso

A BRS 217 [Flora] é uma cultivar de soja precoce, com alta estabilidade e potencial produtivo, lançada pela Embrapa Cerrados em 2001. Foi uma das primeiras cultivares que viabilizaram a segunda safra de milho no estado do Mato Grosso e permaneceu com alto índice de uso durante a primeira década do século 21. Possui grupo de maturidade 7.9, o que significa que, nas regiões edafoclimáticas localizadas nas macrorregiões sojícolas 3, comporta-se com ciclo semiprecoce e, nas macrorregiões sojícolas 4 e 5, comporta-se como precoce, permitindo uma segunda safra após a sua colheita.

Cultivar BRS 7980 – primeira cultivar não transgênica com resistência aos nematoides do cisto e a duas galhas

Em 2013, a equipe de pesquisa em melhoramento de soja da Embrapa Cerrados, liderada pelo melhorista de soja Sebastião Pedro da Silva Neto e composta pela equipe multidisciplinar da parceria Embrapa-Fundação Cerrados-Fundação Bahia, trabalhando em estreita colaboração com o

laboratório de nematologia da Embrapa Soja, liderado por Waldir Pereira Dias, foi pioneira na seleção de uma cultivar de soja não transgênica, que aliou resistência a múltiplas raças do nematoide-do-cisto da soja (*Heterodera glycines*), bem como resistência a duas espécies de nematoides causadores de galhas radiculares (*Meloidogyne javanica* e *Meloidogyne incognita*).

A BRS 7980 foi a primeira cultivar de soja que associou a resistência ao nematoide do cisto [raças 1, 3 e 5] e aos nematoides das galhas *Meloidogyne javanica* e *M. incognita*. Apresenta potencial produtivo com estabilidade e ciclo médio na Macro 3 e precocidade nas regiões produtoras da Macro 4, viabilizando a sucessão soja/milho nessas regiões. Pertence ao grupo de maturidade relativa 7.9 e apresenta tipo de crescimento determinado, flor de cor branca, hilo de cor preta, moderada resistência ao acamamento e ciclo médio de 104-120 dias. A BRS 7980 é indicada para os estados e respectivas regiões edafoclimáticas: Goiás (REC 301, 302, 303, 304, 401 e 404), Mato Grosso (REC 401, 402, 403), Rondônia (REC 402), Mato Grosso do Sul (REC 301), Bahia (REC 405), Tocantins (REC 404, 501), Maranhão (REC 501 e 502), Piauí (REC 501), Pará (REC 502), Roraima (REC 503) e Amapá (REC 503) e Minas Gerais (REC 303, 304).

Cultivar BRS 8381 – alto teto produtivo e estabilidade

Lançada ao mercado em 2011, a BRS 8381 tornou-se uma referência no Programa Soja Livre, uma vez que apresenta altíssimo potencial produtivo com estabilidade e adaptabilidade, praticamente em todo o bioma Cerrado. Atualmente, além de ser campeã de produtividade na Bahia e Mato Grosso, é a cultivar mais plantada no Estado de Roraima, localizado no Hemisfério Norte. Possui hábito de crescimento ereto, arquitetura arejada, auxiliando no controle das principais doenças: ferrugem, mofo-branco e lagartas. Pertence ao grupo de maturidade relativa 8.3. Apresenta tipo de crescimento semideterminado, flor de cor roxa e hilo de cor marrom-clara, resistência ao acamamento e ciclo médio de 112 a 130 dias. Possui resistência à pústula

bacteriana, ao cancro da haste e moderada resistência à mancha “olho de rã”, crestamento bacteriano e ao nematoide *Meloidogyne javanica*. A BRS 8381 é indicada para os seguintes estados e respectivas regiões edafoclimáticas: Goiás (REC 301, 302, 303, 304, 401 e 404), Mato Grosso (REC 401, 402, 403), Rondônia (REC 402), Mato Grosso do Sul (REC 301), Bahia (REC 405), Tocantins (REC 404, 501), Maranhão (REC 501 e 502), Piauí (REC 501), Pará (REC 502), Roraima (REC 503) e Amapá (REC 503) e Minas Gerais (REC 303, 304).

Cultivar BRS 7380RR – primeira transgênica (RR) com resistência aos nematoides do cisto e a duas galhas

Em 2014, a equipe de pesquisa em melhoramento de soja da Embrapa Cerrados, liderada pelo melhorista de soja Sebastião Pedro da Silva Neto e composta pela equipe multidisciplinar da parceria Embrapa-Fundação Cerrados e Fundação Bahia, novamente trabalhando em estreita colaboração com o laboratório de nematologia da Embrapa Soja, liderado por Waldir Pereira Dias, foi pioneira na seleção de uma cultivar de soja transgênica RR (Roudup Ready), que aliou resistência a múltiplas raças do nematoide-do-cisto-da-soja (*Heterodera glycines*), bem como, resistência a duas espécies de nematoides causadores de galhas radiculares (*Meloidogyne javanica* e *Meloidogyne incognita*).

A cultivar BRS 7380RR é uma cultivar de grupo de maturidade 7.3 no bioma Cerrado e possui resistência a múltiplas raças do nematoide-do-cisto-da-soja (*Heterodera glycines*). Até o momento, foram detectadas resistências às seguintes raças deste nematoide: 3, 4, 4⁺, 6, 9, 10, 14 e 14⁺. Sendo especialmente destacada quanto à resistência a novas e virulentas raças prevalentes nos estados de Goiás e Mato Grosso, como as variações das raças 4 e 14. Possui ainda resistência aos dois nematoides causadores de galhas radiculares (*Meloidogyne javanica* e *M. incognita*).

O ciclo, combinando ampla capacidade de adaptação e estabilidade, faz com que a BRS 7380RR possa ser cultivada desde a Macro região sojicula 2,

localizada no Paraná, Mato Grosso do Sul e São Paulo, até a Macro 4, que contempla as regiões produtoras do Mato Grosso, Tocantins, Maranhão e Bahia, passando pela Macro 3, contemplando os estados de Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais, e São Paulo.

Dado o seu ciclo, permite o cultivo de uma segunda safra de milho ou algodão após a sua colheita em praticamente todas as regiões de adaptação. Dada a sua resistência múltipla a nematoides do cisto e de galhas, pode ser utilizada como ferramenta de manejo de nematoides de cisto e galhas nas culturas da soja, milho e algodão.

A BRS 7380RR tem sido utilizada com sucesso na mitigação de nematoides-de-galhas (*Meloidogyne incognita*) para a cultura do algodão em sucessão à soja no estado do Mato Grosso, em que a cultura do algodão é praticamente toda plantada em sucessão à soja. Uma vez que o nematoide *M. incognita* é um dos que mais afeta a cultura do algodão, o cultivo da BRS 7380RR permite maior potencial produtivo em sucessão a esta cultivar.

Cultivar BRS 9180IPRO – primeira cultivar IPRO para o Matopiba

Em 2015, a Embrapa Cerrados lançou, na Bahia Farm Show, a cultivar BRS 9180IPRO, resistente às principais lagartas controladas pelo evento, sendo a primeira cultivar de soja transgênica RR2Bt (Intacta) indicada para a região produtora do Matopiba, despertando o interesse dos produtores, que necessitavam de uma cultivar de soja tardia (ciclo 9.1) para suportar os rigores do solo e clima predominantes na região.

A BRS 9180IPRO permite a manutenção da produtividade, mesmo em anos de ocorrência de veranicos e secas prolongadas durante o ciclo da cultura. Tem sido utilizada na abertura de áreas e nas regiões da Macro 5 no Tocantins, na Bahia, no Maranhão e no Piauí, inclusive nas regiões edafoclimáticas 503 localizadas no Maranhão, no Pará e no Amapá.

Cultivar BRS 6980 – primeira superprecoce rústica

Seguindo a estratégia de atender as necessidades do setor produtivo, em 2015, o programa de melhoramento da Embrapa Cerrados lançou a cultivar não transgênica e superprecoce BRS 6980. Essa cultivar possui como característica distinta a superprecocidade, aliada à rusticidade e à capacidade adaptativa e estabilidade. Apesar de possuir grupo de maturidade 6.9, tem se adaptado a plantios em regiões contrastantes, variando desde os Cerrados do Mato Grosso do Sul (Macros 2 e 3) até os lavrados do estado de Roraima (Macro 5), passando pelas regiões produtoras localizadas na Macro 3 de Goiás e Minas Gerais, e Macro 4 da Bahia e do Mato Grosso.

Esta cultivar foi selecionada visando atender aos sistemas integrados de produção, como a integração lavoura-pecuária e a sucessão soja-milho e soja-algodão, nas várias regiões brasileiras. Para tanto se buscou o ciclo precoce, arquitetura ereta e elevada, e a rusticidade ao clima. Foi a primeira cultivar cuja seleção foi apoiada em resultados experimentais de gradiente artificial de umidade na Embrapa Cerrados.

*Cultivar BRS 5980IPRO – primeira transgênica (IPRO) com resistências aos nematoides do cisto e galhas (*Meloidogyne javanica*)*

Dando sequência ao pioneirismo no lançamento de cultivares de soja resistentes aos nematoides do Cisto e Galhas, novamente trabalhando em estreita colaboração com o laboratório de nematologia da Embrapa Soja, liderado por Waldir Pereira Dias, a equipe de melhoramento da Embrapa Cerrados, foi pioneira na seleção de uma cultivar de soja transgênica IPRO (Intacta), que aliou resistência a múltiplas raças do nematoide-do-cisto-da-soja (*Heterodera glycines*), bem como resistência ao nematoide-causador-de-galhas-radiculares (*Meloidogyne javanica*).

Nesse sentido, a BRS 5980IPRO possui grupo de maturidade 5.9, sendo considerada superprecoce, com ciclo menor que 100 dias no Planalto Central. É cultivada desde as regiões produtoras localizadas na Macro 3 como também nas Macro 1 e 2, localizadas na região Sul do Brasil, onde os problemas de nematoides do cisto e galhas ocorrem simultaneamente.

A BRS 5980 constitui-se em ferramenta importante no manejo de nematoides de cisto e de galhas provocada pelo *Meloidogyne javanica* e permite compor o sistema produtivo da sucessão de cultura nas regiões Central e Sul do Brasil.

Cultivar BRS 6780 – primeira hiperprecoce para o Cerrado

Buscando atender a necessidade de colheitas com menos de 90 dias de ciclo em manejo de pivôs centrais, ou plantios na abertura, ou fechamento de safra, com soja não transgênica na região do Planalto Central, Macro 3, em 2015, a equipe da Embrapa Cerrados lançou a BRS 6780, que se constitui na primeira cultivar de soja hiperprecoce (ciclo menor que 90 dias) para esta região produtora.

Trata-se de uma cultivar de grupo de maturidade 6.7, no bioma Cerrado, não transgênica, tipo de crescimento indeterminado, que permite o plantio tanto na abertura da safra quanto a colheita no final de dezembro ou princípio de janeiro, possibilitando o cultivo do algodão ou do milho em sequência. Alcançando o aproveitamento da melhor oferta climática para estas culturas em sucessão à soja. Da mesma forma, permite o fechamento do plantio no final de novembro ou mês de dezembro, resultando em colheitas antes do final da estação chuvosa sem sofrer a incidência de pragas remanescentes, comuns no final do ciclo. Permite ainda a produção nas regiões Central e Sul do Brasil, atendendo as Macrorregiões sojícolas 1, 2 e 3, constituindo-se em ferramenta de manejo e melhor aproveitamento dos meios de produção.

Perspectivas para o futuro

Na região tropical, mais de 50 milhões de hectares de pastagens estão degradadas ou em degradação. O cultivo da soja, no sistema de integração lavoura-pecuária, permite a recuperação dessas áreas, além do aumento da produção de grãos e de carne sem a necessidade de desmatar novas áreas.

Com o advento da soja no Cerrado brasileiro, outras culturas – principalmente de uso atual ou com potencial para a agroenergia, como milho, algodão, girassol, cana-de-açúcar, trigo e feijão –, puderam ser introduzidas em rotação nas áreas e nos solos com fertilidade já corrigida, com excelentes resultados para o agronegócio. O elevado potencial para a agroenergia torna a região uma das maiores fronteiras agrícolas do mundo e, sem dúvida, uma referência internacional, sobretudo para os Países tropicais da África e América Latina, muitos dos quais já utilizam tecnologias da Embrapa, em particular, nossas cultivares tropicais.

A Embrapa desenvolve conhecimentos científicos e os disponibiliza aos produtores, o que contribui para o desenvolvimento da agricultura brasileira.

O desenvolvimento de uma nova tecnologia de produção agrícola é apenas parte de um processo que termina com sua adoção pelo agricultor. Para que a adoção ocorra, faz-se necessário acionar mecanismos de transferência, que conduzidos pelos próprios pesquisadores que desenvolveram a tecnologia, contando com a participação de agentes de assistência técnica ou outros meios de transferência: veículos de comunicação de massa, eventos técnico-científicos, publicações e estratégias de comunicação dirigidas.

A equipe de transferência de tecnologia e o núcleo de comunicação organizacional da Embrapa Cerrados têm sido grandes parceiros do melhoramento genético de soja, uma vez que tem participado ativamente na difusão das novas cultivares lançadas.

Produtos, processos e serviços descritos no portfólio de tecnologias da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos

- 1) Caracterização de Genótipos de Soja na Região dos Cerrados Quanto à Reação à Podridão Vermelha da Raiz, Causada Pelos Fungos *Fusarium tucumaniae* e *Fusarium brasiliense*
- 2) Cultivar de Soja – BRS 252 (Serena)
- 3) Cultivar de Soja – BRS Raimunda
- 4) Cultivar de Soja – Recomendação para a não Aplicação de Fertilizantes Nitrogenados na Cultura da Soja
- 5) Cultivar de Soja – BR 40 Itiquira
- 6) Cultivar de Soja – BRS 217 Flora
- 7) Cultivar de Soja – BRS 218 Nina
- 8) Cultivar de Soja – BRS 5980IPRO
- 9) Cultivar de Soja – BRS 6780
- 10) Cultivar de Soja – BRS 6980
- 11) Cultivar de Soja – BRS 7280RR
- 12) Cultivar de Soja – BRS 7380RR
- 13) Cultivar de Soja – BRS 7480RR
- 14) Cultivar de Soja – BRS 7481
- 15) Cultivar de Soja – BRS 7580
- 16) Cultivar de Soja – BRS 7680RR
- 17) Cultivar de Soja – BRS 7780IPRO
- 18) Cultivar de Soja – BRS 7880RR
- 19) Cultivar de Soja – BRS 7980
- 20) Cultivar de Soja – BRS 8082CV

- 21) Cultivar de Soja – BRS 8180RR
- 22) Cultivar de Soja – BRS 8280RR
- 23) Cultivar de Soja – BRS 8381
- 24) Cultivar de Soja – BRS 8480
- 25) Cultivar de Soja – BRS 8482CV
- 26) Cultivar de Soja – BRS 8580
- 27) Cultivar de Soja – BRS 8581
- 28) Cultivar de Soja – BRS 8780
- 29) Cultivar de Soja – BRS 8781RR
- 30) Cultivar de Soja – BRS 8980IPRO
- 31) Cultivar de Soja – BRS 9080RR
- 32) Cultivar de Soja – BRS 9180IPRO
- 33) Cultivar de Soja – BRS 9280RR
- 34) Cultivar de Soja – BRS 9383IPRO
- 35) Cultivar de Soja – BRS Carla
- 36) Cultivar de Soja – BRS Celeste
- 37) Cultivar de Soja – BRS Milena
- 38) Cultivar de Soja – BRS Nova Savana
- 39) Cultivar de Soja – Doko
- 40) Curso de Capacitação no Sistema de Produção de Soja
- 41) Cultivar de Soja – Recomendação para a Reinoculação (Inoculação a cada Safra) na Cultura da Soja

Referências

- AB´SABER, A. N. Os domínios morfoclimáticos da América do Sul. São Paulo. **Geomorfologia**, v. 52, p. 1-21, 1977.
- AB´SABER, A. N. O domínio dos Cerrados: introdução ao conhecimento. **R. Serv. Brasília**, v. 111, p. 41-55, 1983.
- ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. M. (ed.). **Cultura da soja nos Cerrados**. Piracicaba: Potafos, 1983. 535 p.
- ARRUDA, M. B.; PROENÇA, C. E. B.; RODRIGUES, S.; MARTINS, E. S.; MARTINS, R. C.; CAMPOS, R. N. Ecorregiões, unidades de conservação e representatividade ecológica do bioma Cerrado. In: SANO, S.; ALMEIDA, S. P. (org.). **Cerrado: ambiente e flora**. 2 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2006. p. 5-35.
- BONATO, E. R. **Herança do tempo para o florescimento e para a maturidade em variantes naturais de soja (Glicine Max (L.) Merrill)**. 1989. Tese (Doutorado)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1989.
- BRASIL. Lei n 9.456, de 25 de abril de 1997. Institui a Lei de Proteção de Cultivares. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9456.htm (1997). Acesso em: 10 maio 2018.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**. Brasília, DF, 2006. Disponível em: <http://www.conab.br>. Acesso em: 10 jun. 2006.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <http://www.conab.br>. Acesso em: 11 jul. 2017.
- CONAB. **Série histórica das safras – soja, 2018**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/index.php/info-agro/safra/serie-historica-das-safra?start=20>. Acesso em: 06 de maio de 2018.
- CORTE, J. L. D.; ROCHA, F. E. de C.; SOUZA, P. I. M. **Avaliação da adoção de cultivares de soja com base na opinião de produtores do DF e Entorno**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2012. 60 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa, 309).
- DALL´AGNOL, A. **A Embrapa Soja no contexto do desenvolvimento da soja no Brasil: histórico e contribuições**. Brasília, DF: Embrapa, 2016. 72 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/142568/1/Livro-EmbrapaSoja-desenvolvimento-BR-OL.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2016.
- HARTWING, E. E.; KIIHL, R. A. S. Identification and utilization of a delayed flowering character in soybeans for short day conditions. **Field Crops Research**, v. 2, p. 145-151, 1979.
- HINSON, K. The selector of a long juvenile trait in cultivar development. In: CONFERENCIA MUNDIAL DE INVESTIGACION EN SOJA, 4., 1989, Buenos Aires. **Actas...** Buenos Aires: AASOJA, 1989. p. 983-987.

KAster, M.; FARIAS, J. R. B. **Regionalização dos testes de valor de cultivo e uso e da indicação de cultivares de soja** – terceira aproximação. Londrina: Embrapa Soja, 2012. 69 p. (Embrapa Soja. Documentos, 330).

MIYASAKA, S.; GUIMARÃES, G.; KIIHL, R. A. S.; LORADINI, L. A. C.; DEMATTE, J. D. Variedades de soja indiferentes ao fotoperiodismo e tolerantes a baixas temperaturas. **Bragantia**, v. 29, p. 167-174, 1970.

PEREIRA, J. No cerrado do Brasil Central. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J. C. **A Soja no Brasil**, 1981.

REGISTRO NACIONAL DE CULTIVARES-RNC: Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/guia-de-servicos/registro-nacionalde-cultivares-rnc> (2016). Acesso em: 13 maio 2018.

SANCHEZ, P. A.; LOPES, A. S.; BUOL, S. W. **Cerrado research center**: preliminary project proposal. North Carolina: North Carolina State University, 1974. 55 p.

SOUSA, D. M. J.; LOBATO, E. **Correção do solo e adubação da cultura da soja**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1996. 30 p. (EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 33).

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (ed.). **Cerrado**: correção o solo e adubação. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 416 p.

SOUZA, P. I. M.; MOREIRA, C. T.; FARIAS NETO, A. L.; ALMEIDA, L. A.; TOLEDO, J. F. F.; ARIAS, C. A. A.; SILVA, S. A.; SILVA, N. S. Programa de melhoramento da cultura da soja na Embrapa Cerrados, no período de 2002 a 2005. In: ANDRADE, S. R. M.; FALEIRO, F. G.; SERENO, J. R. B.; DALLA CORTE, J. R.; SOUSA, E. S. (ed.). **Resultados de pesquisa para o Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. p. 37-43

SPEHAR, C. R.; MONTEIRO, P. M. F. O.; ZUFFO, N. L. Melhoramento genético de soja na região do Centro-Oeste. In: ARANTES, N. A.; SOUZA, P. I. M. (ed.). **Cultura da soja nos Cerrados**. Piracicaba: Potafos, 1993. p. 230-253.

TERASAWA, F.; TERASAWA, J. M.; TERASAWA, M. M. FT Sementes and the Expansion of Soybeans in Brazil. In: LOPES DA SILVA, F.; BOREM, A.; SEDIYAMA, T.; LUKE, W. H. (ed.). **Soybean Breeding**. Springer International Publishing, 2017. 440 p.

TISSELLI JR., O. **Inheritance study of long-juvenile characteristics in soybeans under long and short day conditions**. 1981. Tese (Doutorado)- Mississippi State University, Mississippi, 1981.

TOLEDO, J. E. F.; KIIHL, R. A. S. Análise do modelo genético em controle das características dias para a floração e número de folhas trifolioladas em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 17, p. 745-755, 1982.

TOLEDO, J. E. F.; ALMEIDA, L. A. de; KIIHL, R. A. S.; PANIZZI, M. C. C.; KASTER, M. O.; MIRANDA, L. C.; MENOSSO, O. G. Genetic and breeding. In: EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Soja. Tropical soybean**: improvement and production, 1994. p. 18-36.



O Desenvolvimento do Trigo no Cerrado do Brasil Central: tecnologias geradas pela Embrapa Cerrados e parceiros

Julio Cesar Albrecht
Solange Rocha Monteiro de Andrade
Jorge Henrique Chagas

Introdução

O trigo chegou ao Brasil em 1534 na Capitania de São Vicente, São Paulo, pelas mãos de Martin Afonso de Souza e daí expandiu-se para outras regiões, porém a produção não era suficiente para sustentar o consumo brasileiro (Lagos, 1983; Simonsen, 2005). Após 200 anos, em 1737, quando a cultura foi introduzida no Rio Grande do Sul, o trigo teve uma boa adaptação, conseqüentemente, transformando a Região Sul em principal produtora de trigo do país (Lagos, 1983). Porém, em 1811, a ferrugem chegou ao estado, dizimando os plantios, a ponto de, em 1823, não haver mais o cultivo de trigo no Rio Grande do Sul (Lagos, 1983; Scheeren et al., 2011). O plantio do trigo só foi retomado no Rio Grande do Sul, em meados do Século XIX, com a chegada dos imigrantes italianos com novas variedades (Lagos, 1983; Scheeren et al., 2011). Porém o desenvolvimento e a expansão do cultivo de trigo para outros estados ocorreram somente a partir da segunda metade do século XX (Scheeren; Caierão, 2015).

Os primeiros relatos de cultivos de trigo no Brasil Central foram registrados em 1822, em Minas Gerais (Ribeiro Júnior et al., 2007). No entanto, a cultura de trigo teve o primeiro grande impulso na região na década de 1920. As primeiras pesquisas realizadas em Minas Gerais, por Augusto Grieder, na região de Araxá foram com materiais procedentes do Rio Grande do Sul, pois não havia germoplasma adaptado nem informações básicas de época de plantio e manejo de solo (Cargnin, 2007). A única exceção foi a variedade Montes Claros, que já era cultivada na região por mais de um século. Assim, considera-se que o melhoramento genético do trigo em Minas Gerais começou com Grieder (Cargnin, 2007), a partir de pesquisas com base na variedade Artigas, entre 1928 e 1930, foram selecionadas e lançadas as variedades Araxá, Monte Alto e Mineiro.

Na década de 1930, foram criados o Instituto Agrônomo de Minas Gerais (1934) e a Estação Experimental de Patos de Minas (1937). Com isto, entre 1947 e 1948, foram lançadas as primeiras cultivares provenientes de melhoramento controlado para o estado: Kenia 155 ou Patos 155, Salles e Sânia. Essas cultivares foram desenvolvidas pelo grupo liderado por Moacir Viana de Novaes e Carlos Eugênio Thibauna, Estação Experimental de Patos de Minas, pertencente ao Ministério da Agricultura. A unidade foi criada para dar continuidade aos trabalhos de melhoramento de trigo e funcionou até 1972, sendo posteriormente incorporada pela Epamig. Atualmente é conhecida como Fazenda Experimental de Sertãozinho (FEST) (Sousa; Caierão, 2014; Lagos, 1983; Coelho et al., 2011). No entanto, entre 1955 e 1958, é que foram lançadas as principais cultivares para a região: BH 4041, Horto e BH 1146. Desenvolvidas no Instituto Agrônomo de Minas Gerais (IAMG), pertencente à Secretaria de Agricultura de Minas Gerais, com sede em Belo Horizonte, e sob a liderança de Ildelfonso Ferreira Correia, essas variedades eram de ciclo precoce especialmente para o plantio sequeiro e tiveram impacto direto no desenvolvimento das cultivares de trigo para o Brasil Central (Sousa; Caierão, 2014; Lagos, 1983; Coelho et al., 2011).

Assim, o primeiro auge da cultura do trigo no Brasil Central foi nas décadas de 1940 e 1950, com o cultivo em terras férteis e várzeas nos estados de Goiás, Minas Gerais e Mato Grosso, mais especificamente em Veadeiros, GO e Alto Parnaíba, MG e Montes Claros, MG. Entretanto, dificuldades de plantio devido ao pouco conhecimento do manejo do solo, além de hábitos alimentares diversos, e a facilidade de retorno econômico de cultivo de mandioca, de milho, de arroz e de feijão levaram ao abandono do plantio de trigo e a descontinuidade das pesquisas (Silva et al., 1976; Silva et al., 1981).

Em 1965, as pesquisas com a cultura do trigo para o Cerrado foram retomadas no ex-Instituto de Pesquisa Agropecuário do Oeste (IPEACO), em Sete Lagoas, sob a liderança de Ady Silva. Esses estudos envolveram a comparação de variedades, os ensaios de adubação, a densidade de semeadura e a rotação de culturas em ensaios, principalmente em Minas Gerais (Silva, 1982). Na década de 1970, houve um novo incentivo do governo para a busca da autossuficiência de trigo, com subsídios aos produtores e expansão da cultura para regiões não tradicionais (Coelho et al., 2011). Em 1972, foram iniciados os trabalhos na Estação Experimental de Brasília, em Planaltina, com o intuito de verificar o potencial da região para o cultivo do trigo, bem como o desenvolvimento de cultivares adaptadas, e para a multiplicação de sementes básicas dos materiais da região sul do Brasil, via plantio de verão e de inverno (Silva e Leite, 1973; 1974). Os genótipos eram provenientes do Sul do país e do Centro Internacional de Melhoramento para o Milho e o Trigo (CIMMYT). A estação foi subordinada até 1973 ao Instituto de Experimentação Agropecuária do Centro Oeste, quando foi incorporada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), em 1975, e transformada no Centro Nacional de Pesquisa Agropecuária do Cerrado (Embrapa Cerrados). Imediatamente foi estabelecida uma parceria para pesquisas com a cultura do trigo entre a Embrapa e a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig). A principal demanda eram os estudos para plantio irrigado (Coelho et al., 2011).

Os primeiros estudos tinham como objetivo a seleção de cultivares adaptadas à região e o manejo fitotécnico tanto para o plantio de verão (sequeiro) como o de inverno (irrigado). Após estudos em vários anos e regiões, a Embrapa Cerrados publicou as primeiras recomendações para trigo irrigado no Brasil Central (Figura 1A). O plantio deveria ser acima de 800 m, com plantio sugerido para a primeira quinzena de maio, podendo ser plantado até final de junho, densidade de plantio de 350 a 400 sementes, sistema de irrigação por infiltração em solos argilosos (40% ou mais de argila) e inclinação do solo de 5%. As variedades sugeridas eram a BH1146, IAC5 (ou Maringá) para solos virgens; IAS 54 e IAS 55 para solos já corrigidos; Sonora 63 para solos férteis e sem acidez. A adubação adequada dependia da avaliação preliminar do solo, se era um solo virgem ou já adubado e da variedade, mas, no geral, sugeria-se a correção do solo e a adubação com 150 kg ha^{-1} de P_2O_5 no plantio mais a adição de 80 kg ha^{-1} a 100 kg ha^{-1} em cobertura. Recomendava-se também adubar com 30 kg ha^{-1} a 40 kg ha^{-1} de nitrogênio no plantio ou 20 kg ha^{-1} , caso o plantio fosse subsequente à soja. Quanto ao potássio, a recomendação era de 40 kg ha^{-1} a 60 kg ha^{-1} de K_2O . A duração do ciclo variava entre 110 e 130 dias para uma produção estimada de 2 mil quilogramas por hectare, podendo chegar a 3 mil quilogramas por hectare, colhida mecanicamente (Silva et al., 1976).

Em função da enorme demanda de informações, Ady Silva (Figura 2) publicou as primeiras recomendações de plantio de Trigo sem Irrigação para o Brasil Central (Silva, 1980) (Figura 1B). As datas sugeridas para o plantio de verão (sequeiro) eram entre 20 de janeiro a 20 de fevereiro, no entanto já havia a sugestão de plantios em março ou abril, para que o trigo pudesse entrar no sistema de produção após a colheita da soja, milho ou arroz (Silva, 1980). Porém, ainda não existia cultivares selecionadas para essas condições. A adubação e as cultivares eram similares àquelas para plantio irrigado (Silva, 1980). Estudos posteriores indicaram o cultivo para altitudes acima de 800 m e de preferência acima de mil metros e nas coordenadas geográficas $13,5^\circ$ a 24°S e 42° a 54°W , que engloba os estados de Minas Gerais, Goiás, parte de Mato Grosso e de São Paulo (Silva et al. 1981).

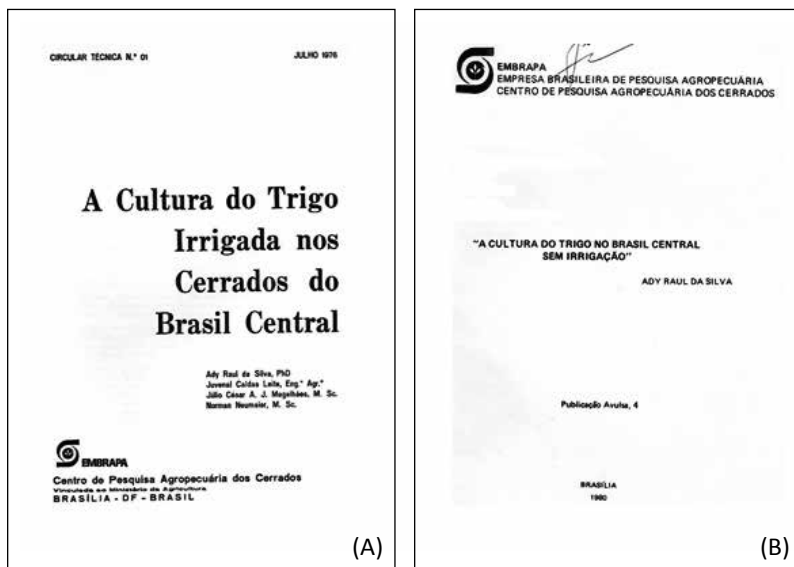


Figura 1. (A) Capa da Circular Técnica nº 1 do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, com recomendações para o plantio de Trigo Irrigado; (B) Capa da primeira publicação com recomendações para o plantio de Trigo Sequeiro.



Foto: Gustavo Porpino

Figura 2. Ady Silva entre os pesquisadores Júlio César Albrecht (direita) e Gilberto Rocca da Cunha (esquerda), Embrapa Cerrados, 2006.

Em 1975, foi lançado em Minas Gerais o Programa de Aproveitamento de Várzeas de Minas Gerais (Provarzeas), que tinha entre outros objetivos incrementar e racionalizar a cultura do arroz no período de inverno, proporcionando a rotação de culturas na estação seca, via irrigação e drenagem. O trigo estava entre as possíveis culturas para entrar na rotação, visando principalmente fornecer forragem para o gado no período de seca. O programa foi tão eficiente que, em 1980, criou-se o Provarzeas Nacional (Lamster, 1980). Em 1976, a Embrapa Cerrados, em parceria com a Epamig, iniciou estudos do cultivo de trigo em várzeas em Minas Gerais, e, após 4 anos de pesquisa, publicaram as recomendações técnicas de plantio de trigo irrigado em várzeas para os agricultores (Silva; Andrade, 1979). Em 1982, o governo lançou o Programa de Financiamento de Equipamentos de Irrigação (Profir), com o objetivo de aumentar a produção e a produtividade da agricultura nacional, em especial a do trigo (Figura 3). Esses dois programas foram grandes incentivos à triticultura no Brasil Central, porém, devido às dificuldades do governo federal de manter as políticas de incentivos para o setor, foram desativados (Conto, 2008).



Figura 3. Publicação do Decreto nº 86.912, de 10 de Fevereiro de 1982, que instituiu o Programa de Financiamento de Equipamentos de Irrigação (destaque em vermelho).

Ao mesmo tempo em que trabalhava para responder às questões de manejo de água, de solo e de fertilização para adequar o plantio de trigo no Brasil Central, a Embrapa também selecionou e lançou cultivares adaptados ao ambiente do Cerrado. Assim, em 1983, após 10 anos dos primeiros cruzamentos específicos para esse fim, foram lançadas as duas primeiras cultivares da Embrapa para o Cerrado (Figura 4). A cultivar BR 9-Cerrados, descendia do cruzamento BH 1146/IRNx595-71, realizado em Planaltina, DF, em 1973 e destinava-se a plantios de sequeiro, acima de 800 m, sendo recomendada para cultivo nos estados de Goiás, Minas Gerais e no Distrito Federal. A cultivar BR 10-Formosa descendeu de seleção realizada em Planaltina, DF, a partir da Alondra 45, linhagem introduzida do México, e foi indicada para cultivo irrigado acima de 600 m para as seguintes unidades da Federação: Minas Gerais, Goiás, Distrito Federal, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Devido a maior adaptação de ambas cultivares às condições regionais e produtividade superior às cultivares em uso foram recomendadas, em 1983, pelo Conselho Técnico da Comissão Regional de Avaliação e Recomendação de Cultivares de Trigo, Região III (Silva et al., 1984).

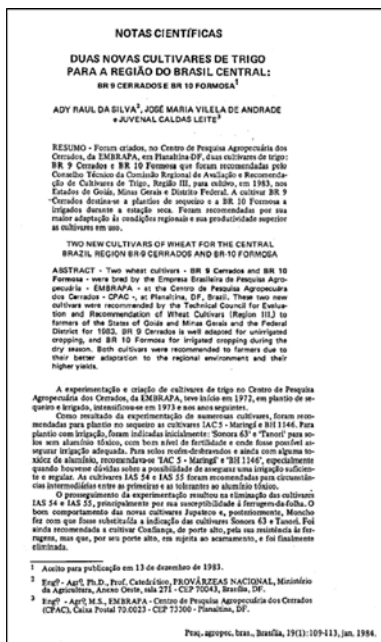


Figura 4. Lançamento das primeiras cultivares de trigo selecionadas na Embrapa Cerrados para o Brasil Central.

As principais demandas na época eram maior rendimento, tolerância a alumínio e acidez de solo, eficiência de uso de nutrientes, porte baixo e precocidade, mas também era necessário cultivares tolerantes às doenças, principalmente à ferrugem. Então, em 1985, foi lançada a cultivar BR 12 – Aruanã, moderadamente resistente à ferrugem do colmo e ao mosaico do trigo (Popinigis, 1987) (Figura 5A). Em 1986, foi lançada a BR16 – Rio Verde, para plantio em sequeiro, com tolerância a ferrugem (Figura 5B). A BR 33 – Guará e a BR 39 – Paraúna foram genótipos introduzidos em 1983, provenientes do Centro Internacional de Melhoramento de Milho e Trigo (CYMMIT) e, em 1989 e 1991, respectivamente, foram recomendadas para plantio irrigado em Goiás, no Distrito Federal (Albrecht et al., 1995). A BR 33–Guará foi plantada por diversos anos em Goiás e no Distrito Federal, principalmente pela resistência ao acamamento. Porém, apesar da boa produtividade e da tolerância a algumas doenças, essas cultivares apresentavam baixa qualidade industrial (Albrecht et al., 2007). Assim, a equipe técnica da Embrapa Cerrados e parceiros começaram a buscar genótipos com qualidade industrial, além do alto rendimento, da tolerância ao alumínio e às doenças. Com isso, nos anos 1990, foram lançadas as primeiras cultivares do Brasil Central com alta qualidade de panificação, a Embrapa 42 e a Embrapa 22, recomendadas para plantio irrigado em 1994 e 1998, respectivamente. Alguns anos mais tarde, em 2002, a BR 18 – Terena, indicada para plantio na região Centro-Sul, foi recomendada para plantio sequeiro na região Central do Brasil (Albrecht et al., 2007; Cunha; Soares Sobrinho, 2004). A BR18 foi inicialmente considerada uma linhagem Alondra e sua origem certa não está esclarecida pois é proveniente de um cruzamento desconhecido (Sousa; Caeirão, 2014). A cultivar destaca-se por grão grande, glúten forte, tipo agrônômico, tolerância à ferrugem-da-folha e pela adaptação geral no Brasil. Ainda hoje, é uma cultivar muito usada em cruzamentos para a seleção de materiais a serem cultivados em regime de sequeiro.

O trigo de inverno cultivado com irrigação na região do cerrado apresenta maior produtividade e melhor qualidade industrial para panificação em relação às outras regiões do país. O rendimento médio de Goiás, do Distrito Federal e de Minas Gerais variou de 3,9 t ha⁻¹ a 5,7 t ha⁻¹ nas safras 2010

a 2012, enquanto, na região Sul, o rendimento variou de 1,8 t ha⁻¹ a 3,1 t ha⁻¹ no mesmo período (De Mori; Silva, 2013). No entanto, o trigo produzido no Brasil Central, sob regime de irrigação, obteve rendimentos acima de 7 t ha⁻¹. Isso ocorre porque as cultivares produzidas apresentam alto padrão de qualidade tecnológica em decorrência da genética e do clima seco e quente da região (Figura 6).

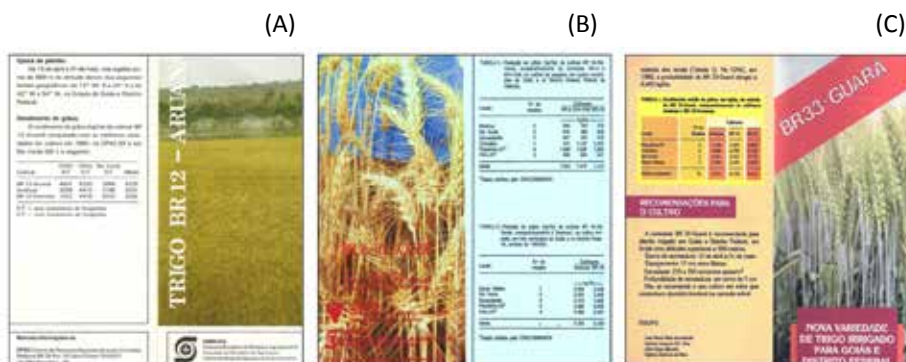


Figura 5. Cultivares lançadas pela Embrapa Cerrados e parceiros.

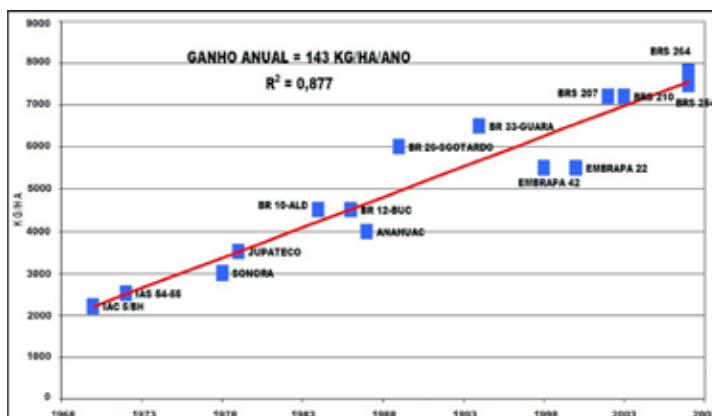


Figura 6. Ganho anual de rendimento de trigo em kg/ha de 1970 até 2008.

Dentro desse enfoque, a Embrapa Cerrados concentrou parte do seu esforço e lançou três cultivares de trigo irrigado de 2005 a 2007: BRS 207

(2005), BRS264 (2006) e BRS254 (2007), todas com excelente qualidade de grãos e alto rendimento. A cultivar BRS 207 apresenta boa qualidade para panificação (classificada como trigo tipo pão), resistência ao acamamento e elevada produtividade (Andrade, 2002). A cultivar BRS 254, além do ciclo médio e do alto rendimento, apresenta uma excelente qualidade tecnológica, sendo classificado como trigo melhorador (Albrecht et al., 2008). A BRS 264, cultivar mais semeada pelos tricultores do Brasil Central, ocupa 80% da área cultivada com trigo no cerrado. É uma cultivar super precoce, que pode ser colhida cerca de 10 dias antes que as demais disponíveis no mercado, também apresenta alto rendimento e excelente qualidade para panificação, classificada como trigo pão (Albrecht et al., 2006).



Figura 7. Folder do lançamento das cultivares BRS 254 (2007) BRS 264 (2006).

Em 2015, foram lançadas a BRS 394, cultivar de trigo irrigado, para substituir a BRS 254, e a BRS 404, cultivar de trigo sequeiro. Ambas apresentam excelente qualidade para panificação, alto rendimento e um bom nível de tolerância à brusone, principal doença do trigo ocorrente no cerrado (Embrapa, 2020).

Considerações finais

Importantes avanços foram obtidos na área de pesquisa, desenvolvimento e inovação do cultivo do trigo no Cerrado. A área plantada de trigo no Brasil Central, em 1985, era de 10 mil hectares, e, em 2015, alcançou-se 110 mil hectares, porém a área potencial para a produção de trigo no Brasil Central é de 1,5 milhões de hectares para o cultivo irrigado e 2,5 milhões para o sequeiro. Os desafios ainda são grandes para superar todos os problemas e atingir todo este potencial.

Tabela 1. Processos, produtos e serviços desenvolvidos na área relacionada ao desenvolvimento do Trigo no Cerrado do Brasil Central, apresentados na Reunião Anual de Apresentação de Resultados da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos, inseridos no Sistema GESTEC e disponibilizados para a sociedade por meio do portal da Embrapa.

| Nº | Solução tecnológica | Tipo |
|----|-----------------------------|------------------|
| 1 | Trigo – BR 09 (Aruanã) | Produto/Cultivar |
| 2 | Trigo – BR 10 (Formosa) | Produto/Cultivar |
| 3 | Trigo – BR 12 (Aruanã) | Produto/Cultivar |
| 4 | Trigo – BR 16 | Produto/Cultivar |
| 5 | Trigo – BR 24 | Produto/Cultivar |
| 6 | Trigo – BR 26 – São Gotardo | Produto/Cultivar |
| 7 | Trigo – BR 33 (Guará) | Produto/Cultivar |
| 8 | Trigo – BR 39 (Paraúna) | Produto/Cultivar |
| 9 | Trigo – Embrapa 41 | Produto/Cultivar |
| 10 | Trigo – Embrapa 42 | Produto/Cultivar |
| 11 | Trigo – BRS 18 | Produto/Cultivar |
| 12 | Trigo – BRS 210 | Produto/Cultivar |

Fonte: Faleiro et al. (2020). Portfólio de tecnologias da Embrapa Cerrados: produtos, processos e serviços – Especial 40 anos. Embrapa Cerrados: Planaltina, DF.

Produtos, processos e serviços descritos no portfólio de tecnologias da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos

- 1) Trigo – BR 09 (Aruanã)
- 2) Trigo – BR 10 (Formosa)
- 3) Trigo – BR 12 (Aruanã)
- 4) Trigo – BR 16
- 5) Trigo – BR 24
- 6) Trigo – BR 26 – São Gotardo
- 7) Trigo – BR 33 (Guará)
- 8) Trigo – BR 39 (Paraúna)
- 9) Trigo – Embrapa 41
- 10) Trigo – Embrapa 42
- 11) Trigo – BRS 18
- 12) Trigo – BRS 210

Referências

ALBRECHT, J. C.; SILVA, M. S. e; SCHEEREN, P. L.; ANDRADE, J. M. V. de; TRINDADE, M. da G.; SOARES SOBRINHO, J.; SOUSA, C. N. A. de; BRAZ, A. J. B. P.; RIBEIRO JÚNIOR, W. Q.; SOUSA, M. A. de; FRONZA, V.; YAMANAKA, C. H. **BRS 254 - trigo melhorador**: cultivar com alta qualidade industrial para a região do Cerrado. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. (Embrapa Cerrados. Documentos, 228).

ALBRECHT, J. C.; SÓ e SILVA, M.; ANDRADE, J. M. V. de; SCHEEREN, P. L.; TRINDADE, M da G.; SOARES SOBRINHO, J.; SOUSA, C. N. A. de; BRAZ, A. J. B. P.; RIBEIRO JÚNIOR, W. Q.; SOUSA, M. A. de; FRONZA, V.; YAMANAKA, C. H. **Trigo BRS 264**: cultivar precoce com alto rendimento de grãos indicada para o cerrado do Brasil Central. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. 21 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 174).

ALBRECHT, J. C.; ANDRADE, J. M. V. de; SOUSA, C. N. A. de. Trigo BR 33- Guara e BR 39- Parauna, novas cultivares para a região do Brasil Central. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n. 1, p. 135-142, jan. 1995.

ALBRECHT, J. C.; RIBEIRO JÚNIOR, W. Q.; SILVA, M. S. Cultivares de trigo para o Cerrado. In: FALEIRO, F. G.; SOUSA, E. dos S. de (ed.). **Pesquisa, desenvolvimento e inovação para o Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. p. 61-68.

ANDRADE, J. M. V. de. **Trigo BRS 207**: nova opção para os tricultores do Distrito Federal e dos estados de Minas Gerais e Goiás. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 3 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 72).

CARGNIN, A. **Progresso genético em trinta anos de melhoramento do trigo em Minas Gerais**. 2007. 61 f. Tese (Doutorado)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

COELHO, M. A. O.; CONDÉ, A. B. T.; SOUZA, M. A.; FRONZA, V.; YAMANAKA, C. H. Expansão e cultivo da cultura do trigo em Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, v. 32, n. 260, p. 38-47, 2011.

CONTO, N. F. de. O desafio Agrícola. In: CONSTITUIÇÃO DE 1988 : o Brasil 20 anos depois: Estado e Economia em Vinte Anos de Mudanças: Volume IV. Brasília, DF : Senado Federal, Instituto Legislativo Brasileiro, 2008. p. 798-862.

CUNHA, G. R.; SOARES SOBRINHO, J. In: REUNIÃO DA COMISSÃO CENTRO-BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO, 12.; SEMINÁRIO TÉCNICO DE TRIGO, 1., 2002, Uberlândia. **Atas e resumos expandidos...** Passo Fundo : Embrapa Trigo, 80 p. 2004.

EMBRAPA. Página de cultivares. Cultivares de trigo da Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/cultivar/trigo>. Acesso em: 1 nov. 2020.

LAGOS, M. B. **História do melhoramento do trigo no Brasil**. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Agronômicas, 1983. 80 p. (Boletim Técnico do Instituto de Pesquisas Agronômicas, 10).

LAMSTER, C. Programa Nacional de aproveitamento de várzeas – PROVARZEAS nacional. **Informe Agropecuário**, n. 65, p. 3-8, 1980.

POPINIGIS, F. (Comp.). **Novas cultivares**: ano 13/14. Brasília, DF: EMBRAPA-DDT, 1987. 168 p. (Embrapa-DPP. Documentos, 14).

RIBEIRO JÚNIOR, W. Q.; ALBRECHT, J. C.; SILVA, M. S. Viabilidade do cultivo de Trigo no Cerrado do Brasil Central. In: FALEIRO, F. G.; SOUSA, E. dos S. de (ed.). **Pesquisa, desenvolvimento e inovação para o Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. p. 55-60.

SCHEEREN, P. L.; CAIERAO, E. Cultivares. In: BORÉM, A.; SCHEEREN, P. L. Trigo: do plantio à colheita. (ed.). Viçosa, MG: Ed. UFV, Cap. 5, p. 91-119, 2015.

SCHEEREN, P. L.; CAIERAO, E.; SILVA, M. S. e; BONOW, S. Melhoramento de trigo no Brasil. In: PIRES, J. L. F.; VARGAS, L.; CUNHA, G. R. da (ed.). **Trigo no Brasil**: bases para produção competitiva e sustentável. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2011. p. 427-452.

SILVA, A. R. da; ANDRADE, J. M. V. de; LEITE, J. C. Duas novas cultivares de trigo para a região do Brasil Central: BR 9-Cerrados e BR 10-Formosa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 19, n. 1, p. 109-113, 1984.

SILVA, A. R. **A cultura do trigo no Brasil Central sem irrigação**. Brasília, DF: EMBRAPA-CPAC, 1980. 13 p. (Publicação Avulsa, 4).

SILVA, A. R. A cultura do trigo nos Cerrados no Brasil Central. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Trigo no Brasil**. Campinas, v. 2, p. 591-620. 1982.

SILVA, A. R.; ANDRADE, J. M. V. **A cultura do trigo nas várzeas de Minas Gerais**: possibilidades e dificuldades. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1979. 68 p. (EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 2).

SILVA, A. R. da; ANDRADE, J. M. V. de; LEITE, J. C. **Contribuição da EMBRAPA ao desenvolvimento do trigo na região dos Cerrados**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1981. 16 p. (EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 5).

SILVA, A. R.; LEITE, J. C. Experimentos de trigo em Brasília em 1972. In: REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE TRIGO, 5., 1973, Porto Alegre.

SILVA, A. R.; LEITE, J. C. Experimentos de Trigo em Brasília em 1973. In: REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE TRIGO, 6., 1974, Porto Alegre.

SILVA, A. R.; LEITE, J. C.; MAGALHÃES, J. C. A. J.; NEUMAIER, N. **A cultura do trigo irrigada nos Cerrados do Brasil Central**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1976. 70 p. (EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 1).

SIMONSEN, R. C. **História econômica do Brasil: 1500-1820**. Brasília, DF: Senado Federal, Conselho Editorial, 589 p. 2005.

SOUSA, C. N. A.; CAIERÃO, E. **Cultivares de trigo indicadas para o cultivo no Brasil e Instituições criadoras – 1922 a 2014**. 2. ed. Brasília, DF, Embrapa, 2014. 200 p.



Agroecologia e Produção Orgânica

João Paulo Guimarães Soares
Wellington Pereira de Carvalho
Cynthia Torres de Toledo Machado
Luciano Mansor de Mattos
Herbert Cavalcante de Lima
José Humberto Valadares Xavier
João Roberto Correia
Tito Carlos Rocha de Sousa
Juaci Vitória Malaquias

Introdução

Agroecologia tem por objetivo atender simultaneamente as necessidades de preservação ambiental e de promoção socioeconômica de pequenos agricultores excluídos dos projetos desenvolvimentistas na segunda metade do século 20 (Khatounian, 2001). Porém, é importante o tratamento que Caporal et al.(2009) dá ao caracterizar a agroecologia como sendo um campo do conhecimento científico.

Agroecologia, mais do que simplesmente tratar sobre o manejo ecologicamente responsável dos recursos naturais, constitui-se em um campo do conhecimento científico que, partindo de um enfoque holístico e de uma abordagem sistêmica, pretende contribuir para que as sociedades possam redirecionar o curso alterado da coevolução social e ecológica, nas suas mais diferentes inter-relações e mútua influência (Caporal et al., 2009).

Nesse sentido, a agroecologia é uma abordagem extremamente útil, uma vez que é entendida como um campo de estudos com enfoque científico e estratégico para a promoção de agriculturas sustentáveis, mas cujas contribuições vão muito além de aspectos tecnológicos ou agrônômicos da produção, pois, incorporam dimensões mais amplas e complexas, que incluem tanto variáveis econômicas, sociais e ambientais como variáveis culturais, políticas e éticas da sustentabilidade (Altieri, 2002)

No âmbito da produção, os principais entraves ao desenvolvimento da produção de base ecológica no Brasil têm sido a carência de tecnologias; a escassez de profissionais para atuar na área; a existência de poucos fornecedores de insumos e de equipamentos dirigidos para esse modelo de agricultura; e a dificuldade para segregação da produção e formação de escala para vencer os obstáculos da logística de um país continental (Figueiredo; Soares, 2012).

Apesar desses problemas, existem diversas experiências de conversão da produção. A olericultura e a fruticultura estão entre as atividades que mais converteram, por exemplo, para o sistema orgânico de produção. Em relação às grandes culturas (café e açúcar), tem sido possível avançar na velocidade de conversão de áreas. As culturas de grãos e oleaginosas, contudo, enfrentam grandes dificuldades para conversão pelo uso massal de sementes transgênicas e de fertilizantes químicos de síntese, além do controle químico de invasoras, de insetos, de fungos, de vírus e de bactérias tanto no campo como na fase pós-colheita (armazenamento). Na pecuária, existe mais facilidade para a produção de carne e leite de ruminantes a pasto. A produção relacionada aos não ruminantes em sistemas orgânicos (aves, ovos, suínos) é mais difícil em virtude da contaminação do milho com polinização cruzada com plantas transgênicas e pela impossibilidade de uso de aminoácidos sintéticos como a metionina e a lisina para equilibrar nutricionalmente as rações.

Os produtos orgânicos de origem animal mais encontrado no mercado brasileiro são: carne bovina, leite bovino e derivados, mel, ovos, carne de frango, carne suína e, em menores proporções, outras aves, peixes e crustá-

ceos e coprodutos, como composto orgânico, produzido a partir de resíduos das criações animais.

O produto orgânico tem normatização oficial do Mapa, os demais produtos alternativos não, embora se encontre tentativas de criar selos diferenciados. Portanto, todo o produto ecológico, biodinâmico, natural, regenerativo, biológico, agroecológico é denominado produto orgânico (Brasil, 2003) e têm seus processos de produção, de industrialização, de armazenamento, de transporte e de comercialização regidos pela Lei 10831 (Brasil, 2003) e suas instruções normativas, sobretudo a IN 46 (Brasil, 2011).

Na Embrapa, a publicação do Marco Referencial em Agroecologia (MARCO..., 2006), a construção de projetos de pesquisa e, mais recentemente, a instituição do Portfólio de Sistemas de Produção de Base Ecológica são esforços de grande importância para o desenvolvimento da agroecologia e da agricultura orgânica no Brasil.

História das pesquisas com agroecologia e produção orgânica na Embrapa Cerrados

Os trabalhos no tema se iniciaram na Embrapa Cerrados por meio da participação de pesquisadores nas duas fases do projeto em rede do Macroprograma 1 – Bases Científicas e Tecnológicas para o Desenvolvimento da Agricultura Orgânica no Brasil (2003–2012), assim como pela liderança do Projeto Manejo Sustentável da Agrobiodiversidade nos Biomas Cerrado e Caatinga (2003–2007), componente do *Programa Biodiversidade Brasil Itália*. Na sequência, foi executado o Projeto Estratégias de Melhoramento Participativo na Adaptação de Espécies Cultivadas em Sistemas Agroecológicos Utilizando o Milho como Espécie Indicadora (2006–2007). Outra iniciativa foi a participação de pesquisadores no Projeto MP1 – Transição Agroecológica: construção participativa do conhecimento para a sustentabilidade (2009–2012).

A partir de 2007, novos projetos foram elaborados e aprovados no Sistema Embrapa de Gestão (SEG), assim como profissionais da Embrapa Cer-

rados participaram de atividades e planos de ação de projetos liderados por outras unidades da Embrapa. Uma síntese dos principais projetos é apresentada a Tabela 1.

Ressalta-se que, além das ações citadas, a Embrapa Cerrados tem desenvolvido trabalhos em temas relacionados à agroecologia, com destaque para plantas de cobertura, adubação verde, pesquisa participativa (seleção, melhoramento e avaliação) de variedades de milho e mandioca (mesa e indústria), manejo orgânico de pastagem, produção orgânica de leite, sistema plantio direto, manejo extrativista de recursos naturais, sistemas de policultivos (frutas, hortaliças e cultivos anuais), horticultura orgânica, sistemas agroflorestais sucessionais, valoração de serviços ambientais, aproveitamento e beneficiamento de frutos da flora do Cerrado, valoração de serviços ambientais, desenvolvimento tecnológico para uso funcional das passifloras silvestres (serviços ambientais, adubação, cultivo e produção de passifloras em sistemas orgânicos, policultivos), construção social de mercados por agricultores familiares, métodos de apoio ao desenvolvimento da agricultura familiar; e estratégias de ação junto aos agricultores familiares, como redes sociotécnicas, fazendas de referência e polos de irradiação.

Tabela 1. Ações da Embrapa Cerrados em agroecologia e produção orgânica.

| Projetos liderados pela Embrapa Cerrados | Período |
|--|-----------|
| Manejo sustentável da agrobiodiversidade nos biomas cerrado e caatinga (2003–2007) | 2003–2007 |
| Estratégias de melhoramento participativo na adaptação de espécies cultivadas em sistemas agroecológicos utilizando o milho como espécie indicadora | 2006–2007 |
| Sistemas diversificados de produção visando a transição agroecológica no contexto dos pequenos produtores de assentamento de reforma agrária do município de Unaí, MG | 2007–2010 |
| Avaliação participativa da aptidão agroecológica e extrativista das terras de agricultores familiares do território do Alto Rio Pardo (MG) para construção de sistemas de produção em bases ecológicas | 2007–2010 |
| Sistemas orgânicos de produção animal | 2007–2012 |

Continua...

Tabela 1. Continuação.

| Projetos liderados pela Embrapa Cerrados | Período |
|--|-----------|
| Manejo da agrobiodiversidade com enfoque agroecológico em comunidades de pequenos agricultores | 2009–2012 |
| Cadeia interinstitucional do leite agroecológico-desenvolvimento de tecnologias para construção participativa de conhecimentos na produção de biomassa de forragens para sistemas Agroecológicos de leite no bioma Cerrado | 2010–2015 |
| Cadeia do leite orgânico | 2011–2012 |
| Ações de uso e manejo da sociobiodiversidade de sistemas agrícolas e extrativistas visando a segurança alimentar e geração de renda de agricultores familiares do Território do Alto Rio Pardo Projeto Rio Pardo – Fase II | 2011–2015 |
| Transição produtiva e serviços ambientais – Fase I | 2013–2017 |
| Estratégias para transição agroecológica da agricultura familiar: produção, agregação de valor e construção social de mercados | 2015–2018 |

No contexto dos projetos da Unidade, no tema, há participação contínua de estudantes de graduação em Ciências Agrárias e pós-graduação em Agronegócios da Upis, UnB e IFB, orientados e co-orientados pelos pesquisadores.

Em relação às políticas públicas, foram desenvolvidas ações do Plano Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica – Planapo (Fase I PPA 2012–2015) e elaboração das ações do Planapo II (2016–2019), nos quais a Embrapa Cerrados participa em representação e comissões. Outra ação refere-se à participação no Comitê do Arranjo de Serviços Ambientais, com atribuição em duas frentes: serviços culturais e análise de políticas públicas, assim como representação na comissão de produção orgânica-CPORG/SFA/Mapa e compomos o portfólio de projetos de pesquisa Sistemas de Produção de Base Ecológica.

Destaca-se a execução de atividades transferência de tecnologia, intercâmbio e construção do conhecimento, sobretudo em relação à capacitação

de alunos, técnicos e agricultores, por meio de cursos, dias de campo, intercâmbio de experiências e palestras.

Principais resultados

Na Tabela 2, são listados os principais produtos tecnológicos desenvolvidos e caracterizados pelo *Grupo de Trabalho Agroecologia e Produção Orgânica*, os quais foram apresentados na *Reunião Anual de Apresentação de Resultados da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos*.

Tabela 2. Processos, produtos e serviços desenvolvidos na área relacionada a agroecologia e produção orgânica apresentados na *Reunião Anual de Apresentação de Resultados da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos*, inseridos no Sistema Gestec e disponibilizados para a sociedade por meio do portal da Embrapa.

| Nº | Solução tecnológica | Tipo |
|----|---|----------------------------------|
| 1 | Recomendação de cultivares de feijão para sistema orgânico | Processo/prática agropecuária |
| 2 | Plantas de cobertura usadas na proteção do solo para sistemas orgânicos | Processo/prática agropecuária |
| 3 | Cultivar registrada de milho BRS Eldorado 4058 para sistemas agroecológicos | Produto/Cultivar |
| 4 | Sistema Ambitec Agroprodução Animal Sustentável para sistemas orgânicos de produção | Processo/Metodologia |
| 5 | Curso/Seminário de sistemas orgânicos de produção animal | Serviço: treinamento/capacitação |

Fonte: Embrapa, 2015.

A Embrapa Cerrados obteve resultados importantes relacionados à indicação de cultivares de feijão com melhor desempenho, tanto no plantio irrigado como no de sequeiro. Essas informações servem de base para produtores que pretendem iniciar em sistemas orgânicos sem passar pelo período de conversão ou para produtores que já se encontram inseridos no

sistema e contam com área já certificada. O feijão é uma cultura que tem valor agregado; preço diferenciado; procura maior que a oferta; excelente opção para rotação de culturas, proporcionando rápido retorno do capital investido. As recomendações contemplam cultivares comerciais de feijão (grupos carioca, preto, mulatinho e manteiga) para cultivo em sistemas de transição (baixa fertilidade) para agricultura orgânica, em cultivo de sequeiro e irrigado; e cultivares comerciais de feijão dos grupos carioca, preto, mulatinho e rosinha para cultivo em sistemas orgânicos já estabelecidos (fertilidade corrigida) em cultivo de sequeiro e irrigado no Distrito Federal.

Nesse mesmo contexto, obteve-se o registro da variedade de milho BRS Eldorado obtida por meio de melhoramento participativo e selecionada para adaptação aos ambientes com baixa disponibilidade de nutrientes, apresentando eficiência de utilização de nitrogênio e fósforo, sendo recomendada para uso em sistemas agroecológicos (Machado et al., 2011).

Outra tecnologia gerada é o processo de utilização de plantas de cobertura da família das leguminosas que apresenta vantagem de potencial de produção de biomassa e de capacidade de fornecer nitrogênio à cultura sucessora. Da mesma forma, as poáceas sorgo (*Sorghum bicolor*) e milheto (*Pennisetum glaucum*) destacam-se pela alta produção de biomassa e de resíduos com relação C/N elevada, o que pode contribuir para redução na taxa de decomposição e para liberação mais lenta de nutrientes no solo. Além disso, o uso de poáceas como plantas de cobertura é importante para a absorção de nutrientes, especialmente do potássio, de camadas subsuperficiais e para a disponibilização na superfície do solo. O cultivo consorciado dessas espécies pode proporcionar benefícios aos sistemas de produção. A identificação de espécies dessas famílias com alta produção de fitomassa, para proteção do solo no período de pousio, é de alta relevância, principalmente para pequenos produtores orgânicos que não dispõem de sistemas de irrigação. Neste trabalho houve a indicação da leguminosa feijão-de-porco, da poácea sorgo e do consórcio feijão-de-porco+sorgo como as melhores opções para cobertura e proteção do solo durante o período da seca em sistemas orgânicos de sequeiro.

Desenvolveu-se uma metodologia que apresenta uma nova abordagem ao Sistema de Avaliação de Impactos Ecológicos e Socioambientais de Inovações Tecnológicas Agropecuárias (Ambitec Agroprodução Animal), desenvolvido pela Embrapa Meio Ambiente. Realizaram-se a inserção e ajustes dos critérios e indicadores ecológicos para avaliação de sistemas orgânicos de produção animal previstos na legislação de produção orgânica IN 46, assim como apresenta um novo critério de avaliação para prover uma análise comparativa entre as condições anterior e posterior à adoção de tecnologias para a conversão de sistemas convencionais para a de produção orgânica.

Foi também disponibilizado o serviço de treinamento e capacitação pelo curso e seminário de Sistemas Orgânicos de Produção Animal, que é apresentado há 4 anos com o propósito de treinamento e construção participativa de conhecimentos com os agentes de ATER, produtores, professores e alunos de diferentes instituições para auxiliar o amplo conhecimento de todas as tecnologias disponíveis nos últimos 12 anos de atividades com agroecologia e sistemas orgânicos de produção na Embrapa.

Esses resultados encontram-se sistematizados e disponibilizados, sobretudo, na forma de eventos e publicações (Figura 1).



Figura 1. Publicações com resultados de tecnologias geradas, treinamentos e capacitações nos projetos de agroecologia e produção orgânica.

Perspectivas para intensificação de pesquisa, transferência de tecnologia, intercâmbio, construção do conhecimento e comunicação

A Embrapa passou por uma forte mudança sendo importante considerar dois aspectos: (a) publicação do *Marco Referencial em Agroecologia em 2006*; (b) reestruturação na gestão de P&D e TT com novas figuras programáticas: portfólios e arranjos.

Nesse sentido, alguns avanços relacionados à agroecologia e produção orgânica na Embrapa foram observados. É o caso da elaboração de novas propostas de Pesquisa e Desenvolvimento diretamente relacionadas com esses temas, com conseqüente ampliação da carteira de projetos. O marco referencial também proporcionou maior intercâmbio entre os profissionais que atuam nessas áreas e, ainda, a participação da Embrapa Cerrados na articulação do arranjo sobre agroecologia para a região Centro-Oeste, assim como, a inserção de linhas temáticas relacionadas ao tema na agenda de P&D da Unidade.

Nesse contexto, é necessário fortalecer os espaços de debates sobre agroecologia e produção orgânica para elevar a integração dos profissionais e das equipes; estimular a elaboração e a execução de projetos robustos no tema, bem como, parcerias que viabilizem as propostas; aumentar o foco nos trabalhos relacionados aos indicadores de sustentabilidade; e intensificar os processos de capacitação para pesquisa em agroecologia e normatização de agricultura orgânica.

Outro aspecto considerado fundamental é estreitar as relações interinstitucionais com movimentos da sociedade civil de agricultura orgânica. Finalmente, é estratégico sistematizar e divulgar as experiências e resultados de agroecologia dos agricultores e dos projetos para ampliar a escala de uso dos resultados.

Produtos, processos e serviços descritos no portfólio de tecnologias da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos

- 1) Avaliação de Cultivares de Feijão (*Phaseolus vulgaris*) para o Plantio em Sistema Orgânico no Distrito Federal
- 2) Curso/Seminário *Sistemas Orgânicos de Produção Animal*
- 3) Desenvolvimento da Guariroba em Sistemas Agroflorestais no Cerrado
- 4) Marco Referencial em Agroecologia

- 5) Método para Avaliação da Toxicidade Aquática de Rejeitos Sólidos de Mineração
- 6) Sistema Ambitec Agroprodução Animal Sustentável para Sistemas Orgânicos de Produção
- 7) Sistemas Agroflorestais de Seringueira com Cafeeiro
- 8) Culturas Alternativas: Cevada, Girassol, Café, Gergelim, Amendoim, Pseudocereais e Adubos Verdes

Referências

ALTIERI, M.A. **Agroecologia**: bases científicas para uma agricultura sustentável. Guaíba: Agropecuária, 2002. 592 p.

BRASIL. Decreto-lei n.º 6.323, de 27 de dezembro de 2007. Regulamenta a Lei n.º 10.831, de 23 de dezembro de 2003, que dispõe sobre a agricultura orgânica, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 27 dez. 2007. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Decreto/D6323.htm. Acesso em: 22 abr. 2015.

BRASIL. Instrução Normativa nº 46, de 06 de outubro de 2011. Estabelece o Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção Animal e Vegetal. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 06 out. 2011. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=78910>. Acesso em: 26 abr. 2015.

BRASIL. Lei n.º 10.831, de 23 de dezembro de 2003. Dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 24 dez. 2003. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003L10.831.htm. Acesso em: 21 abr. 2015.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário. **Apresentação do Plano Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica**. Disponível em: <http://www.mda.gov.br/planapo/>. Acesso em: 09 de fev. 2016.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A.; PAULUS, G. (org.). **Agroecologia**: uma ciência do campo da complexidade. Brasília, DF: [s.n.], 2009. 111 p.

CARVALHO, W. P. Desempenho agrônomo de plantas de cobertura usadas na proteção do solo no período de pousio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 2, p. 157-166, fev. 2013.

CARVALHO, W. P.; WANDERLEY, A. L. Avaliação de cultivares de feijão (*Phaseolus Vulgaris*) para o plantio em sistema orgânico no Distrito Federal. **Ciência agrotecnologia**, v. 31, n. 3, p. 605-611, maio/jun., 2007.

FIGUEIREDO, E. A. P. de; SOARES, J. P. G. Sistemas orgânicos de produção animal: dimensões técnicas e econômicas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 49., 2012, Brasília, DF. **A produção animal no mundo em transformação**: anais. Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2012.

GUZMÁN, E. S. **Agroecología y desarrollo rural sustentable**: una propuesta desde Latino América. 2000. Disponível em: <http://geografiaposgrado.files.wordpress.com/2009/04/agroecologia-y-desarrollo-rural1.pdf>. Acesso em: 26 de abr. 2015.

KHATOUNIAN, C. A. **A reconstrução ecológica da agricultura**. Botucatu: Agroecológica, 2001.

MACHADO, A. T.; MACHADO, C. T. T.; NASS, L. L. Manejo da diversidade genética e melhoramento participativo de milho em sistemas agroecológicos. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 6, n.1, p.127-136, 2011.

MARCO referencial em agroecologia. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 70 p.

SANCHES, C. R.; SOARES, J. P. G. Certificação da produção orgânica de leite. In: SOARES, J. P. G. (ed.). **Curso cadeia produtiva do leite orgânico**. Brasília, DF: Embrapa, 2012.

SOARES, J. P. G.; AROEIRA, L. J. M.; ÁVILA, V. S. Agroecologia e produção orgânica de leite: transição agroecológica- marco referencial. In: CURSO DE PRODUÇÃO DE LEITE ORGÂNICO, 2015, Concórdia. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2015. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 166).

SOARES, J. P. G.; SOUSA, T. C. R.; MALAQUIAS, J. V.; RODRIGUES, G. S.; BORBA JUNIOR, J. K. F. **Impactos ambientais da transição entre a produção de leite bovino convencional para orgânico na Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno (RIDE/DF)**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2015. 45 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Embrapa Cerrados, 324).



Culturas Alternativas: cevada, girassol, café, pseudocereais e adubos verdes

Renato Fernando Amabile

Arminda Moreira de Carvalho

Cristiane Andréa de Lima

Walter Quadros Ribeiro Júnior

Adriano Delly Veiga

Omar Cruz Rocha

Introdução

A ocupação plena, intensiva e racional dos cerrados pode fornecer ao país cerca de 150 milhões de toneladas de grãos ao ano. O tempo necessário para que essa previsão se torne realidade, contudo, depende, além de fatores econômicos e políticos, de tecnologias que garantam ganhos representativos de eficiência aos sistemas de produção e de alternativas que coadunem com a necessidade de preservação desse bioma com o objetivo básico da agricultura que é a produção de alimentos, de fibras e de energia. Nesse sentido, o dinamismo da agricultura tem levado diversos agricultores a fazerem uso de técnicas que proporcionem a manutenção ou a melhoria do potencial produtivo dos sistemas agrícolas. Essas tecnologias, consideradas estratégicas, têm sido incorporadas ao processo produtivo destacando-se, entre elas a diversificação de cultivos, tanto para o ambiente de sequeiro como para o irrigado.

Diversas espécies tidas como inaptas ou marginais estão plenamente adaptadas e hoje são uma realidade na região, por exemplo, a soja, o trigo.

O sucesso da introdução dessas novas espécies foi possível porque as pesquisas adaptou-as ao ambiente muito distinto dos seus centros de origem. Boa parte dessas pesquisas foi embasada no melhoramento genético voltado à introdução e à adaptação de genótipos para promover o crescimento, o desenvolvimento e a sustentabilidade agrícola das culturas. Neste capítulo, serão abordados os resultados de ações de pesquisa sobre algumas culturas que são alternativas para os sistemas de produção no cerrado como a cevada, o girassol, o café, os pseudocereais e os adubos verdes.

Cevada e girassol

A cevada vem sendo objeto de estudo no ambiente irrigado do cerrado desde a década de 1970, por ter versatilidade na adaptação a ambientes e a condições diversas a sua origem. A demanda por essa *commodity* é crescente e a produção nas regiões tradicionais, como nos estados do Sul, está longe de atender às necessidades do mercado cujo déficit é suprido com importações que oneram a balança comercial nacional. A diversificação no sistema irrigado no cerrado com a cevada é, sem dúvida, conveniente, pois torna o negócio agrícola mais equilibrado e consolidado (Amabile; Barcellos, 2009). Resultados de pesquisa indicam que o Cerrado tem potencial para suprir essa demanda por grãos de cevada, dando oportunidade e oferta ao negócio agrícola, de forma a incluir novas oportunidades comerciais, contemplando os aspectos de sustentabilidade e competitividade que norteiam os princípios da economicidade (Amabile et al., 2007).

A cultura da cevada, em razão de suas características fisiológicas, necessita de temperaturas do ar amenas e solos corrigidos, condições geralmente presentes nos cultivos de inverno no cerrado, sob irrigação (Amabile et al., 2007). Entretanto, sua inserção no sistema agrícola requer estudos direcionados à adaptação a esse ambiente, na busca de estratégias agronômicas que visem explorar, com maior eficiência, a produção dessa cultura.

Do ponto de vista industrial, a cevada produzida no cerrado apresenta sementes limpas e sem período de dormência, podendo ser malteada logo depois da colheita, dispensando longos períodos de armazenagem para completar a maturação dos grãos (Amabile, 2007).

O girassol é outra cultura que é objeto de ações de pesquisa nos cerrados pela Embrapa. Em razão de essa espécie apresentar maior tolerância à seca e ao calor, de o seu rendimento ser pouco influenciado pela latitude e pelo fotoperíodo e a crescente demanda do setor industrial e comercial, o girassol tornou-se uma importante alternativa econômica nos sistemas de rotação, de consórcio e de sucessão de culturas no sistema de safrinha no Cerrado. Para garantir a expansão dessa cultura de forma estável e competitiva, foi imprescindível a disponibilidade de cultivares com características adequadas para atender aos diferentes sistemas de produção a fim de favorecer o estabelecimento sustentável da cultura no Cerrado do Brasil Central e Meio Norte brasileiro. Essa expansão foi intimamente ligada ao melhoramento genético, uma vez que as condições edafoclimáticas no Brasil são diferentes das encontradas nos países que tem como tradição o girassol e, por consequência, os genótipos introduzidos precisam ser adaptados.

Principais tecnologias geradas

As tecnologias geradas pelas ações de P&D&I com a cevada está alicerçada na obtenção de cultivares adaptados ao sistema irrigado do cerrado. O melhoramento da cevada irrigada no cerrado teve como marco referencial o lançamento, em 1999, da cultivar hexástica BRS 180 – a primeira cultivar de cevada cervejeira recomendada para o sistema de produção irrigado da região do cerrado (Silva et al., 2000). Essa cultivar é a única registrada no Brasil a apresentar, em razão de suas características genéticas, teor proteico constantemente abaixo dos 12% requerido pela indústria malteira. Em experimentos conduzidos na Embrapa Cerrados, em Planaltina, DF, a ‘BRS 180’ atingiu rendimento de grãos de até 8.920 kg ha⁻¹. Em lavoura comercial, essa cultivar rendeu 7.200 kg ha⁻¹ no município de Unaí, MG, em 2001,

rendimento de grãos bem superior aos obtidos na região Sul (Amabile et al., 2007). Destaca-se pela excelente adaptação às condições edafoclimáticas da região do cerrado, pela estabilidade agronômica e pela qualidade industrial do malte cervejeiro apta ao cultivo irrigado no cerrado. É indicada para produção nas principais regiões potencialmente produtoras de cevada cervejeira do Distrito Federal, Goiás e Minas Gerais. Possui hábito de crescimento ereto e as espigas possuem seis fileiras de grãos. O período de semeadura mais indicado para a BRS 180 é durante o mês de maio.

Outra cultivar de cevada registrada, de duas fileiras de grãos, é a BRS Deméter. Também se destaca pela estabilidade agronômica e pela qualidade industrial do malte cervejeiro apta ao cultivo irrigado no cerrado. Com ampla adaptação e estabilidade de produção nas principais regiões potencialmente produtoras de cevada cervejeira do Distrito Federal, Goiás e Minas Gerais, a 'BRS Deméter' tem melhor performance em altitudes acima de 900 m e entre as latitudes 14 °S e 20 °S. Possui hábito de crescimento juvenil e o espigamento ocorre, em média, com 60 dias (844°/dia). O período de semeadura mais indicado para a 'BRS Deméter' é de 1° a 30 de maio. O desempenho da 'BRS Deméter', quanto ao rendimento de grãos, chegou a 8.924,3 kg ha⁻¹.

Já a BRS Savanna é a segunda cultivar hexástica recomendada para o cerrado irrigado e a primeira em que o cruzamento foi proveniente da coleção elite da Embrapa Cerrados, selecionada com base em características agronômicas, moleculares e de qualidade malteira. Essa cultivar apresenta estabilidade de produção e ótima performance no ambiente irrigado do cerrado; detém um perfil de qualidade industrial de malte que atende à maioria das especificações da indústria cervejeira, com bom rendimento de extrato, adequada percentagem de vidrados, N solúvel, viscosidade, friabilidade e teor de B-glucanas no mosto; apresenta resistência moderada à mancha-marrom (*Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker) e à ferrugem-da-folha (*Puccinia hordei*), mas é suscetível à brusone (*Magnaporthe grisea*), como todas as demais cultivares de cevada irrigada para o cerrado.

A Embrapa Cerrados disponibilizou diversas cultivares de girassol para o cerrado. A variedade BRS 324 (2010), e os híbridos simples BRS 321 (2010), BRS 322 (2010), BRS 323 (2010), BRS 387 (2013), BRS 390 (2014) e, em 2016, o BRS 415. Em 2013, lançou o híbrido simples de girassol BRS 387; em 2014, o híbrido simples de girassol BRS 390; e em 2016, lançou o híbrido simples de girassol BRS 415. Todos esses lançamentos foram em correspondência com a Embrapa Soja.



Figura 1. Exemplos de cultivares de cevada e girassol lançadas pela Embrapa Cerrados e parceiros.

Café

Os cerrados de Goiás e Distrito Federal possuem condições de clima para a cafeicultura, como ausência de geadas e baixa umidade relativa do ar, que reduzem a incidência da ferrugem-do-café. Outros pontos positivos são a altitude adequada, a topografia favorável à mecanização e a colheita em época seca. Porém, gastos com operações de calagem e adubação são exigidos, tornando necessário estabelecer condições básicas para o sucesso e implantação da lavoura, como a utilização de mudas sadias, vigorosas e adaptadas ao local de plantio. Importante frisar que, sendo o café uma cultura perene, os erros cometidos no momento de instalação dificilmente poderão ser corrigidos.

Principais tecnologias geradas

Recomendações e/ou informações úteis com caráter prático podem ser passadas aos técnicos e produtores interessados na produção de mudas de qualidade para o desenvolvimento da cafeicultura em Goiás e no Distrito Federal. As sementes a serem utilizadas deverão ser colhidas em estágio “cereja” e processadas adequadamente; o substrato deverá conter terra, adubo orgânico e mineral, superfosfato triplo, cloreto de potássio e calcário; para evitar problemas com sistema radicular e reduzir custos com mão de obra e germinadores, a semeadura deverá ser direta. Controles devem ser adotados para pragas, doenças, ervas daninhas; para o uso constante de irrigação, bem como, para a adubação nitrogenada de acordo com a necessidade das mudas (Magalhães; Souza, 1987).

Cultivares tradicionais de café desenvolvidas em regiões tradicionais como Sul de Minas Gerais e do Paraná, foram avaliadas quanto ao melhor espaçamento em condições de cerrado, de acordo com o sistema de produção utilizado. A produtividade de todas as cultivares testadas aumentou

com a redução dos espaçamentos, confirmando os benefícios do adensamento da lavoura. Com os resultados do trabalho, infere-se que, em sistemas mecanizados, o espaçamento entre linhas deve ser o menor possível ao uso de máquinas e, para cafeicultores de pequeno porte, em sistemas manuais de manejo e colheita com uso intenso de mão de obra, os menores espaçamentos são os que geram as maiores produtividades para todas cultivares avaliadas.

O aumento na população de plantas, na densidade ideal para máxima produção de cada cultivar, acarreta acréscimo na produção por unidade de área. Resultados mostram a possibilidade de utilização de espaçamento entre linhas de 2,20 para cultivar Iapar 59 e 2,40 para cultivares Topázio e Acaiá, em sistema de cultivo manual. As cultivares são mais produtivas no sistema irrigado quando comparadas no sistema de sequeiro (Guerra et al., 2007). No sistema irrigado, também é possível utilizar a tecnologia do uso de estresse hídrico para uniformização de florada (Figura 2) (Guerra et al., 2007).

Foto: Fabiano Bastos



Fotos: Leo Miranda

Figura 2. Aspecto do cafezal com a utilização da tecnologia do uso do estresse hídrico para uniformização de florada.

Nas lavouras de café, podem ser utilizadas tecnologias que não agriam o meio ambiente e sejam sustentáveis. Nessas tecnologias, encontram-se os

métodos para controle de plantas invasoras e daninhas. O uso de defensivos, a prática de capinas e a cobertura do solo e suas inter-relações de forma integrada afetam a sustentabilidade, o uso de mão de obra, a qualidade ambiental e as melhorias do produto e da renda. O conhecimento das espécies infestantes e sua distribuição é importante para o manejo integrado. Práticas, como uso de cobertura viva e/ou morta no solo, podem contribuir para o controle, a manutenção de umidade e a redução do uso de adubos químicos necessários para nutrição do cafeeiro (Santos et al., 2008).

As técnicas de manejo com auxílio de coberturas podem trazer benefícios, tais como a proteção contra a erosão, a retenção de umidade, o aumento de matéria orgânica, a formação de microclima e as melhorias na qualidade física e química do solo. Entretanto, cuidados devem ser tomados na espécie adotada para que não ocorra competição com cafeeiro por água e nutrientes, como é o caso do amendoim forrageiro.

A recomendação da adubação para a cultura do café considerou as características da espécie e seu cultivo em condições de clima e solo de cerrado. O manejo da adubação deve ser bastante criterioso no que se refere à quantidade, à época e à forma de aplicação dos corretivos e dos fertilizantes. Com base nos resultados de análise de solo e com o auxílio das tabelas de recomendação, os adubos fosfatados e os corretivos necessários à área devem ser aplicados ao solo, antes do plantio, de forma homogênea, com a incorporação o mais profunda possível (Andrade et al., 2001).

Por serem ácidos e com baixa fertilidade natural, os solos de cerrado necessitam de calagem para corrigir a acidez e a gessagem, que irão suprir enxofre e corrigir o perfil com quantidade adequada de cálcio para o crescimento de raízes. Além disso, a fosfatagem irá corrigir a deficiência severa de fósforo que a maioria dos solos de cerrado apresentam.

Para o bioma Cerrado, existe potencial para a expansão da cafeicultura, necessitando de tecnologias adequadas aos diferentes sistemas de produção para otimizar essa atividade, seja em grandes áreas, seja em nível do pequeno agricultor.

Pseudocereais

A quinoa e o amaranto são originários do continente americano, pertencem à família Amaranthaceae; podem ser utilizados na alimentação humana, animal e como plantas de cobertura (Jayme de Oliveira et al., 2017), sendo considerados pseudocereais em razão das composições centesimais de carboidratos, de lipídeos, de fibras e de proteínas que se aproximam a dos cereais.

Vários países aprimoraram as técnicas de plantio, de condução, de colheita e de beneficiamento desses pseudocereais. O Brasil também está desenvolvendo cultivares adaptadas e tecnologias de produção de quinoa e de amaranto por meio de instituições de pesquisa e ensino com o intuito de obter sementes de crescimento rápido, plantas com ausência de acamamento, insensibilidade ao fotoperíodo, baixa ramificação, indeiscência de perigônio e das sementes, ciclos precoces e maturação uniforme (Spehar; Santos, 2002). Novos patamares de produtividade foram obtidos a nível de pesquisa entre 2 e 8 t/h, já caracterizados quanto aos teores de flavonoides e antocianinas, além de se obter genótipos de baixo porte para se evitar acamamento e identificados materiais com tolerância à seca (Silva et al 2021).

A Embrapa Cerrados tem realizado pesquisas científicas e adaptações de pseudocereais ao clima e solo do Cerrado desde a década de 1990, que resultaram em recomendações técnicas para o cultivo e manejo e as cultivares BRS Piabiru (Quinoa) e BRS Alegria (Amaranto). Essas cultivares têm apresentado desempenho agrônômico satisfatório também em outras regiões, como o Norte, Nordeste Sul e Sudeste.

A quinoa e o amaranto podem ser semeados em qualquer época do ano, a depender de sua finalidade (Spehar et al., 2003). No entanto, quando se objetiva a produção de grãos, as semeaduras realizadas no período de safrinha (sucessão), entre os meses de fevereiro a maio e na entressafra ou inverno (maio–setembro), são as que produzem melhores resultados. Nos

plantios na safra (período chuvoso), há risco de ocorrer chuvas na colheita e conseqüentemente germinação das sementes na panícula.

Inúmeras são as vantagens da produção no período de safrinha e podem variar de acordo com a espécie plantada, entre elas podemos citar: diversificação das atividades na propriedade; aumento da receita do produtor; maior controle de pragas, doenças e plantas daninhas; redução no uso de insumos; melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo; redução da oscilação térmica; incorporação de nitrogênio fixado biologicamente; aumento nos teores de matéria orgânica; controle da erosão; e conservação da umidade no solo (Carvalho et al., 2013).

Para a obtenção da safrinha, a fim de antecipar a colheita, as cultivares plantadas na safra devem ser precoces. Assim, no fim do período de safra, a cultura principal já está colhida e, muitas vezes, realiza o plantio da safrinha de forma a aproveitar as condições climáticas ainda favoráveis do fim da safra.

Embora realizados em uma condição desfavorável de clima, o sistema de produção da safrinha tem sido aprimorado e adaptado, o que tem contribuído para elevar os rendimentos das lavouras também nessa época. A Embrapa Cerrados tem selecionado genótipos de quinoa com ciclo igual ou inferior a 110 dias, caracterizando-os em termos de descritores morfológicos e características agronômicas (Spehar et al., 2014; Silva et al., 2021).

Jayne-Oliveira et al. (2016) realizaram trabalhos de cultivos no período de inverno com diferentes níveis de irrigação para simular cultivos irrigados e não irrigados, visando caracterizar os pseudocereais para as duas épocas de plantio (safrinha e entressafra). Nesse trabalho, verificou-se que o amaranto e a quinoa, comparado com o milho como plantas de cobertura, apresentaram excepcional desempenho, mesmo sob estresse hídrico moderado. Além disso, o amaranto e a quinoa demandam lâminas superiores para garantir uma produção sustentada com o uso eficiente de água (282 mm e 201 mm), respectivamente.

A quinoa (*Chenopodium quinoa*) é uma planta originária da Cordilheira dos Andes, utilizada pelos Incas e explorada atualmente na alimentação animal e humana (Almeida et al., 2009). Os grãos dessa planta apresentam composições variadas, proteína de alto valor biológico, aminoácidos essenciais, sendo especialmente ricos em lisina, além de não conter glúten (Danelli et al., 2010). Essas características contribuem para o aumento do consumo desse produto em vários países como o alimento principal nas refeições.

Por causa da forte influência ambiental em seu rendimento, a exploração da cultura da quinoa é dificultada, ocasionando preocupação contínua e crescente em relação à sua produção. A qualidade nutricional da quinoa tem levado pesquisadores à realização de inúmeros estudos nas últimas décadas, principalmente quanto ao seu sistema de produção e sua adaptação às diferentes condições ambientais (Vasconcelos et al., 2012).

As pesquisas com a quinoa foram introduzidas para diversificar o sistema de produção no Cerrado. As primeiras tentativas de adaptá-la ao cultivo se deram por seleção em populações híbridas, provenientes de Cambridge, Inglaterra (Spehar; Souza, 1993).

Estudos realizados viram o potencial dessa cultura para alimentação animal (Spehar; Santos, 2002), alternativa para proteção do solo em plantio direto (Spehar, 1998; Spehar; Lara Cabezas, 2001; Jayme-Oliveira et al., 2017), fonte rica de nutrientes para a alimentação humana (Spehar, 2006; Silva et al., 2021) e produção de expectorantes e laxantes na indústria farmacêutica, por meio da saponina, um subproduto encontrado na epiderme das sementes em alguns genótipos.

Assim como a quinoa, o amaranto pode ser utilizado na proteção do solo e forragem no período da entressafra e os grãos destinados para a alimentação humana e animal (Spehar et al., 2003). Esse pseudocereal está ganhando espaço em um mercado que agrega valor em alimentos ricos em nutrientes e uso de produção sustentável, sem perder de vista a segurança alimentar, a alimentação saudável, entre vários benefícios para a saúde.

Algumas características agronômicas desejáveis do amaranto é a capacidade de rápido crescimento, de desenvolvimento e de frutificação em ambiente com luminosidade intensa, altas temperaturas (35 °C a 45 °C) e com restrição hídrica (Amaya-Farfan et al., 2005).

O amaranto é uma granífera originária das antigas civilizações americanas, que produz grande volume de biomassa e recicla nutrientes nos sistemas produtivos (Rivero, 1994; Spehar; Landers, 1997); é uma planta dicotiledônea, de porte herbáceo, com inflorescência tipo capítulo, cacho ou panícula, com folhas inteiras, de disposição espiralada ou oposta cruzada, sem estípulas (Joly, 2002; Amaya-Farfan et al., 2005; Costa; Borges, 2005). As espécies mais cultivadas do gênero são: *A. cruentus* (México, África, Caribe, Ásia e América do Sul), *A. caudatus* (América do Sul), *A. hypochondriacus* (Índia, México e Estados Unidos) e *A. tricolor* (China e Índia) (Saunders; Becker, 1984).

O amaranto cultivado pode ser confundido, no início da fase vegetativa, com espécies de plantas daninhas do mesmo gênero (*A. hybridus*, *A. retroflexus*, *A. viridis* e *A. spinosus*), conhecidas popularmente por caruru ou bredo (Coons, 1981).

As espécies cultivadas apresentam um ciclo que variam de 90 a 100 dias, nas condições do Brasil Central. Após 20–30 dias da semeadura, o crescimento é rápido e podem atingir até 2 m de altura, em semeaduras realizadas no período de safrinha, com um suprimento de 300 mm de água (Spehar, 1998; Spehar; Lara Cabezas, 2001).

A planta contém raiz pivotante vigorosa, com abundante ramificação e cria condições favoráveis à absorção de água e nutrientes e, por isso, tem facilidade de se adaptar aos locais de climas áridos ou em locais com período seco prolongado, o que explica a maior ocorrência de produção ser no cerrado brasileiro (Spehar, 2007). Manejos fitotécnicos assim como doses de N e populações podem aumentar o potencial produtivo (Ferreira et al., 2014). Para a quinoa, revisão bibliográfica mostra técnicas de fenotipagem

que pode ser um guia para se comparar entre experimentos em diversas condições ambientais (Stanschewski et al., 2021).

Principais tecnologias geradas

As tecnologias geradas pelas ações de P&D&I com os pseudocereais envolvem recomendações técnicas e práticas para otimizar os sistemas de produção, desenvolvimento de processos e produtos agroindustriais, lançamento de uma cultivar de quinoa e uma cultivar de amaranto.

A cultivar BRS Piabiru é a primeira recomendação de quinoa como cultivo granífero no Brasil, com o lançamento realizado em 2002. Originou-se da linhagem EC3, selecionada a partir de uma população procedente de Quito, Equador. Sua obtenção objetivou oferecer alternativa para diversificar os sistemas produtivos baseados no plantio direto (Spehar; Santos, 2002). Trabalho incorporando manejos para plantio irrigado no inverno alcançou produtividades bastante altas em condições de campo ainda não alcançadas anteriormente (Silva et al., 2021).

Entre as recomendações técnicas de cultivo de quinoa houve destaques em alguns comunicados técnicos: *Fungos associados a sementes de quinoa (Chenopodium quinoa Willd)* (1997); *Amaranto: alternativa na cobertura do solo e na produção de grãos* (1999) e *Quinoa: alternativa na cobertura do solo e na produção de grãos* (2001).

Dois livros lançados em 2007 também contribuíram significativamente para o enriquecimento do conhecimento dos pseudocereais cultivados no Brasil: (a) *Quinoa – alternativa para a diversificação agrícola e alimentar* e (b) *Amaranto*.

A Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), com o apoio da Embrapa Cerrados, realizou um Workshop internacional sobre quinoa e declarou o ano de 2013 como o *Ano Internacional da Quinoa*, em razão do seu papel na preservação da biodiversidade, na segurança ali-

mentar e pelo seu valor nutricional, lançando o livro *Estado del arte de la quinua em el mundo em 2013* (ano de publicação 2014). No capítulo *Avances y desafios de la producción de la quinua em Brasil* desse livro, foi descrito alguns trabalhos, que atualmente estão sendo realizados na Embrapa Cerrados. Dessa maneira, para viabilizar a quinoa na região do Cerrado para o período de safrinha e para o período de inverno, no qual requer irrigação, a Embrapa Cerrados tem realizado experimentos com genótipos oriundos da variabilidade existente dentro da cultivar BRS Piabiru.

Por meio desses trabalhos, em Cristalina, GO, selecionaram-se 980 materiais cultivados com potencial para precocidade e foram semeados nos períodos de safrinha e inverno nos anos de 2011, 2012, 2013 e 2014. Características foram avaliadas em busca de descritores morfológicos e a partir do ano de 2015 foram selecionados 20 acessos de ciclo igual ou inferior ao período de 110 dias, com sementes de tamanho superior a 2 mm de diâmetro (grãos tipo 1) e continuam sendo cultivados na área experimental da Embrapa Cerrados em Planaltina, DF com os trabalhos de seleção.

Pesquisas científicas e seleção de genótipos de amaranto adaptados às condições do Cerrado, elaborados pela Embrapa Cerrados, resultaram na cultivar BRS Alegria, lançada em 2007.

A cultivar BRS Alegria originou-se da linhagem *A. cruentus* AM 5189, procedente dos Estados Unidos. A partir de 1998, após 2 anos de ensaio, realizou-se seleção massal nessa linhagem e uniformizou-se em relação às características agrônômicas. Características, como boa produtividade associada ao curto período da emergência à maturação, a tornam um componente potencial do sistema de plantio direto (Sphear et al., 2003).

Na Figura 3, são ilustradas algumas recomendações técnicas publicadas em documentos da Série Embrapa.

Na Tabela 1, estão descritos os principais processos, produtos e serviços tecnológicos desenvolvidos e caracterizados pelo grupo de trabalho, os quais foram apresentados na *Reunião Anual de Apresentação de Resultados da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos*.



Figura 3. Algumas recomendações técnicas publicadas em documentos da Série Embrapa.

Tabela 1. Processos, produtos e serviços desenvolvidos na área relacionada ao melhoramento genético e uso diversificado dos Pseudocereais, inseridos no Sistema Gestec e disponibilizados para a sociedade por meio do portal da Embrapa.

| Nº | Solução tecnológica | Tipo |
|----|---|-------------------------------|
| 1 | Fungos associados a sementes de quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Wiedl) (1997) | Processo/Prática agropecuária |
| 2 | Quinoa: alternativa na cobertura do solo e na produção de grãos (1999) | Serviço/Sistema de produção |
| 3 | Diferenças entre o pseudocereal <i>Chenopodium quinoa</i> Wild. e a planta daninha <i>Chenopodium album</i> L., Chenopodiaceae (2001) | Processo/Prática agropecuária |
| 4 | Quinoa: alternativa na cobertura do solo e na produção de grãos (2001) 2º edição. | Serviço/Sistema de produção |
| 5 | BRS Piabiru (2002) | Produto/Cultivar |

Continua...

Tabela 1. Continuação.

| Nº | Solução tecnológica | Tipo |
|----|---|--|
| 6 | Composição química comparativa de farinha instantânea de quinoa, arroz e milho (2002) | Processo/Processo agroindustrial |
| 7 | Quinoa: alternativa para a diversificação agrícola e alimentar (2007) | Serviço/Sistema de produção/Prática agropecuária |
| 8 | Amaranto: alternativa na cobertura do solo e na produção de grãos (1999) | Serviço/Sistema de produção |
| 9 | Elaboração de farinha instantânea de amaranto (2002) | Processo/Processo agroindustrial |
| 10 | Diferenças entre o pseudocereal amaranto e espécies de planta daninha, amarantaceae (2002) | Processo/Prática agropecuária |
| 11 | BRS Alegria (2003) | Produto/Cultivar |
| 12 | Elaboração de “snacks” e farinha instantânea de amaranto/arroz (2003) | Processo/Processo agroindustrial |
| 13 | Elaboração de “snacks” e farinha instantânea de amaranto/milho (2003) | Processo/Processo agroindustrial |
| 14 | Caracterização agrônômica de acessos em três espécies de amaranto no bioma Cerrado (2004) | Processo/Prática agropecuária |
| 15 | Amaranto (2007) | Processo/Prática agropecuária |
| 16 | Avances y desafíos de la producción de la quinua em Brasil (2013) | Processo/Prática agropecuária |
| 17 | Quinoa for the brazilian Cerrado: agronomic characteristics of elite genotypes under different water regimes (2021) | Processo/Prática agropecuária |

Fonte: Embrapa, 2015.

Tecnologias geradas que necessitam de mais ações de comunicação e de transferência de tecnologia

Apesar da elevada qualidade nutricional, potencial agrônômico e industrial de quinoa e amaranto, esses pseudocereais ainda são poucos conhecidos e, por isso, sua comercialização ainda é escassa, aumentando seu valor em relação aos grãos de uso comum.

Para facilitar o acesso ao consumidor final, como em programas federais de merenda escolar, restaurante comunitário e alimentação de grupos vulneráveis, deve haver uma integração maior entre os atores da cadeia produtiva da quinoa e do amaranto.

Existe a necessidade de inserir trabalhos com informações sobre o cultivo e o potencial dessas culturas, tanto para alimentação humana, animal quanto para plantas de cobertura, tornando-os como uma alternativa de melhora na dieta alimentar, qualidade na agricultura e na renda para os agricultores.

Cultivares precoces e produtivas que possam ser cultivadas pelos produtores, tanto no período da safrinha quanto no período de inverno, devem ser lançadas. Genótipo denominado CPAC 11 de porte baixo e com precocidade pode ser uma opção nesse sentido (Silva et al., 2021).

Há necessidade de desenvolver materiais homogêneos e com suas características morfológicas bem definidas, levando confiança ao produtor da cultivar adquirida, principalmente quanto à uniformidade de ciclo, que facilitaria o processo de manejo. Além disso, precocidade evitaria chuva na colheita no plantio de inverno e deficiência de água no enchimento de grãos na safrinha.

Aubos verdes

A adubação verde corresponde ao uso de plantas de cobertura em sucessão, rotação ou em consórcio com as culturas, com objetivo de se buscar a proteção da superfície, bem como a manutenção e a melhoria das propriedades físico-hídricas, químicas e biológicas do solo, em todo seu perfil. Nesse contexto, partes das plantas utilizadas podem ser aplicadas a outros fins, como na produção de sementes, nas fibras e na alimentação animal (Calegari et al., 2006; Carvalho; Amabile, 2006). Os adubos verdes contribuem para o aumento de diversidade de espécies e de resíduos vegetais em sistemas agrícolas do Cerrado. Assim, busca-se minimizar os impactos

da conversão da vegetação natural ao processo de produção, que historicamente tem se baseado em monocultivos.

O incremento de nitrogênio no solo, seja por meio da fixação biológica, seja mediante incorporação de biomassa – principalmente no caso das leguminosas –, é uma das contribuições de maior relevância dos adubos verdes, proporcionando economia de fertilizantes nitrogenados. Em relação ao fósforo, essencial às plantas e que limita a produtividade primária em solos do Cerrado, estimam-se em até 90% de retenção/adsorção desse nutriente aplicado via fertilizantes pelos óxidos e hidróxidos de Fe e Al, que predominam nos Latossolos desse bioma. Porém, o uso de plantas de cobertura e a prática da adubação verde (Carvalho et al., 2014; Nunes et al., 2011; Pereira et al., 2010) podem retornar, por dessorção, uma grande parte desse fósforo à solução do solo como formas disponíveis para aproveitamento das culturas.

Essa prática também promove controle de insetos-pragas, de doenças, de fitonematoides e de plantas invasoras, reduzindo as aplicações dos vários pesticidas. O controle da erosão, hídrica ou eólica, é outra vantagem do uso de adubos verdes, pois minimiza perdas de solo e, consequentemente, de água, de nutrientes e de matéria orgânica. A redução/eliminação de aplicação de pesticidas e fertilizantes têm impactos ambientais e socioeconômicos altamente positivos, diminuindo os riscos de poluição do solo e dos mananciais hídricos (Amabile; Carvalho, 2006; Calegari, 2006; Carvalho; Amabile, 2006).

As espécies de adubos verdes cultivadas em associação às culturas devem apresentar uma dinâmica de decomposição mais lenta para maior eficiência na proteção do solo. Algumas plantas que possuem essa característica são: sorgo e guandu.

No sistema plantio direto, os efeitos positivos sobre atributos do solo podem manifestar-se num período mais longo em razão da decomposição acelerada dos resíduos vegetais, sobretudo, nas condições climáticas do Cerrado (Carvalho, 2005). Esse sistema, que ocupa mais de 5 milhões de

hectares no Cerrado, se acompanhado de uma cobertura eficiente (Figura 4), resultará em maiores estoques de carbono e nitrogênio do solo, consequentemente, na mitigação de gases de efeito estufa (Carvalho, 2005).

Alcântara e Carvalho (2006) constataram maiores benefícios dos adubos verdes sobre a fertilidade química quando os resíduos foram incorporados, ao invés de mantidos na superfície do solo. Bayer et al. (2002) verificaram menor grau de humificação sob plantio direto em relação ao plantio convencional e relacionaram esses efeitos dos sistemas de cultivo (rotação e sucessão de espécies vegetais) à diversidade dos resíduos vegetais.



Foto: Arminda Moreira de Carvalho

Figura 4. Planta de cobertura (feijão-bravo-do-ceará) em área de plantio direto com milho em sucessão, Planaltina, DF.

A rotação de culturas consiste na alternância regular e ordenada no cultivo de diferentes espécies vegetais em sequência temporal, em uma determinada área. As espécies escolhidas devem ter propósitos comerciais, de cobertura e de manutenção e ou recuperação da qualidade do solo. Na integração lavoura-pecuária, os propósitos comerciais podem estar relacionados à produção de grãos ou à produção de forragem para aproveitamento pela pecuária, o que viabiliza maior número de opções para compor sistemas de produção. Quando bem planejada, com o passar dos anos, a rotação

de culturas preserva ou melhora as propriedades físico-hídricas, químicas e biológicas do solo; contribui para a redução e o controle de plantas daninhas, doenças, insetos-praga e fitonematóides; repõe e aumenta os teores de matéria orgânica do solo, resultando na diversificação da produção agropecuária (Czepak et al., 2006; Medeiros; Calegari, 2006; Pitol et al., 2006; Sharma, 2006).

Algumas espécies vegetais apresentam o chamado “efeito alelopático”, que resulta na supressão de plantas pela liberação de substâncias alelopáticas, seja como biomassa viva, seja durante o processo de decomposição. Um exemplo já estudado é a ação do feijão-de-porco no controle de plantas daninhas, inclusive, da tiririca. O controle dessas plantas por meio de sombreamento e competição também é um efeito relevante a ser considerado, já que espécies vegetais mais rústicas e agressivas, como mucuna, feijão-bravo-do-ceará e milheto, quando em rotação, diminuem a infestação da área pelas chamadas “ervas daninhas” (Burle et al., 2006).

As propriedades antagonicas de plantas a fitonematoides também são conhecidas. Destacam-se leguminosas como: crotalária-paulina, crotalária-júncea, crotalária-spectabilis, mucuna-preta, mucuna-anã, mucuna-cinza, estilosantes, indigófera-hirsuta, indigófera-tinctória e algumas gramíneas (por exemplo: aveia-preta, *Digitaria decumbens* cv. Pangola, *Panicum maximum* cv. Guiné). Essas plantas, quando empregadas na rotação, não prejudicam os inimigos naturais dos fitonematoides e melhoraram as propriedades físico-hídricas e químicas do solo. A decomposição da matéria orgânica incorporada favorece não só a proliferação de inimigos naturais, como também libera substâncias que possuem efeito nematicida e possibilita o controle de outros patógenos do solo além dos fitonematoides (Sharma, 2006).

Uma rotação de culturas deve ser planejada considerando as espécies vegetais e cultivares a utilizar, devendo-se compatibilizar produção de grãos, de biomassa e maior tempo de cobertura do solo (Tabela 2).

Tabela 2. Sequência de cultivos recomendados em relação à cultura principal para compor sistemas de rotação.

| Cultura antecessora | Cultura principal | Cultura sucessora |
|--|-------------------|--|
| Milho, sorgo, milheto, arroz, trigo, aveia, consórcio de milho + mucuna e milho com guandu | Soja | Milho, sorgo, milheto, girassol, nabo-forageiro arroz, ervilhaca, aveia, trigo |
| Soja, guandu, mucuna, girassol, crotalária, lablab, nabo-forageiro, ervilhaca, aveia, consórcio de milho + mucuna e milho + guandu | Milho | Aveia, nabo-forageiro, trigo, girassol, milheto, soja, feijão, sorgo, arroz |
| Milho, soja, milheto, trigo e aveia | Algodão | Aveia, nabo-forageiro, trigo, soja, milho, sorgo, milheto, arroz |
| Milho, soja, sorgo, arroz, milheto, aveia e trigo | Girassol | Milho, sorgo, arroz, aveia, milheto, nabo-forageiro, trigo |
| Milho, sorgo, arroz, milheto, aveia e mucuna | Feijão | Milho, sorgo, arroz, trigo, milheto, aveia |
| Milho, soja, guandu, aveia, trigo, crotalária, lablab, nabo-forageiro, ervilhaca e mucuna | Sorgo | Girassol, feijão, aveia, nabo-forageiro, tremoço, ervilhaca, guandu, soja, mucuna, lablab |
| Nabo-forageiro, ervilhaca, aveia, tremoço, girassol, guandu, soja, milho, crotalária, mucuna, feijão e lablab | Arroz sequeiro | Girassol, feijão, tremoço, aveia, nabo-forageiro, ervilhaca, guandu, soja, mucuna, lab-lab |
| Milho, algodão, girassol, mucuna, feijão, soja, guandu, crotalária e lablab | Trigo | Mucuna, girassol, feijão, algodão, sorgo, milheto, guandu, soja, lablab, crotalária |
| Todas podem ser recomendadas | Aveia | Todas podem ser recomendadas |

Fonte: adaptado de Broch et al. (1997).

A Embrapa Cerrados tem trabalhado com essas diferentes espécies e sistemas de cultivo nos últimos 40 anos de pesquisas. Um marco nas pesquisas com adubação verde na unidade foi o lançamento do livro *Cerrado: adubação verde* (Figura 5).

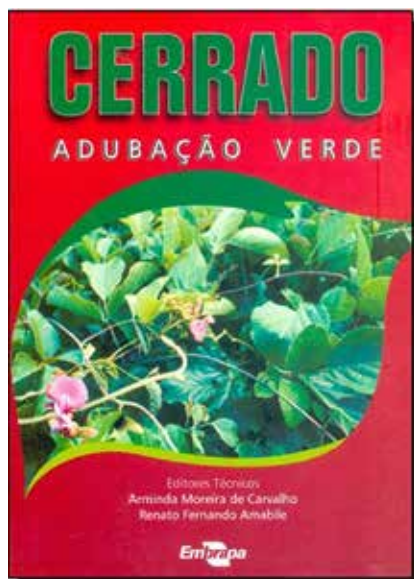


Figura 5. Capa do livro *Cerrado: adubação verde*.

Produtos, processos e serviços descritos no portfólio de tecnologias da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos

- 1) Adubação com Mucuna Preta em Solos de Cerrados
- 2) Amendoim – Manejo da Irrigação e Qualidade de Grãos da Cultura do Amendoim no Cerrado
- 3) Avaliação da Intensidade do Mofo-Branco do Feijoeiro em Plantio Convencional e Direto sob Diferentes Lâminas d'Água
- 4) Avaliação do Desempenho Agronômico de Plantas de Cobertura Usadas na Proteção do Solo no Período de Pousio no Centro-Oeste Brasileiro
- 5) Avaliação do Potencial Produtivo da Fevilha
- 6) Banco Ativo de Germoplasma de Fevilha da Embrapa Cerrados

- 7) Cevada – BRS 180
- 8) Cevada – BRS Deméter
- 9) Cevada – BRS Savanna
- 10) Composição Química de Resíduos Vegetais de Adubos Verdes, Decomposição, Ciclagem de Nutrientes e seus Efeitos no Rendimento do Milho
- 11) Cultivo do Tremoço nos Cerrados
- 12) Estimativa de Estoque de Carbono em Áreas de Campo Limpo Úmido
- 13) Manejo da Fertilidade do Solo no Pré-plantio e Plantio do Cafeeiro no Cerrado
- 14) Manejo da Irrigação do Coqueiro-anão em Ambiente de Cerrado
- 15) Manejo da Irrigação do Feijoeiro no Cerrado
- 16) Quebra de Dormência de Sementes de Feijão-bravo-do-Ceará (*Canavalia brasiliensis*)
- 17) Recomendação de Adubos Verdes para o Cerrado
- 18) Recomendações Alternativas para a Realização do Teste de Tetrazólio para Uso na Análise da Qualidade Fisiológica e do Vigor em Sementes de Leucena (*Leucaena*)
- 19) Rotação e Consórcios de Culturas com Adubos Verdes como Prática Conservacionista no Cerrado
- 20) Sequestro de Carbono no Solo e Mitigação de GEEs pelo Uso de Adubos Verdes em Sistemas Agrícolas
- 21) Sistema Filho – Fruticultura Integrada com Lavouras e Hortaliças
- 22) Uso do Estresse Hídrico Controlado para Uniformização de Florada do Cafeeiro Irrigado no Cerrado

Referências

- ALCÂNTARA, F. A. de; CARVALHO, A. M. de. Ressonância magnética nuclear de ^{13}C em estudos de caracterização estrutural da matéria orgânica do solo. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; SALTON, J. C. (ed.). **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. p. 243-280.
- ALMEIDA, S. G.; SÁ, W. A. C. Amaranto (*Amaranthus* spp) e quinoa (*Chenopodium quinoa*) alimentos alternativos para doentes celíacos. **Ensaios e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 13, n. 1, p. 77-92, 2009.
- AMABILE, R. F. Cevada: um exemplo de cultura alternativa para o sistema irrigado do Cerrado. In: FALEIRO, G. F.; SOUSA, E. dos S. de (ed.). **Pesquisa, desenvolvimento e inovação para o Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. p. 69-72.
- AMABILE, R. F.; BARCELLOS, A. de O. Produção agropecuária e florestal: demandas para a pesquisa. In: FALEIRO, G. F.; NETO, A. L. F. (ed.). **Savanas: demandas para pesquisa**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2009. p. 53-67.
- AMABILE, R. F.; MINELLA, E.; OLIVEIRA, M. de O.; FRONZA, V. Cevada (*Hordeum vulgare* L.). In: PAULA JÚNIOR, T. J.; VENZON, M. (ed.). **101 Culturas: manual de tecnologias agrícolas**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007. p. 263-268.
- AMABILE, R. F.; CARVALHO, A. M. de. Histórico da adubação verde. In: CARVALHO, A. M. de; AMABILE, R. F. (ed.). **Cerrado: adubação verde**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. p. 23-40.
- AMAYA-FARFAN, J.; MARCÍLIO, R.; SPEHAR, C. R. Deveria o Brasil investir em novos grãos para sua alimentação? A proposta do amaranto (*Amaranthus* sp.). **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 12, p. 47-56, 2005.
- ANDRADE, L. R. M.; SANZONOWICZ, C.; SAMPAIO, J. B. R. **Manejo da fertilidade do solo no pré-plantio e plantio do cafeeiro**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. 2 p. (Embrapa Cerrados. Recomendacao Tecnica, 46).
- BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; C.N., SAAB, S.C da; MILORI, D.M.P; BAGNATO, V.S. Tillage and cropping system effects on soil humic acid characteristics as determined by electron spin resonance and fluorescence spectroscopies. **Geoderma**, v. 105, p. 81-92, 2002.
- BROCH, D. L.; PITOL, C.; BORGES, E. P. **Integração agricultura-pecuária: plantio direto da soja sobre pastagem na integração agropecuária**. Maracajú: Fundação MS, 1997. 24 p.
- BURLE, M. L.; CARVALHO, A. M. de; AMABILE, R. F. Caracterização das espécies de adubos verdes. In: CARVALHO, A. M. de; AMABILE, R. F. (ed.). **Cerrado: adubação verde**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006.. p. 71-142.
- CALEGARI, A. Plantas de cobertura. In: CASÃO JUNIOR, R.; SIQUEIRA, R.; MEHTA, Y. R.; PASSINI, J. J. (ed.). **Sistema plantio direto com qualidade**. Londrina: IAPAR, 2006. p. 55-73.

CARVALHO, A. M. de; BUSTAMANTE, M. M. da C.; ALMONDES, Z. A. do P.; FIGUEIREDO, C. C. de. Forms of phosphorus in an oxisol under different soil tillage systems and cover plants in rotation with maize. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 972-979, 2014.

CARVALHO, A. M. de. **Uso de plantas condicionadoras com incorporação e sem incorporação no solo**: composição química e decomposição dos resíduos vegetais; disponibilidade de fósforo e emissão de gases. 2005. 199 f. Tese (Doutorado) - Universidade de Brasília, Brasília.

CARVALHO, A. M. de; AMABILE, R. F. Plantas condicionadora de solo: interações edafoclimáticas, uso e manejo. In: CARVALHO, A. M. de; AMABILE, R. F. (Ed). **Cerrado**: adubação verde. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. p. 143-170.

CARVALHO, G. J.; ABBADE NETO, D.O.; TEIXEIRA, L. G. V. Desempenho agrônômico de plantas de cobertura usadas na proteção do solo no período de pousio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 2, p. 157-166, 2013.

COONS, M. P. O gênero *Amaranthus* em Minas Gerais. **Experientiae**, v. 27, n. 6, p. 115-158, 1981.

COSTA, D. M. A.; BORGES, A. S. Avaliação da produção agrícola do amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*). **Holos**, Natal, v. 21, n. 1, p. 97-111, maio 2005.

CZEPAK, C.; FERNANDES, P. M.; VELOSO, V. R. S. da; BORGES, J. D.; TAKATSUBA, F. S. Insetos de importância econômica associados às espécies vegetais usadas como adubos verdes. In: CARVALHO, A. M. de; AMABILE, R. F. (Ed). **Cerrado**: adubação verde. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. p. 273 – 299.

DANELLI, D.; COSTA, P. G.; MELO, M. L.; PAGNO, H. C.; GEWEHR, F. M.; FLÔRES, H. S.; JONG, V. E. Avaliação biológica da funcionalidade de pão de forma com adição de quinoa (*Chenopodium quinoa*). **Braz. J. Food Technol.**, III SSA, nov. 2010.

FERREIRA, C. C.; RIBEIRO JUNIOR, W. Q.; RAMOS, M. L. G.; SPEHAR, C. R.; FARIAS, T. R. R. Efeito da densidade de semeadura e doses de nitrogênio sobre a produtividade e biometria de amaranto, no Cerrado do Planalto Central. **Bioscience Journal**, v. 30, supplement 2, p. 534-546, Oct. 2014.

GUERRA, A. F.; ROCHA, O. C.; RODRIGUES, G. C.; SANZONOWICZ, C.; MERA, A. C.; CORDEIRO, A. **Comportamento de três cultivares de café submetidas a diferentes espaçamentos entre linhas e regimes hídricos no Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. 17 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 188).

JAYME-OLIVEIRA, A.; JAKELAITIS, A.; RIBEIRO JÚNIOR, W. Q.; RAMOS, M. L. G.; ZIVIANI, A. C.; LIMA, C. A.; ROCHA, O. C.; TEIXEIRA, M. B. **Potencial agrônômico do amaranto, milheto e quinoa sob regime hídrico variável**. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/294736397>. Acesso em: 05 mar 2016.

JAYME-OLIVEIRA, A.; RIBEIRO JUNIOR, W. Q.; RAMOS, M. L. G.; ZIVIANI, A. C.; JAKELAITIS, A. Amaranth, quinoa, and millet growth and development under different water regimes in the Brazilian Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 8, p. 561-571, fev. 2017. Título em português: Crescimento e desenvolvimento de amaranto, quinoa e milheto sob diferentes regimes hídricos no Cerrado.

JOLY, A. B. **Botânica**: introdução à taxonomia vegetal. 13ª ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2002. 777 p.

MAGALHAES, J. C. A. J. de; SOUZA, O. D. de **Produção de mudas de café nos cerrados de Goiás e do Distrito Federal**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1987. 39p. (EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 26).

MEDEIROS, G. B. de; CALEGARI, A. Rotação de culturas. In: CALEGARI, A. Plantas de cobertura. In: CASÃO JUNIOR, R.; SIQUEIRA, R.; MEHTA, Y. R.; PASSINI, J. J. (ed.). **Sistema plantio direto com qualidade**. Londrina: IAPAR, 2006. p. 135-141.

NUNES, R. S.; SOUSA, D. M. G.; GOEDERT, W. J.; VIVALDI, L. Distribuição de fósforo no solo em razão do sistema de cultivo e manejo da adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 3, p. 877-888, 2011.

PEREIRA, M. G.; LOSS, A.; BEUTLER, S. J.; TORRES, J. L. R. Carbono, matéria orgânica leve e fósforo remanescente em diferentes sistemas de manejo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p. 508-514, 2010.

PITOL, C.; BROCH, D. L.; CARVALHO, A. M. de. SPERA, S. T. Uso de adubos verdes nos sistemas de produção no bioma Cerrado. In: CARVALHO, A. M. de; AMABILE, R. F. (Ed). **Cerrado**: adubação verde. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. p. 301-330.

RIVERO, J. L. L. Genética y mejoramiento de cultivos altoandinos. **Puno**: Proyecto Irrigación Waru-Waru, 1994. 459 p.

SANTOS, J. C. F.; MARCHI, G.; MARCHI, E. C. S. **Cobertura do solo no controle de plantas daninhas do café**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. (Embrapa Cerrados. Documentos, 226).

SHARMA, R. D. Adubação verde no controle de fitonematóides. In: CARVALHO, A. M. de; AMABILE, R. F. (Ed). **Cerrado**: adubação verde. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. p. 237-272.

SILVA, D. B. da; GUERRA, A. F.; MINELLA, E.; ARIAS, G. BRS 180: cevada cervejeira para cultivo irrigado no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 8, p. 1689-1694, 2000.

SILVA, P. C.; RIBEIRO JUNIOR, W. Q.; RAMOS, M. L. G.; CELESTINO, S. M. C.; SILVA, A. N.; CASARI, R. A. C. N.; SANTANA, C. C.; LIMA, C. A. de; WILLIAMS, T. C. R.; VINSON, C. C. Quinoa for the Brazilian Cerrado: agronomic characteristics of elite genotypes under different water regimes. **Plants**, v. 10, n. 1591, 2021. 17 p.

SPEHAR, C. R. Production systems in the savannas of Brazil: Key factors to sustainability. In: LAL, R. (ed.). **Soil quality an agricultural sustainability**. Chelsea: Ann Arbor Press, 1998. p. 301-318.

SPEHAR, C. R.; LANDERS, J. Características, limitações e potencial do plantio direto nos cerrados. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE O SISTEMA PLANTIO DIRETO, 2., 1996, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1997. p. 127-131.

SPEHAR, C. R.; LARA CABEZAS, W. A. R. Introdução e seleção de espécies para a diversificação do sistema produtivo nos Cerrados. In: LARA CABEZAS, W. A. R.; FREITAS, P. L. (ed.). **Plantio direto na integração lavoura pecuária**. Uberlândia: UFU, 2001. p.179-188.

SPEHAR, C. R.; ROCHA, J. E. da S.; RIBEIRO JUNIOR, W. Q.; SANTOS, R. L. DE B.; ASCHERI, J. L. R.; SOUZA, F. F. DE J. Avances y desafíos de la producción y utilización de la quinua en Brasil. In: BAZILE, D. (Coord.). **Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013**. Santiago : FAO, 2014. p. 681-706.

SPEHAR, C. R.; SOUZA, P. I. de M. de Adaptacao da quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) ao cultivo nos cerrados do Planalto Central: resultados preliminares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.28, n.5, p.635-639, 1993.

SPEHAR, C. R.; TEIXEIRA, D. L.; CABEZAS, W. A. R. L.; ERASMO, E. A. L. Amarantho BRS Alegria : alternativa para diversificar os sistemas de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 5, p. 659-663, maio 2003.

SPEHAR, C.R. Adaptação da quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) para incrementar a diversidade agrícola e alimentar no Brasil. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 23, n. 1, p. 41-62. 2006.

SPEHAR, C. R.; SANTOS, R. L. de B. Quinoa BRS Piabiru: alternativa para diversificar os sistemas de produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 6, p. 889-893, jun. 2002.

SPEHAR, C. R. (ed.). **Amaranto**: opção para diversificar a agricultura e os alimentos. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. 136 p.

STANSCHESKI, C. S.; REY, E.; FIENE, G.; CRAINE, E. B.; WELLMAN, G.; MELINO, V. J.; PATIRANAGE, D. S. R.; JOHANSEN, K.; SCHMÖCKEL, S. M.; BERTERO, D. Quinoa phenotyping methodologies: an international consensus. **Plants**, v. 10, n. 1759, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants10091759>

VASCONCELOS, F. S. de; VASCONCELOS, E. S. de; BALAN, M. G.; SILVERIO, L. Desenvolvimento e produtividade de quinoa semeada em diferentes datas no período safrinha. **Revista de Ciência Agronômica**, v. 43, n. 3, p. 510-515, Set. 2012.



Capítulo

12

Melhoramento Participativo e Sistema de Produção da Mandioca

Josefino de Freitas Fialho

Eduardo Alano Vieira

Maria Madalena Rinaldi

Introdução

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma planta perene, cianogênica, pertencente à família Euphorbiaceae, sendo a única espécie cultivada economicamente entre as 98 que compõem o gênero *Manihot* e a única caracterizada pela capacidade de alocar até 50% da biomassa nas raízes, principalmente, na forma de amido ou fécula. Planta alógoma com alta heterozigidade, favorecida pelos cruzamentos naturais intraespecíficos e propagação vegetativa, resultou em um grande número de variedades com diferentes características morfológicas, permitindo adaptação às diversas condições edafoclimáticas (Vieira et al, 2013a).

Sendo uma planta rústica, essencialmente tropical, seu cultivo se estende numa ampla faixa compreendida entre as latitudes 30 °N e 30 °S, em altitudes que variam desde o nível do mar a 2.300 m; com precipitação pluviométrica de 400 mm a 2.400 mm e temperatura média anual de 16 °C a 38 °C (Souza; Fialho, 2003).

Características essas, que a colocam como a sétima cultura em maior volume de produção do mundo, com cerca de 257 milhões de toneladas (rendimento médio de 12,80 t/ha), com grande importância socioeconômica e uma das mais importantes fontes de calorias na alimentação da população de vários países em desenvolvimento da região tropical do mundo, constitui alimento básico para cerca de 800 milhões de pessoas e, em grande parte, cultivada por pequenos produtores como cultura de subsistência.

No Brasil, provável centro de origem e diversidade da espécie, a mandioca é cultivada em todas as regiões, ocupando papel de destaque na indústria, na alimentação humana e animal, além das possibilidades de utilização na produção de energia renovável. Da mesma forma, a mandioca tem uma grande importância socioeconômica entre os grandes, os médios e os pequenos produtores e, sobretudo, na agricultura familiar, tanto na segurança alimentar como na geração de emprego e renda.

Todo ano são produzidas cerca de 25 milhões de toneladas de raízes, no Brasil, em área de aproximadamente 1,8 milhões de hectares (rendimento médio de 13,5 t/ha), sendo a agricultura familiar responsável por mais de 85% dessa produção. Nesse particular, a produção da mandioca é representada por diferentes estados da Federação, contribuindo para a produção, o baixo rendimento e a baixa qualidade dos produtos de mandioca, em virtude das variações das condições climáticas, variados sistemas de produção e a utilização de grande número de variedades regionais, que, na maioria das vezes, são adaptadas às condições locais, mas são susceptíveis a doenças e com baixo rendimento de raízes.

Nessas condições, estão incluídos os cerrados, com área total de 207 milhões de hectares (24% do território brasileiro), onde 139 milhões são aptos à agricultura e pecuária, compreendidos entre 3° e 22° de latitude Sul e 39° e 65° de longitude Oeste, com um bioma diferenciado com características fitofisionômicas, estações climáticas bem definidas (seca e chuvosa) e solos com ótimas características físicas e de relevo, porém com baixa fertilidade, devido ao baixo teor de nutrientes, acidez e alto teor de alumínio, representados em sua maioria pela classe dos Latossolos. Região com grande

potencial de produção de mandioca, em virtude de ser uma cultura rústica, com alto potencial de produção de raízes e baixo risco, baixa exigência em insumos, tolerância à acidez e ao alumínio tóxico do solo, entretanto, em função dos sistemas de produção utilizados, vem apresentando baixo rendimento médio de raízes (14,0 t/ha). Evidenciando que nessas condições de solos inférteis e a ocorrência de veranicos, requerem sistemas de produção adequados, que possibilitem a sua exploração de forma racional e econômica.

Dessa forma, desde a década de 1970, projetos de pesquisa e desenvolvimento da Embrapa Cerrados, juntamente com os de outros parceiros, vêm sendo desenvolvidos no sentido de aprimorarem os sistemas de produção de mandioca de mesa e de indústria na região. Atividades desenvolvidas nas diferentes áreas de pesquisa, como recursos genéticos, melhoramento participativo de variedades, manejo e tratos culturais, manejo de pragas e doenças, manejo da fertilidade de solo, conservação e preservação pós-colheita e, principalmente, treinamentos participativos dos produtores, vêm contribuindo em muito para o desenvolvimento da mandiocultura nas condições de Cerrado, de forma a garantir sustentabilidade, renda e segurança alimentar dos produtores rurais.

Neste capítulo, é apresentado um pouco da história das ações de pesquisa e desenvolvimento com a cultura da mandioca realizada na Embrapa Cerrados e parceiros, listando as principais tecnologias geradas e disponibilizadas para a sociedade.

Um pouco da história das pesquisas com mandioca na Embrapa Cerrados

Na década de 1970, a região do Cerrado apresentava grande potencial para a produção de alimentos, em virtude das condições climáticas, solos com boas características físicas e de relevo, porém com baixa fertilidade. Neste contexto, estava inserida a produção de mandioca, por ser uma cultura rústica e de baixo risco, pouco exigente em insumos e tolerante à acidez

e ao alumínio tóxico. De um modo geral, a produção (mandioca de mesa e de indústria) era realizada em pequenas áreas de plantio, dentro de complexos sistemas de agricultura familiar, com baixo rendimento e pouca qualidade das raízes produzidas. Os resultados eram obtidos, em grande parte, em função dos sistemas de produção utilizados e, principalmente, pelas variedades com baixo potencial produtivo, as quais não passavam por um processo formal de seleção, sendo susceptíveis ao patógeno *Xanthomonas axonopodis* pv *manihotis* causador da murcha bacteriana ou bacteriose.

Diante desses problemas, que causavam frequentes prejuízos aos produtores de mandioca e as constantes epidemias, causadas pela utilização de variedades susceptíveis à bacteriose, a equipe multidisciplinar da Embrapa Cerrados planejou os trabalhos de pesquisa e desenvolvimento, juntamente com outros parceiros. Como os resultados visavam basicamente tecnologias para o aprimoramento do sistema de produção de mandioca de mesa e de indústria e o aproveitamento integral da planta na alimentação animal.

Em 1976, foi iniciado o programa de pesquisa com a cultura da mandioca na Embrapa Cerrados, com o objetivo de introduzir e selecionar variedades mais produtivas, resistentes às pragas e às doenças, principalmente, à bacteriose, e adaptadas às condições do Cerrado (Perim; Costa, 1983a). A implantação de coleção de trabalho, composta por acessos introduzidos de diferentes regiões do país e de intercâmbios com várias instituições como o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), Universidade Federal de Viçosa (UFV) e Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), da Colômbia, entre outros, foi estratégica e fundamental para os avanços de conhecimentos sobre a cultura da mandioca no Cerrado. Importantes avanços foram obtidos sobre a caracterização de uso dos acessos, se mandioca de mesa ou de indústria; resistência das variedades à bacteriose e adaptação delas a diferentes locais por meio dos ensaios regionais de competição de variedades (Perim; Costa, 1983b); ciclos fisiológicos da planta; comportamento do percevejo-de-renda; exigências nutricionais e respostas à calagem e à adubação com macro e micronutrientes; e utilização da parte aérea e raí-

zes da planta na alimentação animal (Carvalho, 1983). Resultados esses que contribuíram para o aprimoramento do sistema de produção de mandioca no Cerrado como, por exemplo, a recomendação de técnicas de cultivo e de três variedades de mandioca de mesa e cinco de indústria com qualidades superiores, quanto à resistência à bacteriose e mais produtivas (Perim; Costa, 1983a; 1983b).

Na década de 1990, foi dada continuidade às ações de pesquisa e desenvolvimento, visando basicamente aprimorar o sistema de produção e na geração, introdução e seleção de variedades mais produtivas, resistentes à bacteriose e adaptadas às condições de Cerrado. Foram estruturados dois projetos: um de recursos genético, como parte de projeto em nível nacional liderado pela Embrapa Recursos Genético e Biotecnologia; e outro de melhoramento genético da cultura da mandioca para o Cerrado, como parte de um projeto em rede nacional de melhoramento genético da cultura da mandioca, liderado pela Embrapa Mandioca e Fruticultura. Da mesma forma, foi dada continuidade aos trabalhos de fertilidade de solo, de pragas e de doenças, de irrigação e de micorrizas, com resultados importantes para o sistema de produção.

Com ações no projeto de recursos genético foi instituído o Banco Regional de Germoplasma de Mandioca do Cerrado (BGMC), grandemente ampliado com novos acessos oriundos de coletas e intercâmbios, entre eles os acessos com caracteres diferenciados como as mandiocas com cor da polpa das raízes amarelas e rosadas e com raízes açucaradas (mandiocabas). Dentro do projeto de melhoramento genético, vale ressaltar o início da utilização, nas condições de Cerrado, da metodologia de Pesquisa Participativa com Melhoramento de Mandioca (PPMM), que foi desenvolvida pelo CIAT e introduzida no Brasil pelo Embrapa Mandioca e Fruticultura (Fialho; Vieira, 2011). Ações com a utilização dessa metodologia foram executadas com diferentes parceiros e comunidades de produtores dos Estados de Minas Gerais, Tocantins, Goiás e Distrito Federal. Importantes avanços foram obtidos, não só nos resultados dos ensaios experimentais, mas, principalmente, nos resultados dos sistemas de produção adotados pelos produtores, claramente expressados pela sanidade das plantas, pelo rendimento e pela

qualidade das raízes produzidas nos mandiocais. Nas condições do Distrito Federal e do Entorno, isso é fato expressivo como fruto dos trabalhos de pesquisa participativa, que preconiza uma frequente troca de experiências entre produtor, extensionistas e pesquisadores e como consequência também da dedicação e profissionalismo dos extensionistas da Emater-DF e dos produtores rurais. Avanços importantes também foram obtidos com a recomendação da variedade de mandioca de mesa Pioneira (IAPAR 19), para as condições do DF e Entorno, de polpa amarela, mais rica em beta caroteno e mais aceita pelo mercado consumidor (Fialho et al., 2000a); nos estudos de fertilidade, por exemplo, a recomendação de níveis de micronutrientes para mandioca; e a publicação do primeiro Sistema de produção de mandioca para as condições do Cerrado, em conjunto com o Embrapa Mandioca e Fruticultura (Souza; Fialho, 2003).

A partir de 2005, o Programa de Melhoramento Genético da Embrapa Cerrados foi largamente ampliado e reestruturado, visando aumentar a eficiência na obtenção de híbridos de mandioca, resistentes a bacteriose, com alta produtividade de raízes e adaptados às condições de Cerrado, tanto para dar sustentabilidade ao produtor como para atender às exigências das indústrias de transformação e do mercado consumidor. Desta forma, foi instituída a utilização de dois métodos de melhoramento: a introdução e a seleção de acessos/variedades/clones de outros programas de melhoramento, principalmente da Embrapa Mandioca e Fruticultura e do IAC; e as hibridações intraespecíficas (Vieira et al., 2013b). Ressalta-se que os genótipos obtidos após serem selecionados no campo experimental da Embrapa Cerrados são avaliados em teste final, com a metodologia do melhoramento participativo, juntamente com os produtores rurais e extensionistas da Emater de Minas Gerais, Goiás e Distrito Federal.

Vale ressaltar que a ampliação e reestruturação do programa de melhoramento genético da cultura para o Cerrado, com base no Melhoramento Participativo, a partir de 2005, só foi possível em função de parcerias com o apoio financeiro da Fundação Banco do Brasil, Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAP-DF), CNPq e Programa de Biodiversidade Brasil-Itália.

Destacam-se os importantes avanços obtidos na atividade de introdução e seleção de variedades que, por meio da metodologia do melhoramento participativo, com a participação efetiva de extensionistas da Emater-DF, foi possível aos pesquisadores conhecerem mais profundamente a realidade socioeconômica de produção e o mercado da mandioca no Distrito Federal e Entorno. Essas informações evidenciaram a necessidade premente de execução de outras linhas de pesquisa, tais como: irrigação, visando racionalizar e aperfeiçoar o uso da água; manejo e tratos culturais, visando redução de custo e aperfeiçoar a utilização de mão de obra; manejo de pragas, visando o controle da broca-da-raiz; épocas de colheita, visando caracterizar o período de melhor qualidade culinária das raízes de cada variedade de mandioca de mesa; agregação de valor, visando dar sustentabilidade ao empreendimento de mandioca de mesa por meio de práticas racionais de conservação pós-colheita; manejo de variedades de mandioca de mesa e indústria em sistemas de agricultura orgânica, amplamente difundidos na região. Da mesma forma, o importante avanço para a mandiocultura regional foi a recomendação das cultivares de mandioca de mesa BRS Moura, BRS Japonesa e Japonesinha (IAC 576-70), adaptadas à região, com alta produtividade e qualidade culinária das raízes de polpa amarela (ricas em betacaroteno) (Fialho et al., 2007 ; Vieira et al., 2011).

Por sua vez, o trabalho de melhoramento intraespecífico teve seu início com base na premissa de que, entre os acessos mantidos no BGMC, é provável que, além daqueles com possibilidade de utilização imediata na agricultura, existam boas fontes de genes e combinações gênicas de adaptação às condições climáticas do Cerrado; de aspectos relacionados à produtividade e à qualidade das raízes produzidas; de resistência às principais pragas e doenças; e para novos usos da cultura (Vieira et al., 2013a). Aliado, ainda, à possibilidade de agregação de qualidades nutricionais às raízes de mandioca destinadas à alimentação humana (biofortificação), uma vez que estudos recentes comprovam que a intensidade da coloração amarela das raízes apresenta uma alta correlação com o teor de carotenoides totais nas raízes e a maior parte destes é composta pelo betacaroteno, o principal precursor da vitamina A, e que a coloração rosada da polpa da raiz está relacio-

nada ao teor de licopeno (Carvalho et al., 2000). Essas características colocam a mandioca não só como uma importante fonte de carboidrato para a população, mas também as possibilidades de ser uma importante fonte de vitamina A e licopeno, por meio da variabilidade genética disponível (Vieira et al., 2013b).

Nesse contexto, após os importantes resultados obtidos no projeto de recursos genético, com os estudos da estrutura do germoplasma, caracterizações morfológicas e agronômicas, evidenciando a existência de variabilidade genética entre e dentro dos acessos de mandioca para os caracteres de coloração de polpa de raiz, armazenamento de açúcares e teor de amido nas raízes (Vieira et al., 2008a; Vieira et al., 2008b; Vieira et al., 2011a), o programa foi direcionado para três linhas de melhoramento: seleção de variedades de mandioca de mesa biofortificadas com coloração da polpa das raízes amarelas e rosadas; seleção de variedades de mandioca com raízes açúcaradas; e seleção de variedades de mandioca de indústria.

Dentro das ações de seleção de variedades de mandioca de mesa biofortificadas com coloração da polpa das raízes amarelas e rosadas, após a geração e seleção dos híbridos nos campos experimentais da Embrapa Cerrados, eles foram amplamente testados com métodos do melhoramento participativo, juntamente com os produtores e os técnicos da Emater-DF, no Distrito Federal e Entorno. Grandes avanços foram obtidos, por exemplo, nos sistemas de produção utilizados pelos produtores como fruto das ações da pesquisa participativa, com a seleção e a recomendação de três cultivares com polpas das raízes amarelas, uma com polpa da raiz creme e duas com raízes de polpa com coloração rosadas. Variedades que se destacaram como superiores em produtividade de raízes, porte das plantas e qualidade das raízes, tanto na culinária como nos teores de betacaroteno (amarelas) e licopeno (rosadas).

Vale ressaltar que parte dos híbridos gerados na Embrapa Cerrados, após testes de avaliação e seleção inicial, são enviados para outras regiões do país, para serem testados e recomendados por outras instituições parceiras.

Quanto às ações voltadas para fortalecer as estratégias de agregação de valor aos produtos de mandioca de mesa, alguns ensaios foram desenvolvidos e importantes resultados foram obtidos para conservação das raízes pós-colheita. De um modo geral, a produção brasileira de mandioca de mesa (macaxeira, mandioca-doce, aipim ou mandioca) é para atender a demanda do mercado dos centros urbanos. Essa produção é realizada, basicamente, pela agricultura familiar, por pequenos e médios produtores e constitui substancial importância na renda e segurança alimentar de suas famílias. Entretanto nas condições de Cerrado, dois fatores afetam o mercado das raízes de mandioca de mesa e, conseqüentemente, restringem a expansão de seu consumo: (1) a regularidade na qualidade culinária das raízes durante o ano, uma vez que, nos meses após a queda das folhas (causada pelo período seco e baixa temperatura do ar), durante a rebrota das plantas, as raízes normalmente não cozinham ou aumentam em muito o tempo de cozimento, com perda significativa na qualidade culinária; (2) baixo período de tempo de conservação após a colheita em condições de temperatura ambiente (“conservação na bancada ou prateleira”), em função do escurecimento das raízes (fisiológica ou microbiológica). Esses dois fatores, além de outros como a aparência visual, por exemplo, têm contribuído na redução do mercado de mandioca in natura. Considerando-se as exigências do consumidor a possibilidade de aumento da vida útil das raízes e incremento na renda para o produtor por meio da agregação de valor ao produto e uma das alternativas é submeter as raízes a alguma forma de processamento (Rinaldi, 2013). Neste particular, destacam-se os avanços obtidos em tecnologias de conservação e preservação das qualidades culinárias das raízes armazenadas após a colheita (Rinaldi et al., 2015a; 2015b).

Principais tecnologias geradas

As tecnologias geradas pelas ações de pesquisa e desenvolvimento com a mandioca no Cerrado envolvem basicamente as recomendações técnicas e processos para a melhoria dos sistemas de produção; a recomendação e o lançamento de cultivares de mandioca de mesa e mandioca de indústria; o

desenvolvimento de processos para o aproveitamento integral da planta de mandioca na alimentação animal; e o processo para a preservação e conservação de raízes de mandioca de mesa pós-colheita.

Com relação às recomendações técnicas e práticas para a melhoria dos sistemas de produção, merecem destaque as recomendações técnicas para calagem e adubação com macro e micronutrientes e o desenvolvimento de sistema de produção convencional para a cultura no Cerrado. Mediante esses avanços obtidos nos resultados das pesquisas conduzidas pela equipe multidisciplinar da Embrapa Cerrados e parceiros, foi editado em página eletrônica da Embrapa, em 2003, o primeiro Sistema de Produção de Mandioca para o Cerrado, editado pela Embrapa Mandioca e Fruticultura, em parceria com a Embrapa Cerrados, que foi de capital importância no desenvolvimento da mandiocultura no Cerrado, como fonte de informações para os técnicos e produtores da região. Sistema de produção que foi revisado e ampliado no livro *Mandioca no Cerrado: orientações técnicas*, com a primeira edição em 2011 e segunda em 2013. Também merece destaque a publicação *Seleção participativa de variedades de mandioca na agricultura familiar*, que trata da adaptação e com algumas alterações da metodologia de pesquisa participativa desenvolvida pelo CIAT e adaptadas às condições de Cerrado. Na Figura 1, são ilustradas algumas das recomendações técnicas publicadas em documentos da Série Embrapa.

Com relação à seleção e recomendação de cultivares para o Cerrado, merecem destaque as cultivares de mandioca de mesa resistente à bacteriose, com raiz branca, recomendadas em 1983 e 1990, a IAC 24-2 (Mantiqueira), IAC 352-6 e a IAC 352-7 (Jaçanã) e as cultivares de mandioca de indústria, resistentes à bacteriose, com raiz branca, a IAC 12-829, IAC 7-127 (Iracema), Sonora, EAB-81 e EAB-653. Cultivares que tiveram expressiva importância em função da produtividade de raízes e, principalmente, a resistência à bacteriose, que é a principal doença dos mandiocais da região (Figura 2).



Figura 1. Algumas publicações que tratam das recomendações técnicas para a cultura da mandioca no Cerrado, publicadas pela Embrapa.



Figura 2. Cultivares de mandioca de indústria e de mesa recomendadas pela Embrapa Cerrados.

Vale ressaltar o comportamento da cultivar IAC 12 (IAC 12-829), que por ser altamente produtiva, resistente à bacteriose, alto teor de matéria seca nas raízes e tolerante às pragas como percevejo-de-renda e ácaros, está disseminada em todo o cerrado brasileiro, cultivada por pequenos, médios e grandes produtores, representando a principal fonte de matéria prima na indústria de transformação (farinha, polvilho ou fécula) e desempenhando grande rendimento agrícola e industrial nessas comunidades.

Da mesma forma, teve grande importância na evolução do mercado produtivo, comércio e consumo, em várias regiões do Cerrado, principalmente no Distrito Federal e no Entorno, a recomendação das cultivares de mandioca de mesa Pioneira (IAPAR 19), BRS Moura, BRS Japonesa e Japonesinha (IAC 576-70), adaptadas à região, com alta produtividade e qualidade culinária das raízes de polpa amarela (ricas em betacaroteno) (Figura 2), que representam, hoje, a quase totalidade das áreas cultivadas com mandiocas de mesa do Distrito Federal e do Entorno, não só em função da produtividade e qualidade culinária de suas raízes, mas também em função da coloração amarela da polpa das raízes, indicando presença em betacaroteno e de alta preferência dos consumidores.

Vale ressaltar, entretanto, que teve grande impacto na região e merece destaque o lançamento (Figura 3) das primeiras seis cultivares de mandioca de mesa da Embrapa para as condições de Cerrado, protegidas no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Figura 4), altamente produtivas, com boa estrutura da parte aérea e ótimas qualidades culinárias, sendo três com raízes de polpa amarela, com alto teor de betacaroteno (BRS 396, BRS 397, BRS 399); uma de raiz creme (BRS 398); e duas com raízes rosadas, com alto teor de licopeno (BRS 400 e BRS 401).

Com relação aos processos, além daqueles desenvolvidos durante o decorrer dos anos nas diferentes áreas de pesquisa, fundamentais para o aprimoramento do sistema de produção, merecem destaques os de utilização da mandioca na alimentação animal (Carvalho et al., 1983a; Carvalho et al., 1983b); e os de preservação e conservação da mandioca de mesa pós-colheita (Figura 5), que irão contribuir na regularidade da qualidade culinária das raízes produzidas e na sustentabilidade ao empreendimento de man-

dioca de mesa, por meio de práticas racionais de conservação das raízes em pós-colheita, pelas indústrias de beneficiamento da região.



Fotos: Liliane Castelões

Figura 3. Evento de lançamento das cultivares de mandioca de mesa biofortificadas, realizado na Embrapa Cerrados, em 17 de novembro de 2015.



Figura 4. Variedades de mandioca de mesa de raiz com polpa amarela e rosada, biofortificadas, lançadas pela Embrapa Cerrados e registradas e protegidas no Mapa.



Fotos: Maria Madalena Rinaldi

Figura 5. Tecnologias de preservação e conservação de raízes de mandioca de mesa após a colheita.

As tecnologias desenvolvidas pela Embrapa Cerrados, juntamente com o esforço, a dedicação e a inovação dos produtores rurais em seus sistemas de produção, apoiados por uma eficiente extensão rural, têm contribuído para a evolução tecnológica e estabilidade da cadeia produtiva de mandioca de mesa no Distrito Federal e no Entorno.

Na Tabela 1, são listados os principais produtos tecnológicos desenvolvidos e caracterizados pelo grupo de trabalho *Melhoramento participativo e sistema de produção da mandioca no Cerrado*, apresentados na *Reunião Anual de Apresentação de Resultados da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos* e disponibilizados no GESTEC à disposição da comunidade.

Tabela 1. Processos, produtos e serviços desenvolvidos na área relacionada ao melhoramento participativo e sistema de produção da mandioca no Cerrado, apresentados na *Reunião Anual de Apresentação de Resultados da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos*, inseridos no Sistema GESTEC e disponibilizados para a sociedade por meio do portal da Embrapa.

| N° | Solução tecnológica | Tipo |
|----|---|--|
| 1 | Banco de Germoplasma de Mandioca do Cerrado | Ativo de base tecnológica/Banco de germoplasma |
| 2 | Feno da parte aérea da mandioca para alimentação animal | Processo/Prática agropecuária |
| 3 | Recomendação de micronutrientes para mandioca no Cerrado | Processo/Prática agropecuária |
| 4 | Cultivo de mandioca para a região do Cerrado | Serviço/Sistema de produção |
| 5 | Processamento mínimo, acondicionamento em embalagem com 100 µm de espessura, congelamento e manutenção a -18°C | Processo/Prática agropecuária |
| 6 | Processamento mínimo de raízes de mandioca de mesa acondicionada em embalagem de 100 micra de espessura e refrigerada a 3°C e 90% de umidade relativa | Processo/Prática agropecuária |

Continua...

Tabela 1. Continuação.

| Nº | Solução tecnológica | Tipo |
|----|--|-----------------------------|
| 7 | Recomendação de cultivares de mandioca indústria, com raízes de polpa branca, para as condições dos cerrados | Produto/Cultivar |
| 8 | Recomendação de cultivares de mandioca de mesa, com raízes de polpa branca, para as condições dos cerrados | Produto/Cultivar |
| 9 | Pioneira | Produto/Cultivar |
| 10 | Japonesinha | Produto/Cultivar |
| 11 | Recomendação de cultivares de mandioca de mesa, com raízes de polpa amarela, para as condições dos cerrados | Produto/Cultivar |
| 12 | BRS 396 | Produto/Cultivar |
| 13 | BRS 397 | Produto/Cultivar |
| 14 | BRS 398 | Produto/Cultivar |
| 15 | BRS 399 | Produto/Cultivar |
| 16 | BRS 400 | Produto/Cultivar |
| 17 | BRS 401 | Produto/Cultivar |
| 18 | Seleção participativa de variedades de mandioca na agricultura familiar | Metodologia |
| 19 | Mandioca no Cerrado – Orientações Técnicas | Serviço/Sistema de produção |

Tecnologias geradas que necessitam de mais ações de comunicação e transferência de tecnologia

O Cerrado tem um grande potencial para a cultura da mandioca, entretanto, com os sistemas de produção e principalmente das variedades utilizadas, essa cultura tem baixo rendimento e pouca qualidade das raízes. Entretanto, em função de suas condições edafoclimáticas e da fisiologia da

planta, as variedades de mandioca de mesa não têm apresentado regularidade na qualidade culinária das raízes produzidas. Dessa forma, devem-se empreender esforços para difundir, de forma participativa, as tecnologias do sistema de produção, as variedades recomendadas e as tecnologias de conservação pós-colheita. Unidades de pesquisa participativa em parceria com a iniciativa privada (produtores, associações e cooperativas) e com empresas públicas e privadas de extensão rural devem ser estabelecidas e utilizadas para a realização de dias de campo, de cursos de capacitação, de visitas técnicas e demais ferramentas utilizadas no processo de transferência de tecnologia, de intercâmbio e de construção do conhecimento.

Vale ressaltar a necessidade premente de realizar e estabelecer parcerias com outras instituições, no sentido de ampliar a aplicação da metodologia de melhoramento participativo e fazer a extensão de recomendação das cultivares biofortificadas de mandioca de mesa recentemente lançadas para outras regiões do país produtoras de mandioca.

Produtos, processos e serviços descritos no portfólio de tecnologias da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos

- 1) Conservação Pós-colheita de Raízes de Mandioca de Mesa por meio de Congelamento das Cultivares BRS 400, BRS399, IAC 576-70
- 2) Conservação Pós-colheita de Raízes de Mandioca de Mesa por meio de Refrigeração das Cultivares BRS 400, BRS 399, IAC 576-70
- 3) Cultivar de Mandioca de Mesa com Coloração da Polpa das Raízes Amarela – BRS 396
- 4) Cultivar de Mandioca de Mesa com Coloração da Polpa das Raízes Amarela – BRS 397
- 5) Cultivar de Mandioca de Mesa com Coloração da Polpa das Raízes Amarela – BRS 398
- 6) Cultivar de Mandioca de Mesa com Coloração da Polpa das Raízes Amarela – BRS 399

- 7) Cultivar de Mandioca de Mesa com Coloração da Polpa das Raízes Rosadas – BRS 400
- 8) Cultivar de Mandioca de Mesa com Coloração da Polpa das Raízes Rosadas – BRS 401
- 9) Cultivo de Mandioca para a Região do Cerrado
- 10) Mandioca Cultivar Pioneira: mandioca de mesa, para o Distrito Federal
- 11) Mandioca Japonesinha: nova cultivar de mandioca de mesa, para o Distrito Federal
- 12) Recomendação de Correção da Deficiência de Micronutrientes em Solos de Cerrado para a Cultura da Mandioca
- 13) Recomendação de Cultivares de Mandioca de Indústria para as Condições dos Cerrados
- 14) Recomendação de Cultivares de Mandioca de Mesa, com Raízes de Polpa Amarela, para as Condições dos Cerrados
- 15) Recomendação de Cultivares de Mandioca de Mesa, com Raízes de Polpa Branca, para as Condições dos Cerrados

Referências

- CARVALHO, J. L. H. **A mandioca**: raiz e parte aérea, na alimentação animal. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1983. 44 p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 17).
- CARVALHO, L. J. C. B.; CABRAL, G. B.; CAMPOS, L. **Raiz de reserva de mandioca**: um sistema biológico de múltipla utilidade. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2000. 16p. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 44).
- FIALHO, J. de F.; PEREIRA, A. V.; JUNQUEIRA, N. T. V. **Pioneira**: nova opção de mandioca de mesa na agricultura familiar do Distrito Federal e Entorno. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2000. 3 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 33).
- FIALHO, J. de F.; VIEIRA, E. A. **Seleção participativa de variedades de mandioca na agricultura familiar**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2011. 73 p.
- FIALHO, J. de F.; VIEIRA, E. A.; SILVA, M. S. **Japonesinha**: nova opção de mandioca de mesa para o Distrito Federal. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2000. 3 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 137).

FIALHO, J. de F.; VIEIRA, E. A.; SILVA, M. S.; PAULA-MORAES, S. V. de; FUKUDA, W. M. G.; FIALHO, M. O. S. dos S.; SILVA, K. N. Desempenho de variedades de mandioca de mesa no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 15, n. 01-04, p. 31-35, 2009.

PERIM, S.; COSTA, I. R. S. **Variedades de mandioca brava, resistentes à bacteriose, recomendadas para região geoeconômica de Brasília**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1983b. 6 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 31).

PERIM, S.; COSTA, I. R. S. **Variedades de mandioca mansa, resistentes à bacteriose, recomendadas para região geoeconômica de Brasília**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1983a. 6 p. (Embrapa Cerrados, Comunicado Técnico 28).

RINALDI, M. M. Aspectos da industrialização e obtenção de produtos derivados da mandioca. In: FIALHO, J. F.; VIEIRA, E. A. (ed.). **Mandioca no Cerrado**: orientações técnicas. Brasília, DF: Embrapa Cerrados, 2011a. v. 1, p. 139-159.

RINALDI, M. M.; VIEIRA, E. A.; FIALHO, J. F. Conservação pós-colheita de diferentes cultivares de mandioca submetidas ao processamento mínimo e congelamento. **Científica**, v. 43, p. 287-301, 2015.

RINALDI, M. M.; VIEIRA, E. A.; FIALHO, J. F.; MALAQUIAS, J. V. Efeito de diferentes formas de congelamento sobre raízes de mandioca de mesa. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 18, p. 93-101, 2015.

SOUZA, L. S.; FIALHO, J. F. **Sistema de produção de mandioca para a região do Cerrado**. Cruz da Almas: CNPMF, 2003. 61 p.

VIEIRA, E. A.; FIALHO, J. F.; FALEIRO, F. G.; BELLON, G.; FONSECA, K. G.; CARVALHO, L. J. C. B.; SILVA, M. S.; MORAES, S. V. P.; FILHO, M. O. S. S.; SILVA, K. N. Divergência genética entre acessos açucarados e não açucarados de mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 1707-1715, 2008b.

VIEIRA, E. A.; FIALHO, J. F.; FALEIRO, F. G.; BELLON, G.; FONSECA, K. G.; CARVALHO, L. J. C. B.; SILVA, M. S.; PAULA-MORAES, S. V.; OLIVEIRA, C. M.; DENKE, M. L. Characterization of sweet cassava accessions based on molecular, quantitative and qualitative data. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 11, p. 232-240, 2011c.

VIEIRA, E. A.; FIALHO, J. F.; FALEIRO, F. G.; BELLON, G.; FONSECA, K. G.; SILVA, M. S.; PAULA-MORAES, S. V.; CARVALHO, L. J. C. B. Caracterização fenotípica e molecular de acessos de mandioca de indústria com potencial de adaptação às condições do cerrado do Brasil Central. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, p. 567-582, 2013.

VIEIRA, E. A.; FIALHO, J. F.; SILVA, M. S. Recursos genéticos e melhoramento da mandioca In: FIALHO, J. F.; VIEIRA, E. A. (ed.). **Mandioca no Cerrado**: orientações técnicas. Brasília, DF: Embrapa Cerrados, 2013. v.1, p. 27-37.

VIEIRA, E. A.; FIALHO, J. F.; SILVA, M. S.; FUKUDA, W. M. G.; FALEIRO, F. G. Variabilidade genética do banco de germoplasma de mandioca da Embrapa Cerrados acessada por meio de descritores morfológicos. **Científica**, v. 36, p. 56-67, 2008a.

VIEIRA, E. A.; FIALHO, J. F.; SILVA, M. S.; PAULA-MORAES, S. V.; OLIVEIRA, C. M.; ANJOS, J. R. N.; RINALDI, M. M.; FERNANDES, F. D.; GUIMARÃES JÚNIOR, R. BRS Japonesa: new sweet cassava

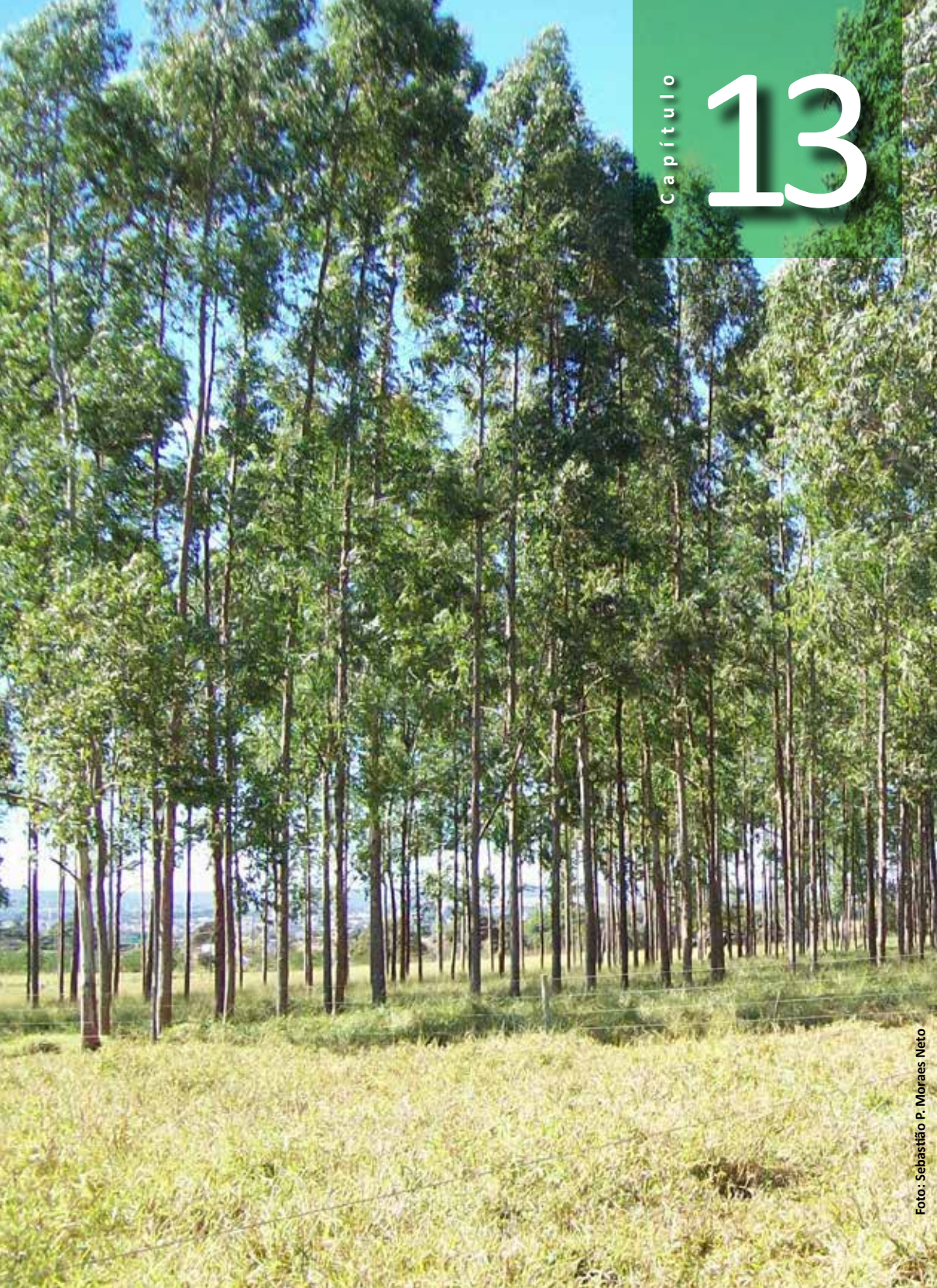
cultivar for the Distrito Federal region. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 11, p. 193-196, 2011a.

VIEIRA, E. A.; FIALHO, J. F.; FALEIRO, F. G.; BELLON, G.; SILVA, M. S. Caracterização molecular de acessos de mandioca biofortificados com potencial de uso no melhoramento genético. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, p. 457-463, 2011b.

VIEIRA, E. A.; FIALHO, J.F.; SILVA, M. S.; FUKUDA, W. M. G.; SANTOS FILHO, M. O. S. Comportamento de genótipos de mandioca de mesa no Distrito Federal. **Ciência Agronômica**, v. 40, p. 113-122, 2009.

Capítulo

13



Sistema de Produção Florestal

Josefino de Freitas Fialho
Sebastião Pires de Moraes Neto
Ailton Vitor Pereira
José Teodoro de Melo
Nilton Tadeu Vilela Junqueira
Daniel Pereira Guimarães
Elainy Botelho Carvalho Pereira
Roberto Teixeira Alves
Adriano Delly Veiga
Marcelo Fidelis Braga

Introdução

De acordo com a Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas, a cadeia produtiva do setor brasileiro de base florestal associado às florestas plantadas caracteriza-se pela grande diversidade de produtos, compreendendo a produção, a colheita e o transporte de madeira, além da obtenção dos produtos finais nos segmentos industriais de papel e celulose, painéis de madeira industrializada, madeira processada mecanicamente, siderurgia a carvão vegetal e biomassa, entre outros (ABRAF, 2013).

O setor brasileiro de base florestal é caracterizado como indutor de desenvolvimento econômico e social do país, onde, no âmbito social, as atividades contribuíram para a geração de 4,4 milhões de empregos e para um elevado investimento em programas de inclusão social, educação e meio ambiente, beneficiando 1,3 milhão de pessoas e aproximadamente mil municípios localizados nas regiões de influência das empresas.

Em 2012, a área brasileira de plantios de eucalipto e pinus atingiu 6,66 milhões de hectares, sendo os plantios de eucalipto com 76,6% da área total e os plantios de pinus, 23,4%. Os estados com maior concentração de plantios florestais foram: Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Bahia e Mato Grosso do Sul.

Nesse contexto, ainda segundo a ABRAF (2013), da área plantada com Eucalipto no Brasil (5.102.030 ha), 83,6% estava representada pelos Estados de Minas Gerais, São Paulo, Bahia, Mato Grosso do Sul, Rio Grande do Sul, Espírito Santo e Paraná. Em 2012, houve um significativo aumento da área plantada de *Eucalyptus*, em relação a 2011, fato provocado, principalmente, pelos investimentos realizados por empresas nacionais do segmento de papel e celulose, concentrando a expansão nos estados do Mato Grosso do Sul (19,0%) e do Tocantins (39,9%).

Por sua vez, a área plantada com pinus no Brasil (1.562.782 ha) está concentrada principalmente na Região Sul do país (84,7%), em razão das condições edafoclimáticas e da localização dos principais centros processadores desse tipo de madeira. Aproximadamente 40% da área total plantada está localizada no Paraná e 34,5% no Estado de Santa Catarina. Entretanto, diferentemente das áreas de eucalipto, em 2012, a área total de plantios de pinus reduziu-se em 79,1 mil hectares e os estados que apresentaram as maiores reduções absolutas foram: Bahia, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, São Paulo e Paraná.

Em 2012, a ABRAF já chamava a atenção e alertava que

(...) apesar da incontestável importância econômica e socioambiental do setor de florestas plantadas para o Brasil, o ambiente de negócio para o desenvolvimento da atividade florestal no país não é dos melhores. O fato é que a competitividade dos produtos florestais está se deteriorando frente aos seus principais concorrentes internacionais. No início desta década, o Brasil ostentava o status internacional de país com o menor custo de produção de madeira de processo. No entanto, após 12

anos, já perdemos quatro posições. É mais caro produzir madeira para a indústria de celulose no Brasil do que na Rússia, Indonésia e Estados Unidos.

(Anuário Estatístico ABRAF, 2013).

Ainda dentro dos plantios florestais do Brasil, representando apenas 7,2% das áreas plantadas, correspondendo a 521.131 ha, encontramos importantes espécies como a Acácia, Araucária, Pópulus, Teca, Seringueira e Paricá, caracterizadas pela diversidade de produtos finais de cada espécie, entre as quais destacamos a cultura da Seringueira.

A seringueira (*Hevea* spp.) é a árvore brasileira de maior expressão em plantios florestais no mundo, sendo cultivada em mais de 10 milhões de hectares, perdendo apenas para as áreas plantadas com pinus e eucalipto. Sua importância deve-se à qualidade de sua borracha que combina elasticidade, plasticidade, resistência à fricção e à deformação, impermeabilidade a líquidos e gases, bem como isolamento elétrico, características imprescindíveis para a fabricação de pneumáticos e de milhares de artefatos importantes e indispensáveis na vida do homem moderno.

Apesar de sua origem amazônica, a seringueira foi levada e cultivada em países do sudeste asiático (Tailândia, Indonésia, Vietnã, China Índia, Malásia e outros), os quais respondem por aproximadamente 90% da produção mundial de borracha natural de 11.809.000 t, que foi ligeiramente superior ao consumo de 11.855.000 t em 2014 (IRSG, 2015). Embora o Brasil tenha vastas áreas aptas ao seu cultivo e tecnologia disponível, a produção nacional foi de apenas 184.900 t (1,6% da produção mundial) representando cerca de 44,7% do consumo de 413.300 t (3,5% do consumo mundial) no ano de 2014 (IRSG, 2015).

De acordo com os dados do IBGE (2015), a produção nacional de látex coagulado foi de 309.541 t no ano de 2013, equivalente a 185.724 t de borracha seca colhida numa área estimada em 140 mil hectares, tendo como maiores produtores os estados de São Paulo, Mato Grosso e Bahia. Considerando que a expansão da área plantada ocorre em taxa inferior à do con-

sumo nacional, conclui-se que o País deverá continuar como importador de borracha natural nas próximas décadas, pesando negativamente na balança de pagamento e preocupando por se tratar de um produto estratégico para a segurança nacional e para a geração de emprego e renda.

Além da borracha, a seringueira também produz sementes que podem ser utilizadas para a produção de mudas ou extração de óleo de boa qualidade industrial cujo teor é de aproximadamente 43%. O óleo pode ser empregado na fabricação de tintas e vernizes, enquanto a torta resultante da sua extração serve para alimentação de bovinos, suínos e aves, apresentando alto valor proteico e energético. Por possuir nectários florais e foliares, a seringueira é uma planta melífera com potencial de produção anual de 150 kg de mel de boa qualidade por hectare de seringal. Ao final do ciclo produtivo de borracha, o seringal pode ser cortado para fins energético e madeireiro, gerando renda extra ao produtor (Gonçalves, 2002).

Quanto ao aspecto ecológico, a heveicultura serve como reflorestamento permanente da área, incluindo os benefícios inerentes à conservação do solo e da água e ao sequestro de carbono para amenizar o efeito estufa, acrescentando-se os seguintes: (1) a seringueira é caducifólia e troca de folhas durante a seca, demandando menos água do que as espécies perenifólias durante o período de escassez; (2) é tolerante à acidez do solo e a exportação de nutrientes junto com borracha é relativamente baixa, necessitando menor reposição em solos de cerrado que são naturalmente ácidos e pobres; (3) suas sementes servem de alimento para araras (antes da deiscência dos frutos) e para caititus, pacas, cotias e outros roedores (depois de caídas ao chão); (4) o seringal também serve de ambiente e abrigo a muitas espécies de aves, mamíferos, répteis, insetos aracnídeos e moluscos. Por essas vantagens, a seringueira é apropriada para o cultivo em várias regiões, como a região de cerrado, e como componente para a formação de corredores ecológicos de ligação entre áreas remanescentes de vegetação nativa.

Neste capítulo, é apresentado um pouco da história das ações de pesquisa e desenvolvimento com as culturas florestais pinus, eucalipto e serin-

gueira, realizadas na Embrapa Cerrados e parceiros, listando as principais tecnologias geradas e disponibilizadas para a sociedade.

Um pouco da história das pesquisas com *Eucalyptus* e *Pinus*, na Embrapa Cerrados

Um dos primeiros projetos na área de Silvicultura na Embrapa Cerrados, na segunda metade da década de 1970, foi a *Seleção de Espécies e Procedências de Essências Nativas e Exóticas na Região dos Cerrados*. Esse projeto teve como objetivo selecionar espécies/procedências de *Eucalyptus* e *Pinus* para as diferentes condições ecológicas dos Cerrados. Nesta fase, houve apoio do Projeto de Desenvolvimento e Pesquisa Florestal do Brasil (PRODEPEF), consequente ao convênio firmado pelo governo brasileiro e o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), que posteriormente foi denominado de Convênio PNUD/FAO/IBDF. Os ensaios com *Eucalyptus* foram instalados com espécies oriundas de diferentes regiões ecológicas da Austrália, Indonésia e Papua na Nova Guiné e os de *Pinus* com espécies procedentes da América Central (Embrapa, 1987).

Os bancos de conservação genética, que foram instalados entre final de 1983 a início de 1985, são das espécies *Pinus tecunumanii*, *Pinus oocarpa*, *Pinus oocarpa* var. *ochoterenai* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (PCH). O PCH teve tratamento especial, sendo constituído de procedências de região úmida, região seca e da Ilha de Guanaja. Os bancos foram instalados em blocos ao acaso em parcelas de planta única (single tree plot).

O Programa Nacional de Pesquisa Florestal (PNPF), da Embrapa, associou-se à Central America and Mexico Coniferous Cooperative (Camcore) vinculado a Universidade Estadual da Carolina do Norte, com o objetivo de amostrar as populações acessíveis de *Pinus* tropicais da América Central, a nível de procedências e progênies, visando a determinação de parâmetros genéticos e, ao mesmo tempo, transformar os testes instalados em áreas de produção de sementes.

Os testes de procedências e progênes instalados na Embrapa Cerrados entre final de 1983 e início de 1985, abrangem as seguintes espécies: *Pinus oocarpa*, *Pinus caribaea* var. *hondurensis* de região seca, *Pinus tecunumanii* e *Pinus oocarpa* var. *ochoterenai*. O delineamento estatístico utilizado foi o de família de bloco compacto (compact block family), que é uma variação de parcelas subdivididas. Cada procedência constitui uma parcela e cada progênie uma subparcela de seis plantas, com nove repetições ou blocos (EMBRAPA, 1987).

Um pouco da história das pesquisas com seringueira, na Embrapa Cerrados

A situação de déficit de produção em relação ao consumo nacional de borracha natural é reflexo de seis décadas (1930 a 1990) de investimentos em pesquisa e plantio da cultura da seringueira em regiões quentes e úmidas favoráveis a epidemias do mal-das-folhas causado pelo *Microcyclus ulei* e de outras doenças causadas por outros fungos. As pesquisas iniciaram nas plantações Ford (nos anos 1930 até início dos anos 1940) e tiveram continuidade no Instituto Agrônomo do Norte (IAN) até a década de 1970 com a criação do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido (atual Embrapa Amazônia Ocidental), do Centro Nacional de Pesquisa de Seringueira e Dendê (atual Embrapa Amazônia Ocidental) e da Ceplac, atuando na região Sul da Bahia. Após a constatação da gravidade do problema fitossanitário nos seringais de Fordlândia e Belterra, no Estado do Pará e posteriormente nos seringais plantados em áreas úmidas da Amazônia e região Sul da Bahia, nos anos 1970 e 1980 com financiamentos do PROBOR, ocorreu a expansão da heveicultura nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, com estação seca bem definida, as quais mostraram-se propícias ao desenvolvimento e produção de borracha e ao escape ao mal-das-folhas. No entanto, essa expansão da cultura nas áreas de escape ocorreu sem o aporte de pesquisas prévias, sendo baseada no bom senso agrônomo e na extrapolação de resultados obtidos em outras regiões, gerando a necessidade de novas pesquisas para adequação da cultura aos novos ambientes.

As pesquisas com seringueira na Embrapa Cerrados começaram no início dos anos 1990, após a transferência de alguns pesquisadores do extinto Centro Nacional de Pesquisa de Seringueira e Dendê e de parte do seu banco de germoplasma que foi ampliado ao longo da mesma década com genótipos oriundos de coletas em seringais nativos e clones importados da Malásia (pela Embrapa), da Costa do Marfim e da Guiana Francesa (pela Michelin) e outros clones cedidos pelo Instituto Agronômico e por empresas nacionais, constituindo a base para os novos trabalhos de pesquisa na região.

De 1994 a 1998, a Embrapa Cerrados liderou um projeto de pesquisa de seringueira com recursos do convênio Embrapa/Ibama (Sinsep nº 07.094.011) com 15 subprojetos, mais um de conservação de germoplasma (Sinsep nº 02.094.161.04) para dar continuidade às pesquisas remanescentes do Programa Nacional de Pesquisa de Seringueira. O projeto abrangeu várias áreas do conhecimento e teve a participação de unidades da Embrapa (Embrapa Cerrados, Embrapa Amazônia Ocidental e Embrapa Amazônia Oriental) e de outras instituições de pesquisa (Ceplac, Emcapa, Emgopa, Empa-MT, Empaer-MS, IAC, ESALQ/FEALQ), servindo de suporte ao desenvolvimento da heveicultura na década seguinte.

De 1998 a 2002, o projeto ficou restrito à Avaliação e Seleção de Clones de Seringueira para as Condições de Cerrado (Siger nº 07.200.008), contando com a parceria da Emater-GO e da Agropecuária Morais Ferrari. De 2002 a 2004, foi ampliado para Avaliação e seleção de clones de seringueira nas regiões de Cerrado, da Amazônia e de transição entre ambas (MP2 nº 435-02.02.02.4.02), contando com a participação de três unidades da Embrapa: Embrapa Cerrados (líder), Embrapa Amazônia Ocidental e Embrapa Amazônia Oriental, Emater-GO/Agenciarural e das empresas Agropecuária Morais Ferrari e Guaporé Pecuária S.A (Fazenda Triângulo). Nesse período, também foi conduzido um plano de ação para conservação do banco de germoplasma de seringueira da Embrapa Cerrados (MP1 nº 291-02.01.02.1.02.08.03). De 2004 a 2012, novos projetos foram propostos, mas não aprovados, gerando a descontinuidade das pesquisas.

Em 2013, um novo projeto de melhoramento genético da seringueira no Brasil foi aprovado pela Embrapa no Macroprograma 2 (nº 02.13.07.002.00) para execução de 2014 a 2018, sob a liderança da Embrapa Cerrados, com a participação de unidades da Embrapa (Embrapa Acre, Embrapa Amazônia Ocidental e Embrapa Amazônia Oriental, Embrapa Floresta), outras instituições de pesquisa e extensão rural (CEPEC/CEPLAC, IAPAR, UFLA, UFU, UNICAMP e Emater-GO) e empresas que cultivam seringueira: Fazenda Triângulo da Guaporé Pecuária (MT), Fazenda Tamoio da Hevea Agrícola/3F Agrícola (GO), Fazenda Porteiras e Fazenda Bandeirante da Vera Cruz Agropecuária, Fazenda Inajá, Fazenda Serra Dourada e Fazenda Vereda (TO), Covre Agrícola (ES), Fazenda Batalha e Fazenda São José (BA), Fazenda Guanabara (PR) e outras fazendas a serem definidas (MG) que cederão áreas para instalação e conduzirão experimentos de avaliação e seleção de clones.

O projeto em desenvolvimento é composto por oito planos de ação: (1) gerencial; (2) conservação, avaliação e ampliação das coleções de trabalho para suporte ao melhoramento genético da seringueira; (3) cruzamentos, seleção e clonagem de genótipos de seringueira; (4) avaliação e seleção de clones de seringueira na região amazônica; (5) avaliação e seleção de clones de seringueira na região de cerrado e outras com estação seca definida; (6) epidemiologia e resistência a doenças em clones de seringueira; (7) avaliação fisiológica, anatômica e das propriedades da borracha em clones de seringueira; (8) utilização de ferramentas de biotecnologia e genômica para suporte ao melhoramento genético.

Esse projeto visa dar suporte ao desenvolvimento futuro da heveicultura nacional, viabilizando: (1) a conclusão dos experimentos já implantados, com a seleção e a recomendação para plantio de novos clones mais produtivos que os atuais; (2) a manutenção e ampliação da base genética do banco de germoplasma; (3) a geração e a avaliação de novos clones, contando com o apoio de outras áreas do conhecimento (Fitopatologia, Fisiologia, Anatomia, Biologia Molecular e Tecnologia da borracha).

Principais tecnologias geradas

Eucalyptus e Pinus

Os trabalhos na área florestal inicialmente trataram de testes de espécies e procedências de *Eucalyptus* e *Pinus*, entre os quais podemos citar trabalhos de Moura (1981) e Albino e Tomazello Filho (1985a). Trabalhos com modelos matemáticos na área de dendrometria e inventário florestal também foram desenvolvidos em sistema de monocultivo (Guimarães, 1982; Guimarães; Castro, 1986) bem como em sistema agrossilvipastoril (Moraes Neto et al., 2014).

O tema densidade básica da madeira de eucalipto e pinus foi abordada algumas vezes (Albino; Tomazello Filho, 1985b; Moura; Parca, 1993). Paralelamente, trabalhos de caracterização da madeira de pinus foram desenvolvidos, por exemplo, Moraes Neto et al. (2009).

Aproveitando os testes de procedências e de progênies de pinus tropicais, foram desenvolvidos trabalhos utilizando métodos de seleção, por exemplo, Moraes Neto et al. (2007). Trabalhos na área de ciclagem de nutrientes e acúmulo de matéria orgânica no solo sob eucalipto e pinus foram também desenvolvidos (Melo; Resck, 2002; Melo et al. 2004). Foram publicados trabalhos em sistema agroflorestal (Melo; Guimarães, 2002) (Figura 1) e algumas recomendações técnicas sobre eucalipto e pinus (Figura 2).



Figura 1. Algumas publicações que tratam das recomendações técnicas para Sistemas Agroflorestais no Cerrado, publicadas na Embrapa.



Figura 2. Algumas publicações que tratam das recomendações técnicas para a cultura do *Eucalyptus* no Cerrado, publicadas na Série Embrapa.

Seringueira

As tecnologias geradas pelas ações de pesquisa com a Seringueira no Cerrado envolvem recomendações técnicas e processos para a melhoria dos sistemas de produção, principalmente, nas áreas de recursos genéticos, de correção e de adubação do solo, de controle de pragas e de doenças, de sistemas de sangrias e os estudos de seringueira em tricomposto no Estado do Mato Grosso.

Dentro das ações de recursos genético, tem-se como importante avanço a transferência de Banco de Germoplasma de Seringueira da Embrapa Amazônia Ocidental para a Embrapa Cerrados, constituindo o Banco de Germoplasma de Seringueira do Cerrado (BGHevea), que foi ampliado com genótipos oriundos de coletas em seringais nativos e clones importados da Malásia (pela Embrapa), da Costa do Marfim e da Guiana Francesa (pela Michelin) e outros clones do Instituto Agrônômico e por empresas nacionais. Esse banco constitui a base para a geração de novos clones e de novos trabalhos de pesquisa na região.

Com relação às recomendações técnicas, às práticas e aos processos para a melhoria dos sistemas de produção da seringueira nas condições de Cerrado, merecem destaque as seguintes recomendações técnicas: *Calagem e adubação com macro e micronutrientes* (Pereira et al., 2000; Pereira et al., 2002a; Pereira et al., 2002b); *Alternativas de utilização da Seringueira em Sistemas Agroflorestais com o Cafeeiro* (Pereira et al., 1998) ou com a *Seringueira em diferentes Sistemas Agroflorestais* (Pereira et al., 1997); *Controle biológico do percevejo-de-renda (*Leppharsa heveae* Drake & Poor) em seringais de cultivo* (Junqueira et al., 1999); *Controle de plantas daninhas na cultura da seringueira* (Pereira et al., 1999b); *Desempenho de clones de seringueira sob diferentes sistemas de sangria* (Pereira et al., 2001b) (Figura 4).

Vale ressaltar que mediante esses avanços obtidos nos resultados das pesquisas conduzidas pela equipe multidisciplinar da Embrapa Cerrados e parceiros, foi editado pela Embrapa Cerrados, em 2001, o primeiro livro

(Sistema de Produção) de seringueira para o Cerrado (Figura 4): *Cultura da Seringueira no Cerrado* (Pereira; Pereira, 2001a), de capital importância no desenvolvimento da heveicultura no Cerrado, como fonte de informações para os técnicos e produtores da Região.

As tecnologias de controle biológico do percevejo-de-renda da seringueira com o uso de microinseticida formulado em óleo emulsionável (Alves et al., 2003) merecem destaques, por constituir a principal praga dos seringais de cultivo nas condições do Cerrado e ao desempenho de seringueira em sistemas tricompostos no sudoeste do Estado de Mato Grosso (Moraes et al., 2013).

Na Tabela 1, são listados os principais produtos tecnológicos desenvolvidos e caracterizados pelo grupo de trabalho *Sistema de Produção Florestal*, os quais foram apresentados na *Reunião Anual de Apresentação de Resultados da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos* e disponibilizadas no GESTEC à disposição da comunidade.

Tabela 1. Processos, produtos e serviços desenvolvidos, com Eucalipto, Pinus e Seringueira, na área relacionada de Sistema de Produção Florestal, apresentados na *Reunião Anual de Apresentação de Resultados da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos*, inseridos no Sistema GESTEC e disponibilizados para a sociedade por meio do portal da Embrapa.

| Nº | Solução tecnológica | Tipo |
|-----------|---|-------------------------------|
| Eucalipto | | |
| 1 | Resultados de pesquisa com várias procedências de <i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake, no Centro-Leste do Brasil | Prática/Processo Agropecuário |
| 2 | Predição do crescimento volumétrico de <i>Eucalyptus grandis</i> | Processo/ Metodologia |
| 3 | Novos métodos para a estimativa do volume de árvores em pé | Prática/Processo Agropecuário |
| 4 | Predição do crescimento volumétrico em eucalipto | Processo/ Metodologia |
| 5 | Uso de curva de potencia na determinação de séries relativas contínuas de forma para espécies florestais | Processo/ Metodologia |

Continua...

Tabela 1. Continuação.

| Nº | Solução tecnológica | Tipo |
|-------|---|--|
| 6 | Varição da densidade da madeira e produtividade de eucalipto | Prática/Processo Agropecuário |
| 7 | Evolução do crescimento de doze espécies/procedências de <i>Eucalyptus</i> em três regiões bioclimáticas do Estado de Minas Gerais | Prática/Processo Agropecuário |
| 8 | Seleção de espécies e procedências de <i>Eucalyptus</i> , no eixo Campo Grande Três Lagoas, MS, região de cerrados | Prática/Processo Agropecuário |
| 9 | Análise de funções de crescimento | Processo/ Metodologia |
| 10 | Modelos hipsométricos para <i>Eucalyptus cloeziana</i> e <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> em sistema agrossilvipastoril | Prática/Processo Agropecuário |
| 11 | Verificação da identidade de modelos hipsométricos em diversos arranjos de sistema agrossilvipastoril | Prática/Processo Agropecuário |
| 12 | Distribuição diamétrica e altimétrica do Híbrido <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> em sistema agrossilvipastoril | Prática/Processo Agropecuário |
| 13 | Comparação de modelos de crescimento em altura de duas espécies de eucalipto em sistemas agrossilvipastoris | Prática/Processo Agropecuário |
| Pinus | | |
| 14 | Estudo comparativo entre o crescimento de <i>Pinus oocarpa</i> Schiede e <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> Barr. Et Golf. Em cinco localidades da região dos Cerrados | Prática/Processo Agropecuário |
| 15 | Densidade básica da madeira de espécies de <i>Pinus</i> tropicais determinada através de métodos não destrutivos | Prática/Processo Agropecuário |
| 16 | Banco ativo de germoplasma de pinus tropicais | Ativo de Base Tecnológica Banco de Germoplasma |

Continua...

Tabela 1. Continuação.

| Nº | Solução tecnológica | Tipo |
|----|--|-------------------------------|
| 17 | Estudo Comparativo entre Densidade Básica e Penetração do Pilodyn em Espécies/Procedências de <i>Pinus</i> Centro-Americanos em três locais dos Cerrados | Prática/Processo Agropecuário |
| 18 | Índices de seleção para famílias de meios-irmãos de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> | Prática/Processo Agropecuário |
| 19 | Índices de seleção para famílias de meios-irmãos de <i>Pinus tecunumanii</i> | Prática/Processo Agropecuário |
| 20 | Seleção simultânea de caracteres por indivíduo no melhoramento de <i>Pinus tecunumanii</i> | Prática/Processo Agropecuário |
| 21 | Seleção simultânea de caracteres por indivíduo no melhoramento de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> | Prática/Processo Agropecuário |
| 22 | Parâmetros genéticos da densidade básica da madeira de <i>Pinus oocarpa</i> | Prática/Processo Agropecuário |
| 23 | Parâmetros genéticos da densidade básica da madeira de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> | Prática/Processo Agropecuário |
| 24 | Estimativas de volume de <i>Pinus tecunumanii</i> no Cerrado do Distrito Federal | Prática/Processo Agropecuário |
| 25 | Caracterização da madeira de cinco procedências de <i>Pinus tecunumanii</i> implantadas no cerrado do DF | Prática/Processo Agropecuário |
| 26 | Propriedades físicas da madeira de cinco procedências de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> implantadas no cerrado do Distrito Federal, DF | Prática/Processo Agropecuário |
| 27 | Estimativas de volume de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> no Cerrado do Distrito Federal, DF | Prática/Processo Agropecuário |
| 28 | Propriedades mecânicas da madeira de cinco procedências de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> implantadas no Cerrado do Distrito Federal | Prática/Processo Agropecuário |
| 29 | Varição axial das propriedades físicas da madeira de cinco procedências de <i>Pinus tecunumanii</i> no Cerrado do Distrito Federal, DF | Prática/Processo Agropecuário |

Continua...

Tabela 1. Continuação.

| Nº | Solução tecnológica | Tipo |
|-------------|--|---|
| Seringueira | | |
| 30 | Banco de germoplasma de seringueira do Cerrado (BGHevea) | Ativo de Base Tecnológica Banco de Germoplasma |
| 31 | Adubação de mudas e jardim clonal de seringueira | Prática/Processo Agropecuário |
| 32 | Adubação de seringais no Cerrado | Prática/Processo Agropecuário |
| 33 | Desempenho de clones de seringueira sob diferentes sistemas de sangria | Prática/Processo Agropecuário |
| 34 | Controle de formigas cortadeiras em mudas de espécies arbóreas com o uso de copos plásticos descartáveis | Prática/Processo Agropecuário |
| 35 | Controle de plantas daninhas na cultura da seringueira | Prática/Processo Agropecuário |
| 36 | Correção da fertilidade de solos de cerrado para seringueira | Prática/Processo Agropecuário |
| 37 | Doses de NPK para formação de seringais em solos de Cerrado | Prática/Processo Agropecuário |
| 38 | Cultura da seringueira no Cerrado | Serviço/Sistema de Produção |
| 39 | Controle biológico do percevejo-de-renda (<i>Leppharsa heveae</i> Drake & Poor) em seringais de cultivo | Prática/Processo Agropecuário |
| 40 | Controle biológico do percevejo-de-renda da seringueira com o uso de micoinseticida formulado em óleo emulsionável | Prática/Processo Agropecuário |
| 41 | Desempenho de clones de seringueira sob diferentes sistemas de sangria | Prática/Processo Agropecuário |

Continua...

Tabela 1. Continuação.

| Nº | Solução tecnológica | Tipo |
|-----------------------|--|-----------------------------|
| Sistema Agroflorestal | | |
| 42 | Desenvolvimento da Guariroba em Sistemas Agroflorestais no Cerrado | Serviço/Sistema de Produção |
| 43 | Sistemas agroflorestais de seringueira com cafeeiro | Serviço/Sistema de Produção |
| 44 | Seringueira em Sistemas Agroflorestais | Serviço/Sistema de Produção |

Produtos, processos e serviços descritos no portfólio de tecnologias da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos

- 1) Adubação de Mudas e Jardim Clonal de Seringueira
- 2) Adubação de Seringais no Cerrado
- 3) Análise de Funções de Crescimento para Espécies Florestais
- 4) Análise de Várias Procedências de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake, no Centro Leste do Brasil
- 5) Banco de Germoplasma de Seringueira do Cerrado (BGHevea)
- 6) Capacitação sobre Produção de Mudas e Plantio de Eucalipto sp. no Cerrado
- 7) Caracterização da Madeira de Cinco Procedências de *Pinus tecunumanii* Implantadas no Cerrado do DF
- 8) Comparação de Modelos de Crescimento em Altura de duas Espécies de Eucalipto em Sistemas Agrossilvipastoris
- 9) Comparativo de Modelos de Estimativas de Volume de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* no Cerrado do Distrito Federal, DF
- 10) Comparativo de Modelos de Estimativas de Volume de *Pinus Tecunumaii* no Cerrado do Distrito Federal, DF

- 11) Controle de Plantas Daninhas na Cultura da Seringueira
- 12) Correção da Fertilidade de Solos de Cerrado para Seringueira
- 13) Cultura da Seringueira no Cerrado
- 14) Densidade Básica da Madeira de Espécies de Pinus Tropicais Determinada Através de Métodos Não-Destrutivos
- 15) Desempenho de Clones de Seringueira sob Diferentes Sistemas de Sangria
- 16) Desempenho de Seringueira em Sistema de Tricompostos no Sudeste do Estado de Mato Grosso
- 17) Doses de NPK para Formação de Seringais em Solos de Cerrado
- 18) Estimativas de Volume de *Pinus tecunumanii* no Cerrado do Distrito Federal
- 19) Estudo Comparativo entre Densidade Básica e Penetração do Pilodyn em Espécies/Procedências de Pinus Centro-Americanos em três locais dos Cerrados
- 20) Estudo Comparativo entre o Crescimento de *Pinus oocarpa* Schiede e *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. et Golf. em Cinco Localidades da Região dos Cerrados
- 21) Estudo sobre a Distribuição Vertical e Horizontal da Área de Raízes de Cultivares de Dendezeiro Irrigado nas Condições Edafoclimáticas do Distrito Federal
- 22) Estudo sobre Distribuição Diamétrica e Altimétrica do Híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* em Sistema Agrossilvipastoril
- 23) Estudos sobre a Variação da Densidade Básica de Madeira e Produtividade de *Eucalyptus*
- 24) Evolução do Crescimento de Doze Espécies/Procedências de *Eucalyptus* em Três Regiões Bioclimáticas do Estado de Minas Gerais

- 25) Índices de Seleção para Famílias de Meios-Irmãos de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*
- 26) Índices de Seleção para Famílias de Meios-irmãos de *Pinus tecunumanii*
- 27) Metodologia para Predição do Crescimento Volumétrico de *Eucalyptus grandis*
- 28) Modelos Hipsométricos para *Eucalyptus cloeziana* e *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* em Sistema Agrossilvipastoril
- 29) Novos Métodos para a Estimativa do Volume de Árvores em Pé
- 30) Parâmetros Genéticos da Densidade Básica da Madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*
- 31) Parâmetros Genéticos da Densidade Básica da Madeira de *Pinus oocarpa*
- 32) Propriedades Físicas da Madeira de Cinco Procedências de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Implantadas no Cerrado do Distrito Federal, DF
- 33) Propriedades Mecânicas da Madeira de Cinco Procedências de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Implantadas no Cerrado do Distrito Federal
- 34) Seleção de Espécies e Procedências de *Eucalyptus*, no Eixo Campo Grande Três Lagoas-MS, Região de Cerrados
- 35) Seleção Simultânea de Caracteres por Indivíduo no Melhoramento de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*
- 36) Seleção Simultânea de Caracteres por Indivíduo no Melhoramento de *Pinus tecunumanii*
- 37) Seringueira em Sistemas Agroflorestais
- 38) Uso de Curva de Potência na Determinação de Séries Relativas Contínuas de Forma para Espécies Florestais
- 39) Variação Axial das Propriedades Físicas da Madeira de Cinco Procedências de *Pinus Tecunumanii* no Cerrado do Distrito Federal, DF

- 40) Variação do Modelo de Schumacher & Hall para Ajuste de Equações Volumétricas
- 41) Verificação da Identidade de Modelos Hipsométricos em Diversos Arranjos de Sistema Agrossilvipastoril

Referências

- ABRAF. **Anuário estatístico ABRAF 2013 ano base 2012**. Brasília, 2013. 148 p.
- ALBINO, J. C.; TOMAZELLO FILHO, M. **Evolução do crescimento de doze espécies/procedências de *Eucalyptus* em três regiões bioclimáticas do Estado de Minas Gerais**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1985. 46 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa, 25)
- ALBINO, J. C.; TOMAZELLO FILHO, M. **Variação da densidade básica de madeira e produtividade de *Eucalyptus* spp.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1985. 42 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa, 26)
- ALVES, R. T.; SILVA, E. F. da S.; SOUSA, K. M. de; OLIVEIRA, M. A. S.; PEREIRA, A. V.; JUNQUEIRA, N. T. V.; ICUMA, I. M. **Controle biológico do percevejo-de-renda da seringueira com o uso de micoinseticida formulado em óleo emulsionável**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 22 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 113).
- EMBRAPA. **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1982-1985**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1987. 527 p.
- GONÇALVES, P. de S. **Subprodutos complementares da renda de um seringal**. Artigo publicado em 08/08/2002. Disponível em: <http://www.apabor.org.br/artigos>. Acesso em: 15 ago. 2018.
- GUIMARÃES, D. P. **Predição do crescimento volumétrico de *Eucalyptus grandis***. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1982. 11 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa, 9).
- GUIMARÃES, D. P.; CASTRO, L. H. R. **Análise de funções de crescimento**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1986. 21 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa, n.29).
- IBGE. **Produção agrícola municipal: culturas temporárias e permanentes**. Rio de Janeiro: IBGE, v. 41, p. 102, 2015. Disponível em: <http://loja.ibge.gov.br/producao-agricola-municipal-2014.html>. Acesso em: 15 ago. 2018.
- IRSG – International Rubber Study Group. **Rubber statistical Bulletin. Singapore**, v. 69, n. 7-9, jan-mar/2015. Disponível em: www.rubberstudygroup.com/statistics. Acesso em: 15 ago. 2018.
- JUNQUEIRA, N. T. V.; PINHEIRO ALVES, R. T.; CELESTINO FILHO, P.; PEREIRA, A. V.; OLIVEIRA, M. A. S.; FIALHO, J. de F.; GASPAROTTO, L. **Controle biológico do percevejo-de-renda (*Leppharsa heveae* Drake & Poor) em seringais de cultivo**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1999. 30p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 3).

MELO, J. T.; GUIMARÃES, D. P. **Desenvolvimento da guariroba em sistemas agroflorestais no Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 13 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 31)

MELO, J. T.; RESCK, D. V. S. **Retorno, ao solo, de nutrientes de serrapilheira de pinus no cerrado do Distrito Federal**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 18 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 75).

MELO, J. T.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C. **Efeito de procedências de *Eucalyptus camaldulensis* sobre os teores de nutrientes e de carbono orgânico do solo no Cerrado**. Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2004. 17 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 142).

MORAES NETO, S. P. de; PULROLNIK, K.; VILELA, L.; MARCHÃO, R. L.; GUIMARÃES JUNIOR, R.; MACIEL, G. A.; OLIVEIRA, P. de. **Comparação de modelos de crescimento em altura de duas espécies de eucalipto em sistemas agrossilvipastoris**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2014a. 20 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 315)

MORAES NETO, S. P.; FALQUETO, L. L. M.; SOUSA, T. G. **Seleção simultânea de caracteres por indivíduo no melhoramento de *Pinus caribaea* var. *hondurensis***. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. 19 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 189).

MORAES NETO, S. P.; TELES, R. F.; RODRIGUES, T. O.; VALE, A. T.; SOUZA, M. R. **Propriedades mecânicas da madeira de cinco procedências de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* implantadas no Cerrado do Distrito Federal**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2009. 20 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 251).

MORAES, L. A. C.; MORAES, V. H. de F.; MOREIRA, A.; PEREIRA, A. V.; SOUZA, A. N. de S.; YOHOYAMA, R. Y.; FIALHO, J. de F.; CORDEIRO, E. R. **Desempenho de seringueira em sistemas tricompostos no sudoeste do estado de Mato Grosso**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2013. 43 p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos, 106).

MOURA, V. P. G. **Resultados de pesquisa com varias procedências de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake, no Centro-Leste do Brasil**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1981. 19 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa, 3).

MOURA, V. P. G.; PARCA, M. L. S. **Estudo comparativo entre densidade básica e penetração do pilodyn em espécies/procedências de *Pinus* centro-americanos em três locais dos cerrados**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1993. 20 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa, 36).

PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C. (ed.). **Cultura da seringueira no cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. 59 p.

PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; BENESI, J. F. C. **Desempenho de clones de seringueira sob diferentes sistemas de sangria**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. 19 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 16).

PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; FIALHO, J. de F.; ANDRADE, L. R. M de; JUNQUEIRA, N. T. V. **Correção da fertilidade de solos de cerrado para seringueira**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2000. 2 p. (Embrapa Cerrados. Recomendações Técnicas, 15).

PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; FIALHO, J. de F.; ANDRADE, L. R. M de; JUNQUEIRA, N. T. V. **Adubação de mudas e jardim clonal de seringueira**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 2 p. (Embrapa Cerrados. Recomendações Técnicas, 17).

PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; FIALHO, J. de F.; ANDRADE, L. R. M de; JUNQUEIRA, N. T. V. **Adubação de seringais no cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 2 p. (Embrapa Cerrados. Recomendações Técnicas, 16).

PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; FIALHO, J. de F.; JUNQUEIRA, N. T. V. **Seringueira em sistemas agroflorestais**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1997. 45 p. (Embrapa-CPAC. Documentos, 63).

PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; FIALHO, J. de F.; JUNQUEIRA, N. T. V.; MACEDO, R. L. G. de; GUIMARÃES, R. J. **Sistemas agroflorestais de seringueira com cafeeiro**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1998. 77 p. (Embrapa-CPAC. Documentos, 70).

PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; FIALHO, J. de F.; JUNQUEIRA, N. T. V.; GOMES, A. C. **Doses de NPK para formação de seringais em solos de Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1999. 17 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa, 1).

PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; FIALHO, J. de F.; JUNQUEIRA, N. T. V. **Controle de formigas cortadeiras em mudas de espécies arbóreas com o uso de copos plásticos descartáveis**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2000. 2 p. (Embrapa Cerrados. Recomendações Técnicas, 14).

PEREIRA, A. V.; SILVA, J. B. da; PEREIRA, E. B. C. **Controle de plantas daninhas na cultura da seringueira**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1999. 73 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 3).



Contribuições na PD&I em Agroenergia

Nilton Tadeu Vilela Junqueira

Marcelo Fideles Braga

Jorge Cesar dos Anjos Antonini

Léo Duc Haa Carson Schwartzaupt da Conceição

Introdução

Com a crise energética da década de 1970, o Brasil, sob o aspecto de segurança nacional, estabeleceu uma política de pesquisa e desenvolvimento industrial do setor energético (Wandeck; Justo, 1982). Essa política incluía programas de incentivo à produção de álcool (Proálcool) e produção de óleo (Proóleo) para biocombustível.

O Programa Nacional do Álcool (Proálcool) foi instituído em 1975 e seu sucesso, que culminou na participação em 96% das vendas de automóveis em 1985, foi em razão da conjunção de fatores, como garantia de oferta de um combustível alternativo, a indústria automobilística e investimento dos recursos acumulados pelo Instituto do Açúcar e do Álcool (Silva; Sakatsume, 2007). O Programa Nacional de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos (Proóleo) foi criado em 1980 e tinha como objetivos substituir óleo diesel em até 30% e promover a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico em produção de óleos vegetais visando a total substituição do diesel fós-

sil (STCP, 2014), incluindo matérias-primas alternativas, além das culturas tradicionais. Entretanto, muitos dos esforços de P&D de espécies com potencial como oleaginosa, sofreram com a descontinuidade pela diminuição e estabilização do preço do petróleo. Dessa forma, o programa foi progressivamente esvaziado pela inviabilidade da relação de preços óleos vegetais/petróleo (Clemente et al., 2005; Leite; Leal, 2007; STPC, 2014).

Nos últimos anos, vários países lançaram programas de incentivo à produção e ao consumo de biocombustível. Além da diminuição da dependência externa de petróleo e do aumento da demanda por combustíveis, do estabelecimento de metas quantitativas acordadas para mitigação dos níveis de dióxido de carbono na atmosfera pelos países desenvolvidos, somam-se as justificativas para o uso de fontes de energia renováveis. Nesse sentido, entre as principais razões para incentivos em pesquisa e em produção de biocombustíveis estão a minimização dos efeitos das emissões veiculares na poluição, principalmente nos grandes centros urbanos, e controle da concentração de gases de efeito estufa (Leite; Leal, 2007). Entre as fontes de combustíveis renováveis, o biodiesel tem recebido a merecida atenção com o lançamento do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel do governo brasileiro, em 2004, que visa, além das razões citadas, beneficiar a agricultura familiar e promover a inclusão social com maior oferta de empregos no campo. Em países como Alemanha, França e Itália, o biodiesel possui um mercado em estágio avançado e, em outros países, existe previsão de demanda, indicando perspectivas promissoras de comercialização do biodiesel no mundo (Mello et al., 2007). Atualmente, a soja é a principal matéria-prima para produção de biodiesel no Brasil. Diversas outras oleaginosas têm sido utilizadas, como o dendê (Nunes; Alves, 2010), e uma gama de espécies nativas da biodiversidade brasileira vêm sendo estudadas como fontes alternativas e como objeto de pesquisa e desenvolvimento no Brasil visando a produção de biodiesel (Clemente et al., 2005; Nass et al., 2007).

Nesse contexto, a Embrapa Cerrados coordenou um grande esforço nacional para avaliação e prospecção de espécies nativas com potencial para

produção de óleo vegetal para biocombustível liderando os projetos *Novas oleaginosas como de matéria-prima para produção de biodiesel – 2007*, financiado pela Finep, e *Prospecção, domesticação e seleção de novas oleaginosas para produção de biodiesel – 2010*, financiado pela Petrobrás. Esses projetos tiveram grande impacto técnico/científico e retomaram, de maneira contumaz, a discussão científica em torno de espécies com potencial produtivo, indicando as principais vantagens e deficiências de cada espécie. Das espécies estudadas, destacaram-se a macaúba, o pequi, a tucumã e a fevilha (Figura 1). Os trabalhos na Embrapa Cerrados têm tido continuação, para acompanhar e participar da evolução tecnológica, no campo, em culturas agroenergéticas, com destaque para domesticação de espécies oleaginosas alternativas; em soluções tecnológicas, como o uso da irrigação no cultivo do dendê e a seleção de novas cultivares para o cerrado; e em estudos relacionados ao sistema de cultivo da cana-de-açúcar no cerrado.



Fotos/montagem: Léo Duc Haa Carson Schwartzaupt da Conceição

Figura 1. Espécies incluídas em projetos para obtenção de novas fontes oleaginosas.

Macaúba

A macaúba, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart., é uma palmeira nativa das florestas tropicais e amplamente dispersa no território brasileiro (Lorenzi et al., 2004) (Figura 2). Trabalhos têm aferido o potencial de uso da macaúba para produção de biodiesel pelo elevado conteúdo de óleo em seus frutos (Conceição et al., 2015), além da qualidade para indústria de alimentos, cosméticos e fármacos (Andrade et al., 2006). Outros usos são relatados, como fabricação de sabão, as folhas como volumoso na alimentação animal e os frutos para consumo humano (Brasil, 1985). Na região do Pantanal, a farinha da polpa é utilizada para preparo de produtos comestíveis (Ciconini et al., 2013).



Foto: Léo Duc Haa Carson Schwartzhaupt da Conceição

Figura 2. Experimento de adubação e irrigação de macaúba. Planaltina, DF, 2015.

A Embrapa Cerrados atuou na coordenação de grandes projetos em nível nacional que envolveram espécies potenciais e, como resultado dos primeiros projetos, a macaúba foi apontada como a mais promissora oleaginosa alternativa. Esses projetos abrangeram diversas ações de pesquisa nesta espécie, nas quais, a Embrapa Cerrados tem participação direta ou

indireta (suporte e fornecimento de matéria-prima) e muitas dessas ações ainda estão em andamento, tais como:

Recursos genéticos e melhoramento genético

- Levantamento de áreas de ocorrência de populações naturais por imagens de satélites no território brasileiro.
- Avaliações *in situ* de populações naturais de macaúba em diversas regiões e estimativas do potencial da espécie.
- Coleta de germoplasma, conservação, caracterização e avaliação dos acessos do Banco Ativo de Germoplasma de Macaúba da Embrapa Cerrados.
- Estudos relacionados à propagação via cultura de tecidos visando, à longo prazo, seleção de variedades clonais.

Desenvolvimento de sistema de produção

- Produção de mudas.
- Avaliação de fatores relacionados ao sistema de cultivo como adubação, irrigação, arranjos de densidade e espaçamento, e identificação de pragas e doenças potenciais.
- Identificação do ponto de colheita ideal, e estudos de pós-colheita.
- Desenvolvimento referente a sistemas integrados com lavoura e produção de animais.

Qualidade da matéria prima e processamento

- Caracterização do conteúdo de óleo de coletas realizadas em populações naturais.
- Avaliação da qualidade do óleo e do biodiesel produzido, e testes em motores.
- Determinação das condições adequadas de armazenamento e extração do óleo.
- Trabalhos relacionados ao aproveitamento de resíduos e coprodutos.

Análise sócio-econômica e impactos ambientais

- Estudos da cadeia produtiva.
- Viabilidade econômica e sistema de produção.
- Balanço energético e balanço de carbono.

Fevilha

O gênero *Fevillea* pertence à família Curcubitaceae e apresenta distribuição neotropical que ocorre ao longo das margens de rios e bordas de florestas primárias e secundárias e, ocasionalmente, em florestas inundáveis, formado por espécies trepadeiras, perenes e dioicas (Lima, 2010). Trabalhos recentes apontam duas espécies com potencial para produção de óleo: *F. cordifolia* e *F. trilobata*, comumente conhecidas como andiroba, nhandiroba, gindiroba, andiroba-de-rama, fava-de-Santo Inácio, guapeva e fevilha, dependendo da espécie e região de ocorrência (Tupinambá, 2007; Assis et al., 2009). *Fevillea cordifolia* é nativa da região amazônica, noroeste da América do Sul, incluindo estados da região Norte do Brasil, mas sua distribuição atinge o México, América Central e ilhas do Caribe (Lima, 2010). A *Fevillea trilobata* é uma planta típica da mata atlântica, com ocorrência desde a região nordeste até o sul do Brasil (Lima, 2010). Ambas espécies possuem um vasto emprego na medicina popular, além de relatos de sua aplicação na veterinária (Embrapa Florestas, 2004), e potencial de uso na indústria de cosméticos, alimentação humana e farmacêutica (Xavier Filho et al., 2008).

Estimativas apontam o potencial produtivo de aproximadamente 7 t/ha de sementes e o rendimento industrial de extração de óleo da semente é de 45%, podendo chegar a 3 t/ha de óleo. Trata-se de uma espécie nativa, amplamente adaptada, altamente produtiva, com alto teor de óleo, de propagação vegetativa, ciclo produtivo rápido, rica em proteína com possibilidades de aproveitamento do resíduo (Teles et al., 2012; Lima et al., 2012a; 2012b) (Figura 3). Atualmente, novas ações de pesquisa lideradas pela Embrapa Cerrados foram iniciadas com os projetos *Desenvolvimento de siste-*

ma de produção e obtenção de seleções promissoras de fevilha, visando a produção de óleo para biocombustível – 2012, financiado pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário e *Bioprospecção e seleção de germoplasma de fevilha (Fevillea spp.)* – 2013, financiado pelo CNPq, visando promover o processo de domesticação e cultivo racional, desenvolver processos biotecnológicos e gerenciar o recurso genético disponível com estabelecimento de um Banco Ativo de Germoplasma de Fevilha.



Foto: Léo Duc Haa Carson Schwartzhaupt da Conceição

Figura 3. Experimento de fevilha cultivada, Embrapa Cerrados. Planaltina, DF, 2013.

Dendê irrigado

O dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq.) é uma palmeira originada da África, cultivada no Brasil desde o século 17, primeiramente, na Bahia, e depois, no Pará e em outros estados da região amazônica (Müller; Alves, 1997). O Estado do Pará possui a principal matriz para produção nacional de óleo de dendê cuja produção desponta entre 4 t/ha/ano e 6 t/ha/ano (Valois, 1997). O dendê é a oleaginosa de maior produtividade no mundo e a principal espécie fornecedora para o mercado de óleo global (Figura 4).



Foto: Jorge Cesar dos Anjos Antonini

Figura 4. Experimento de dendê irrigado no cerrado. Planaltina, DF, 2013.

A pesquisa com o dendê irrigado na Embrapa Cerrados foi iniciada pela participação com atividades em vários projetos de abrangência nacional, financiados pelo Prodetab, Finep e Petrobrás, desde sua implantação em 2004. A partir de 2010, a Embrapa Cerrados passou a coordenar projetos específicos para o tema dendê irrigado: *Avaliação técnica de quatro cultivares de dendezeiro (*Elaeis guineensis jacq.*) cultivadas sob irrigação no cerrado do Estado do Tocantins e do Distrito Federal – 2010*, financiado pelo CNPq e *Avaliação agrônômica, econômica e estabelecimento de parâmetros de manejo da água na irrigação de dendezeiro, cultivadas em áreas subótimas dos estados do Mato Grosso, Tocantins, Piauí e Distrito Federal – 2011*, financiado pela Embrapa. Os resultados preliminares mostraram que é possível produzir dendê em áreas de altitude elevada, verão chuvoso, inverno seco, temperaturas médias entre mínimas de 16 °C e máximas de 26 °C, com acentuado déficit hídrico no inverno. A Embrapa Cerrados lidera pesquisas desenvolvidas no Distrito Federal e em unidades experimentais no Mato Grosso, Piauí e Tocantins, avaliando o comportamento de materiais sob as condições de plantio irrigado (Antonini et al., 2013). Os resultados de 10 anos de avaliação da fase produtiva determinarão a melhor cultivar e o melhor manejo de irrigação para a cultura do dendê e a viabilidade do seu cultivo fora da região Amazônica.

Principais tecnologias geradas

Muitas das tecnologias geradas por ações de P&D&I, seja em espécies nativas potenciais, seja no dendê cultivado sob irrigação no cerrado, ainda estão em desenvolvimento e não acabadas ou validadas. Contudo, são iniciativas de pesquisa com elevado potencial, altamente promissoras e indicam que futuramente poderão contribuir de forma significativa para matriz energética do Brasil. Abaixo imagens dos bancos de germoplasma de espécies potenciais (Figuras 5, 6 e 7).



Fotos: Léo Duc Haa Carson
Schwartzhaupt da Conceição

Figura 5. Bancos Ativos de Germoplasma de Fevilha e Macaúba da Embrapa Cerrados. Planaltina, DF, 2016.



Figura 6. Publicações com a participação de pesquisadores da Embrapa Cerrados no tema macaúba. Documento do Ministério do Desenvolvimento Agrário de recomendações para boas práticas para o extrativismo da macaúba (2014) e capítulo do livro *Palmeiras Nativas do Brasil* (2015), intitulado *Macaúba*.



Figura 7. Publicações Embrapa no tema Agroenergia. Planaltina, DF.

Na Tabela 1, são listadas as principais soluções tecnológicas desenvolvidas no tema Agroenergia, os quais foram apresentados na *Reunião Anual de Apresentação de Resultados da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos*.

Tabela 1. Processos, produtos e serviços desenvolvidos no tema Agroenergia apresentados na *Reunião Anual de Apresentação de Resultados da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos*, inseridos no Sistema GESTEC.

| Nº | Solução tecnológica | Tipo |
|----|--|--|
| 1 | Modelos de simulação e suas possíveis aplicações no estudo econômico do biodiesel | Serviço/Análise-Levantamento |
| 2 | Cooperativas de Nova Geração e a Agroenergia no Brasil | Cooperativas de Nova Geração e a Agroenergia no Brasil |
| 3 | Comprimento de raízes de dendê irrigado por microaspersão no cerrado utilizando imagens digitais | Processo/Prática agropecuária |
| 4 | Evapotranspiração e coeficiente de cultivo na fase produtiva da palma de óleo (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.), nas condições de clima tropical de savana | Processo/Prática agropecuária |
| 5 | Distribuição vertical e horizontal da área de raízes de cultivares de dendezeiro irrigado nas condições edafoclimáticas do Distrito Federal | Processo/Prática agropecuária |
| 6 | Parâmetros de irrigação durante o período seco em plantas jovens de dendê, cultivadas no cerrado | Processo/Prática agropecuária |
| 7 | Produtividade de óleo da palma de óleo cultivada com irrigação suplementar nas condições de clima tropical de savana | Processo/Prática agropecuária |
| 8 | Consumo de água de irrigação e produtividade da palma de óleo cultivada nas condições edafoclimáticas de savana tropical | Processo/Prática agropecuária |
| 9 | Mapeamento de populações naturais de macaúba | Serviço/Mapeamento-Zoneamento |
| 10 | Avaliação de populações naturais e potencial produtivo da macaúba | Serviço/Análise-Levantamento |
| 11 | Diversidade genética em populações naturais de macaúba | Serviço/Análise-Levantamento |

Continua...

Tabela 1. Continuação.

| Nº | Solução tecnológica | Tipo |
|----|--|--|
| 12 | Banco Ativo de Germoplasma de Macaúba da Embrapa Cerrados | Ativo de base tecnológica/Banco de germoplasma |
| 13 | Caracterização dos acessos do Banco Ativo de Germoplasma de Macaúba | Ativo de base tecnológica/Banco de caracteres |
| 14 | Propagação <i>in vitro</i> em macaúba | Processo/Prática agropecuária |
| 15 | Recomendações técnicas para boas práticas do extrativismo da macaúba | Processo/Prática agropecuária |
| 16 | Avaliação do potencial produtivo da fevilha | Processo/Prática agropecuária |
| 17 | Banco Ativo de Germoplasma de Fevilha da Embrapa Cerrados | Ativo de base tecnológica/Banco de germoplasma |

Fonte: Embrapa, 2015.

Produtos, processos e serviços descritos no portfólio de tecnologias da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos

- 1) Análise de Modelos de Simulação e suas Possíveis Aplicações no Estudo Econômico do Biodiesel
- 2) Avaliação da Produtividade de Óleo da Palma de Óleo Cultivada com Irrigação Suplementar nas Condições de Clima Tropical de Savana
- 3) Avaliação de Parâmetros de Irrigação Durante o Período Seco em Plantas Jovens de Dendê, Cultivadas no Cerrado
- 4) Avaliação do Comprimento de Raízes de Dendê Irrigado por Microaspersão no Cerrado Utilizando Imagens Digitais

- 5) Estimativa da Evapotranspiração e Coeficiente de Cultivo na Fase Produtiva da Palma de Óleo (*Elaeis guineensis* Jacq.), nas Condições de Clima Tropical de Savana
- 6) Estimativa de Consumo de Água de Irrigação e Produtividade da Palma de Óleo Cultivada nas Condições Edafoclimáticas de Savana Tropical
- 7) Recolhimento de Palhicho para Geração de Energia na Cultura de Cana-de-açúcar no Cerrado: primeira aproximação
- 8) Recomendações para Adoção do Sistema Plantio Direto na Cultura da Cana-de-açúcar no Cerrado
- 9) Recomendações Técnicas para Manejo da Compactação do Solo em Soqueiras de Cana-de-açúcar no Cerrado

Referências

ANDRADE, M. H. C.; VIEIRA, A. S.; AGUIAR, H. F.; CHAVES, J. F. N.; NEVES, R. M. P. S.; MIRANDA SANTOS, T. L.; SALUM, A. Óleo do fruto da palmeira macaúba Parte I: uma aplicação potencial para indústrias de alimentos, fármacos e cosméticos. In: ENCONTRO BRASILEIRO SOBRE TECNOLOGIA NA INDÚSTRIA QUÍMICA, 2.; SEMINÁRIO ABIQUIM DE TECNOLOGIA, 3., 2006, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABEQ, 2006. v.1.

ANTONINI, J. C. A.; JUNQUEIRA, N. T. V.; MALAQUIAS, J. V.; VELOSO, R. F.; SANZONOWICZ, C.; SUESS, R. C.; GOMES, J. G. Consumo de água de irrigação e produtividade da palma de óleo cultivada nas condições edafoclimáticas de savana tropical. In: WORKSHOP AGROENERGIA: MATÉRIAS PRIMAS, 7, 2013, Ribeirão Preto. **Resumos...** Ribeirão Preto: APTA, 2013.

ASSIS, L. B.; FERREIRA E. J. L.; REGIANI, A. M. Densidade e estrutura populacional da andiroba-de-rama (*Fevillea cordifolia* L. *Curcubitaceae*), uma oleaginosa nativa da Amazônia com potencial para a produção de biodiesel. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 9., 2009, São Lourenço, MG. **Anais...** São Lourenço, MG, 2009.

PRODUÇÃO de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais. Brasília, DF: Ministério da Indústria e do Comércio, 1985. 364 p. (Documentos, 16).

CICONINI, G.; FAVARO, S. P.; ROSCOE, R.; MIRANDA, C. H. B.; TAPETI, C. F.; MIYAHIRA, M. A. M.; BEARARI, L.; GALVANI, F.; BORSATO, A. V.; COLNAGO, L. A.; NAKA, M. H. Biometry and oil contents of *Acrocomia aculeata* fruits from the Cerrados and Pantanal biomes in Mato Grosso do Sul, Brazil. **Industrial Crops and Products**, v. 45, p. 208-214, 2013.

CLEMENT, C. R.; LLERAS, E.; VAN LEEUWEN, J. O potencial das palmeiras tropicais no Brasil: acertos e fracassos das últimas décadas. **Agrociências**, v. 9, p. 67-71, 2005.

CONCEIÇÃO, L. D. H. C. S.; ANTONIASSI, R.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F.; FARIA-MACHADO, A. F.; ROGÉRIO, J. B.; DUARTE, I. D.; BIZZO, H. R. Genetic diversity of macauba from natural populations of Brazil. **BMC Research Notes**, v. 8, n. 406, 2015.

EMBRAPA FLORESTAS. **Nhandiroba *Fevillea trilobata* L.** 2004. Disponível em: http://www.cnpf.embrapa.br/publica/folders/Nhandiroba,_2004.pdf. Acesso em: 20 dez. 2015.

EMBRAPA. **Produtos, processos e serviços.** 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/produtos-processos-e-servicos>. Acesso em: 20 dez. 2015.

FARIA-MACHADO, A. F.; TRES, A.; VAN RUTH, S. M. ; ANTONIASSI, R. ; JUNQUEIRA, N. T. V. ; LOPES, P. S. N. ; BIZZO, H. R. Discrimination of pulp oil and kernel oil from Pequi (*Caryocar brasiliense*) by fatty acid methyl esters fingerprinting, using GC-FID and multivariate analysis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 63, p. 10064-10069, 2015

LEITE, R. C. C.; LEAL, M. R. L. O biocombustível no Brasil. **Novos Estudos**, v. 78, p. 15-21, 2007.

LIMA, C. A.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F.; CONCEICAO, L. D. H. C. S. Potencial da fevilha (*Fevillea trilobata*) visando à produção de biocombustíveis. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 5.; CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 8., 2012, Salvador, BA. **Anais...** Lavras, UFLA, 2012a.

LIMA, C. A.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F.; CONCEICAO, L. D. H. C. S. Propagação vegetativa em fevilha (*Fevillea trilobata*). In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 5.; CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 8., 2012, Salvador, BA. **Anais...** Lavras, UFLA, 2012b.

LIMA, L. F. P. **Estudos taxonômicos e morfológicos em cucurbitaceae brasileiras.** 2010. 246 f. Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M., COSTA, J. T. M; CERQUEIRA, L. S. C.; FERREIRA, E. **Palmeiras Brasileiras e Exóticas Cultivadas.** Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum. 2004. 432 p.

MELLO, F. O. T.; PAULILO, L. F.; VIAN, C. E. F. O biodiesel no Brasil: panorama, perspectivas e desafios. **Informações Econômicas**, v. 37, n. 1, p. 28-40, 2007.

MÜLLER, A. A.; ALVES, R. M. **A dendeicultura na Amazônia Brasileira.** Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 1997. 44 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 91).

NASS, L. L.; PEREIRA, P. A. A.; ELLIS, D. Biofuels in Brazil: an overview. **Crop Science**, v. 47, p. 228-2237, 2007.

NUNES, J. L.; ALVES, T. W. Produção de biodiesel de dendê nos sistemas isolados do amazonas: um meio para geração de desenvolvimento sócio-econômico para o estado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 4.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS, 1., 2010, João Pessoa. **Inclusão social e energia:** anais. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010.

SILVA, E. M. P.; SAKATSUME, F. A Política Brasileira de Biocombustíveis. In: PUBLIC POLICIES: The Brazilian Agriculture and Agro-Energy Polices. Tema 3: The Brazilian Biofuels Policy. Brasília: Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, 2007.

STCP. **Diagnóstico da Produção do Biodiesel no Brasil**. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/item_4.pdf. Acesso em: 24 de fev de 2014.

TELES, D. A. A.; CONCEICAO, L. D. H. C. S.; JUNQUEIRA, N. T. V.; LIMA, C. A.; OLIVEIRA, R. R.; BRANDAO, L. S.; ASSIS, J. F. Desempenho de um acesso de fevilha (*Fevillea trilobata*) nativo do cerrado em relação a produtividade. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA CERRADOS: JOVENS TALENTOS 2012, 2012, Planaltina, DF. **Resumos...** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2012. p. 69. (Embrapa Cerrados. Documentos, 313).

TELES, D. A. do A.; BRAGA, M. F.; ANTONIASSI, R.; JUNQUEIRA, N. T. V.; PEIXOTO, J. R.; MALAQUIAS, J. V. Yield analysis of Oil Palm cultivated under irrigation in the Brazilian Savanna. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, n. 93, p. 193-199, 2016.

TUPINAMBA, E. A.; NOGUEIRA, L. C.; CUNHA, K.; RODRIGUES, S. A.; XAVIER-FILHO, L. Possibilidades da produção de biodiesel a partir de sementes de *Fevillea trilobata* L. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 2., 2007, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: MCT: ABIPTI, 2007. v.1. p. 96-97.

VALOIS, A. C. C. **Possibilidades da cultura do dende na Amazonia**. Brasília, DF: Embrapa-CENARGEN, 1997. 7p. (Embrapa-CENARGEN. Comunicado Técnico, 19).

WANDECK, F. A.; JUSTO, P. G. A macaúba, fonte energética e insumo industrial: sua significação econômica no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, SAVANAS, 6. 1982, Brasília, DF e EMBRAPA-CPAC, 1982. **Anais...** Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1982. p. 541-577.

XAVIER FILHO, L.; RODRIGUES, S. A.; CARDOSO, J. C.; SOARES, C. M. F.; LOPES, J. F.; TUPINAMBÁ, E. A.; BASMAJI, P. Processo de obtenção de extrato vegetal da semente da nhandiroba e biodiesel. BR n. PI0602332-0A, 2008.



Capítulo

15

Fixação Biológica de Nitrogênio

Fábio Bueno dos Reis Junior

Iêda de Carvalho Mendes

Introdução

Entre os nutrientes minerais essenciais às plantas, o nitrogênio (N) é o mais caro, o que consome mais energia e, potencialmente, o mais poluente, sendo geralmente de maior limitação à produção vegetal (Hungria et al., 2007). No entanto, no Brasil, o uso do nitrogênio é bem menor quando comparado a outros países, o que se deve, em parte, à utilização e à busca por sistemas produtivos que se beneficiem da fixação biológica do nitrogênio (FBN) (Mendes et al., 2010).

A FBN é considerada, após a fotossíntese, o mais importante processo biológico do planeta, sendo fundamental para vida na terra. É baseada no fato de que alguns microrganismos especiais, conhecidos como microrganismos fixadores de N_2 , também chamados de diazotróficos, são capazes de quebrar a tripla ligação que une os dois átomos de nitrogênio atmosférico (N_2), transformando-o em amônia, que é assimilável pelas plantas. Se a associação entre estes microrganismos e as plantas for eficiente, o nitrogênio fixado pode suprir quase todas as necessidades do vegetal, dispensando o

uso de fertilizantes nitrogenados e oferecendo, assim, vantagens econômicas e ecológicas.

O exemplo mais conhecido consiste na simbiose de bactérias da ordem Rhizobiales, denominadas corriqueiramente como rizóbios, com plantas da família Leguminosae. Nesse caso, as bactérias diazotróficas se associam simbioticamente às plantas, formando estruturas especializadas nas raízes chamadas nódulos, nos quais ocorre o processo de FBN. Ainda nos nódulos, a amônia sintetizada são rapidamente incorporados íons hidrogênio (H^+), abundantes nas células das bactérias, transformando-a em íons amônio (NH_4^+), que serão distribuídos para a planta hospedeira e incorporados em diversas formas de N orgânico, como os ureídeos, aminoácidos e amidas (Hungria et al., 2007).

Um pouco da história das pesquisas com FBN na Embrapa Cerrados

O grupo de pesquisa em Microbiologia do Solo da Embrapa Cerrados foi criado em 1975, praticamente junto com a fundação deste centro de pesquisa (Figura 1). O início dos trabalhos coincidiu com a expansão da cultura da soja no Cerrado e concentrou-se exatamente na busca por estirpes de bactérias fixadoras de nitrogênio eficientes e adaptadas às condições do Brasil Central. O objetivo principal desses estudos era colaborar para o aumento da produtividade da soja, visando fornecer todo o nitrogênio necessário para as plantas via fixação biológica. Naquele momento, os solos não possuíam população estabelecida de rizóbios capazes de nodular de modo eficaz a soja. Além disso, existia um problema de incompatibilidade das estirpes nos inoculantes comercializados com a cultivar recomendada IAC-2 e a qualidade dos inoculantes era questionável, estando aquém dos padrões desejados.



Foto: Arquivo Embrapa Cerrados

Figura 1. Equipe do Laboratório de Microbiologia do Solo da Embrapa Cerrados recebe a ilustre visita de Dra. Johanna Döbereiner (1989).

Principais tecnologias geradas

Em 1980, o grupo da Embrapa Cerrados, em trabalho conjunto com a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), selecionou para utilização no inoculante comercial para soja as estirpes de *Bradyrhizobium elkanii* 29W (SEMIA 5019) e SEMIA 587, que surgiram como solução para os problemas citados anteriormente (Peres; Vidor, 1980; Vargas; Suhel, 1980). Com a inclusão dessas duas estirpes nos inoculantes comerciais, foi possível viabilizar o cultivo da soja no Cerrado brasileiro sem o uso de fertilizantes nitrogenados e com produtividade semelhante à obtida na região Sul à época.

Treze anos depois do lançamento das estirpes 29W e SEMIA 587, grande parte das áreas plantadas com soja já tinha sido inoculada e apresentava população estabelecida de *Bradyrhizobium*, mas a continuidade dos trabalhos de pesquisa culminou com o lançamento, em 1993, de uma estirpe de *Bradyrhizobium japonicum*, a CPAC 15 (SEMIA 5079) e outra de *B. diazoefficiens*, a CPAC-7 (SEMIA 5080), que se mostraram mais eficientes

que as estirpes lançadas anteriormente (Peres et al., 1993). Ainda hoje, são essas as quatro estirpes recomendadas para o inoculante comercial de soja no Brasil (Figura 2).



Foto: José Roberto Rodrigues Peres

Figura 2. Ensaio conduzido em área de primeiro cultivo de soja, comparando plantas não inoculadas (primeiro plano) com plantas inoculadas com estirpes eficientes (segundo plano).

Outros trabalhos importantes que foram conduzidos na Embrapa Cerrados se devem ao fato de que, no início da expansão do cultivo da soja no Cerrado, havia o temor, por parte dos agricultores, de que somente a inoculação não seria suficiente para suprir todo o nitrogênio necessário para se alcançar boas produtividades. No entanto, várias pesquisas realizadas na década de 1980 demonstraram que, utilizando-se um inoculante de boa qualidade, a prática da adubação nitrogenada na semeadura da soja era totalmente desnecessária (Vargas; Suhel, 1980; Vargas et al., 1982). Outros resultados da Embrapa Cerrados e seus parceiros confirmaram que não há a necessidade da utilização de doses de “arranque” de adubo nitrogenado na semeadura visando superar possíveis problemas relacionados à imobilização do N mineral do solo e/ou à competição inicial com ervas daninhas, tanto em áreas de plantio direto quanto de plantio convencional (Hungria et al. 1997; Mendes et al., 2003). No entanto, o lançamento de cultivares com

teto elevado de produtividade e resultados de pesquisas conduzidas nos Estados Unidos, evidenciando resposta da soja inoculada à aplicação tardia de nitrogênio no pré-florescimento e no início do enchimento de grãos, voltaram a gerar dúvidas sobre a necessidade de adubar a soja brasileira com nitrogênio. Diante disso, diversos experimentos foram conduzidos pela Embrapa Cerrados e Embrapa Soja reforçando, mais uma vez, os benefícios econômicos que resultam da substituição dos fertilizantes nitrogenados pela inoculação com rizóbio e indicando que não existe razão para a utilização desses insumos em nenhum estágio do cultivo da soja no Brasil (Mendes et al., 2008). Vale ressaltar que esses experimentos também serviram para confirmar a importância da reinoculação (inoculação de áreas que já foram inoculadas anteriormente), responsável por um ganho de produtividade da soja em torno de 7% (Hungria et al., 2007). A substituição da fertilização nitrogenada pela FBN, nos mais de 30 milhões de hectares cultivados com soja no Brasil, gera uma economia anual de cerca de 15 bilhões de dólares (Hungria; Mendes, 2015), dependendo do preço do fertilizante e cotação da moeda americana”.

Ao contrário da soja, existem estirpes de rizóbio nativas nos solos brasileiros capazes de nodular o feijoeiro (Mercante et al., 1998; Stralio et al., 1999; Andrade et al., 2002; Grange et al., 2007) e que, geralmente, são de baixa eficiência fixadora (Grange et al., 2007). Por essa razão, a resposta do feijoeiro à inoculação varia em função do solo, do histórico de cultivo da área e de outros fatores bióticos (doenças e pragas) e abióticos (temperatura elevada do solo e deficiência hídrica). Apesar dos resultados de pesquisa promissores obtidos por meio da inoculação, que demonstram a importância da FBN para a cultura do feijoeiro, o nível de adoção dessa tecnologia pelos agricultores ainda é baixo. Trabalhos conduzidos pela equipe da Embrapa Cerrados, entre outros, têm demonstrado que a adoção da inoculação com estirpes selecionadas pela pesquisa, aliada ao uso de cultivares melhoradas, a técnicas de manejo integrado de pragas e de doenças e de correção e de adubação do solo poderá, no mínimo, duplicar a média de produtividade nacional a um baixo custo para o agricultor (Mendes et al., 1994; Hungria et al., 2003). Mendes et al. (2007) também desenvolveram um trabalho com

agricultores de assentamentos de reforma agrária no Município de Unaí, MG e foi possível mostrar que a inoculação do feijoeiro é uma alternativa viável para o aumento da produtividade da cultura naquelas condições de carência de recursos e baixa adoção de tecnologia (Figura 3).



Figura 3. Publicação da Embrapa Cerrados sobre a inoculação do feijoeiro em assentamentos de reforma agrária no Município de Unaí, MG (Mendes et al., 2007).

Ao mesmo tempo em que eram desenvolvidos os trabalhos de seleção de estirpes de bactérias fixadoras de nitrogênio para a cultura da soja e do feijoeiro, outras leguminosas também se tornaram alvo das pesquisas da Embrapa Cerrados (Figura 4). Estirpes dessas bactérias capazes de formar uma simbiose eficiente com plantas de ervilha (Peres et al., 1984; Vargas et al., 1994a), lentilha (Vargas et al., 1994a; 1994b), leucena (Peres et al., 1980; Vargas et al., 1994a), amendoim-forrageiro (Purcino et al., 2000) e adubos verdes, foram selecionadas, registradas no Mapa e hoje podem ser encontradas nas coleções de rizóbios oficiais, que são responsáveis pela distribuição dessas bactérias para as companhias produtoras de inoculante interessadas.



Fotos: José Roberto Rodrigues Peres

Figura 4. Experimentos de seleção de estirpes de bactérias fixadoras de nitrogênio conduzidos na Embrapa Cerrados. A – Ervilha (*Pisum sativum*); B – Leucena (*Leucaena leucocephala*); C – Ervilha (*Pisum sativum*); D – Mucuna-cinza (*Mucuna pruriens*).

Além dos trabalhos de seleção de estirpes, foram realizadas pesquisas envolvendo o manejo da inoculação, como a escolha das melhores doses de inoculante e formulações para se inocular as sementes, entre outros. Um exemplo desses trabalhos, desenvolvidos na Embrapa Cerrados, diz respeito à abertura de novas áreas para o cultivo da soja no Cerrado, onde as taxas de insucessos no primeiro ano eram altas, devido a fatores químicos e biológicos do solo e, principalmente, a qualidade dos inoculantes. Nesse caso, se estudou a possibilidade de estabelecimento de populações de rizóbios no solo, no ano anterior ao cultivo da soja. Para isso, foi recomendada a inoculação do arroz, que era utilizado como cultura pioneira no Cerra-

do. Dessa maneira, os rizóbios se estabeleceriam saprofiticamente no solo, aproveitando-se de substâncias exsudadas pelas plantas e da matéria orgânica. Com isso, a nodulação da soja inoculada de primeiro ano aumentava e, conseqüentemente, a planta obtinha mais benefícios da FBN, apresentando ganhos de produtividade (Peres et al., 1989). Atualmente, embora a abertura de novas áreas não seja comum e a qualidade dos inoculantes tenha melhorado significativamente, essa prática pode ser interessante nas áreas de pastagens degradadas incorporadas ao sistema produtivo por meio da integração lavoura-pecuária. Nesse caso, a inoculação do milheto, da braquiária e dos adubos-verdes garantiria o estabelecimento de uma população de rizóbios no solo, minimizando as chances de problemas com a nodulação no primeiro cultivo de soja.

Entre as pesquisas desenvolvidas na última década envolvendo a simbiose entre bactérias fixadoras de nitrogênio e plantas leguminosas, também podemos citar os estudos que ajudaram a confirmar que não são apenas *Rhizobium* e bactérias de gêneros correlatos que podem nodular leguminosas. Em parceria com pesquisadores de diferentes unidades da Embrapa e universidades brasileiras e do Reino Unido, foi coordenado um projeto para o estudo da ocorrência e capacidade simbiótica de β -rizóbios associados com plantas nativas pertencentes ao gênero *Mimosa*, do qual o Cerrado é o maior centro de diversidade. Os resultados mostraram que a nodulação nessas plantas é decorrente, em sua grande maioria, da simbiose com bactérias do gênero *Paraburkholderia* (Figura 5) e que a fixação biológica promovida por essa interação, provavelmente, é valiosa para a ciclagem do N em áreas com vegetação nativa no bioma Cerrado (Reis Junior et al., 2010).

Diante do cenário que hoje se apresenta, a atuação futura da Embrapa Cerrados, dando continuidade aos trabalhos com FBN, deve necessariamente abranger temas como: a resposta da soja e outras culturas inoculadas ao novo cenário promovido pelas mudanças climáticas globais; as respostas à inoculação em áreas com populações estabelecidas de bactérias diazotróficas; a continuidade da seleção de estirpes com elevada eficiência fixadora e

alta capacidade competitiva; a coinoculação de plantas com bactérias diazotróficas e outras promotoras de crescimento vegetal; a fixação de nitrogênio em genótipos de plantas transgênicas; a pré-inoculação de sementes; a compatibilidade dos inoculantes com fungicidas, inseticidas, nematicidas e micronutrientes normalmente utilizados no tratamento de sementes; novas formulações e formas de aplicação de inoculantes.



Fotos: Fábio Bueno dos Reis Junior

Figura 5. Avaliação da capacidade simbiótica em casa-de-vegetação. *M. pudica* inoculada com o isolado W41 (*Paraburkholderia atlantica*) comparada com o controle não inoculado.

Na Tabela 1, são listados os principais produtos tecnológicos desenvolvidos pela equipe de microbiologia do solo em sua história e lançados pelo grupo de trabalho *Fixação Biológica de Nitrogênio*, os quais foram apresentados na *Reunião Anual de Apresentação de Resultados da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos*. São listadas as tecnologias que foram inseridas no Sistema GESTEC e disponibilizadas para a sociedade por meio do Portal da Embrapa (Embrapa, 2015).

O investimento na pesquisa e na difusão de tecnologias envolvendo a fixação biológica de nitrogênio por meio de estudos multidisciplinares e in-

tegrados em áreas como microbiologia, ciência do solo, melhoramento de plantas, manejo de culturas, transferência de tecnologia, extensão rural, entre outros, trouxe grande benefício para a agricultura brasileira, não apenas aumentando a produção de alimentos, mas reduzindo o uso de energia fóssil e a contaminação dos recursos hídricos, proporcionada pela diminuição do uso de fertilizantes nitrogenados industriais.

Homenagens e reconhecimentos

Os autores gostariam de homenagear os colegas pesquisadores pioneiros nos estudos de fixação biológica de nitrogênio da Embrapa Cerrados. Os trabalhos de pesquisa realizados por eles a partir de 1975 foram essenciais para a viabilização do cultivo de soja nos solos do Cerrado. José Roberto Rodrigues Peres foi responsável pelo isolamento da estirpe 29W na antiga Unidade de Apoio à Pesquisa em Biologia do Solo (EMBRAPA-UAPNBS), atual Embrapa Agrobiologia, em Seropédica-RJ. Com base na sua dissertação de mestrado, sob a orientação do Professor Caio Vidor (UFRGS), foram selecionadas as estirpes 29W e 587 para a produção do inoculante comercial para a soja em 1980. Posteriormente, em 1985, Peres observou pela primeira vez, no campo experimental da Embrapa Cerrados, um aumento expressivo na ocorrência de estirpes do serogrupo 566, mesmo em áreas onde essa estirpe nunca havia sido inoculada. A partir dessa observação foi isolada a estirpe CPAC 15 (SEMIA 5079, pertencente ao serogrupo 566) que, juntamente com a estirpe CPAC 7 (SEMIA 5080), pertencente ao serogrupo (CB 1809), foi incluída na recomendação de estirpes para a produção dos inoculantes comerciais para a cultura da soja, em 1993. Peres também desenvolveu uma metodologia inovadora, simples e eficiente para o isolamento de estirpes de rizóbios de elevada eficiência fixadora a partir da atividade da nitrogenase em nódulos individuais e foi responsável pelo lançamento da estirpe CPAC V23 para o feijoeiro. Allert Rosa Suhet estudou aspectos do comportamento do nitrogênio nos solos e o manejo da adubação nitrogenada e de adubos verdes para o suprimento de nitrogênio às culturas. Milton Alexandre Teixeira Vargas estudou a fixação biológica de nitrogênio na

soja, feijão, leguminosas forrageiras e pulses, como grão de bico e lentilha. Não podemos deixar de destacar o apoio do time de craques do Laboratório de Microbiologia do Solo (Figura 6): Vilderete Castro Alves, Osmar Teago de Oliveira, Ademildo Santos da Silva, Emilio José Taveira, Maria das Dores Silva e Odete Justino dos Santos. A todos eles nosso reconhecimento e gratidão.



Foto: Arquivo Embrapa Cerrados

Figura 6. Em pé da esquerda para direita: Djalma Sousa; Milton Vargas, Jeanne Miranda, Odete Silva, Jose Peres, Allert Suhet, Ieda Mendes e Valter Lopes. Sentados da esquerda para direita: Vilderete Castro Alves, Emilio José Taveira, Maria das Dores Silva, Osmar Teago de Oliveira, Léo Miranda.

Tabela 1. Processos, produtos e serviços na área relacionada à Fixação Biológica de Nitrogênio, apresentados na *Reunião Anual de Apresentação de Resultados da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos*, inseridos no Sistema GESTEC e disponibilizados para a sociedade por meio do portal da Embrapa.

| Nº | Solução tecnológica | Tipo |
|----|---|-------------------------------|
| 1 | <i>Bradyrhizobium elkanii</i> – Estirpe 29W (SEMIA 5019) – para soja | Estirpe/cepa |
| 3 | <i>Bradyrhizobium elkanii</i> – Estirpe SEMIA 587 – para soja | Estirpe/cepa |
| 4 | <i>Bradyrhizobium diazoefficiens</i> – Estirpe CPAC 7 (SEMIA 5080) – para soja | Estirpe/cepa |
| 5 | <i>Bradyrhizobium japonicum</i> – Estirpe CPAC 15 (SEMIA 5079) – para soja | Estirpe/cepa |
| 6 | <i>Rhizobium tropici</i> – Estirpe CPAC H-12 (SEMIA 4088) – para feijão | Estirpe/cepa |
| 7 | <i>Rhizobium leguminosarum</i> bv. viceae – Estirpe CPAC-L12 (SEMIA 3026) – para lentilha | Estirpe/cepa |
| 8 | <i>Bradyrhizobium elkanii</i> – Estirpe DF-10 (SEMIA 6069) – para leucena | Estirpe/cepa |
| 9 | <i>Rhizobium</i> sp. – Estirpe DF-15 (SEMIA 6070) – para leucena | Estirpe/cepa |
| 10 | <i>Bradyrhizobium</i> sp. – Estirpe MGAP 13 (SEMIA 6440) – para amendoim forrageiro | Estirpe/cepa |
| 11 | <i>Bradyrhizobium japonicum</i> – Estirpe NC 230 (SEMIA 6439) para amendoim forrageiro | Estirpe/cepa |
| 12 | <i>Rhizobium leguminosarum</i> bv. viceae – Estirpe SEMIA 3007 – para ervilha | Estirpe/cepa |
| 13 | Recomendação para a não aplicação de fertilizantes nitrogenados na cultura da soja | Processo/Prática agropecuária |
| 14 | Recomendação para a reinoculação (inoculação a cada safra) na cultura da soja | Processo/Prática agropecuária |

Fonte: Embrapa, 2015.

Produtos, processos e serviços descritos no portfólio de tecnologias da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos

- 1) *Bradyrhizobium diazoefficiens* – Estirpe CPAC 7 (SEMIA 5080)
- 2) *Bradyrhizobium elkanii* – Estirpe 29W (SEMIA 5019)
- 3) *Bradyrhizobium elkanii* – Estirpe DF-10 (SEMIA 6069)
- 4) *Bradyrhizobium elkanii* – Estirpe SEMIA 587
- 5) *Bradyrhizobium japonicum* – Estirpe CPAC 15 (SEMIA 5079)
- 6) *Bradyrhizobium japonicum* – Estirpe NC 230 (SEMIA 6439) – Amendoim Forrageiro
- 7) *Bradyrhizobium* sp. – Estirpe MGAP 13 (SEMIA 6440)
- 8) Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) e Quantificação do Suprimento de Nitrogênio por Adubos Verdes
- 9) Fixação Biológica de Nitrogênio na Cultura da Soja na Região de Cerrado
- 10) *Rhizobium leguminosarum* bv. viceae – Estirpe CPAC-L12 (SEMIA 3026)
- 11) *Rhizobium leguminosarum* bv. viceae – Estirpe SEMIA 3007 – Ervilha
- 12) *Rhizobium* sp. – Estirpe DF-15 (SEMIA 6070)
- 13) *Rhizobium tropici* – Estirpe CPAC H-12 (SEMIA 4088)

Referências

- ANDRADE, D. S.; HUNGRIA, M. Maximizing the contribution of biological nitrogen fixation in tropical legume crops. In: FINAN, T. M.; O'BRIAN, M. R.; LAYZELL, D. B.; VESSEY, J. K.; NEWTON, W. (ed.). **Nitrogen fixation: global perspectives**. London: CAB International, 2002. p. 341-345.
- EMBRAPA. **Produtos, processos e serviços**. 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/produtos-processos-e-servicos>. Acesso em: 20 dez. 2015.
- GRANGE, L.; HUNGRIA, M.; GRAHAM, P. H.; MARTINEZ-ROMERO, E. New insights into the origins and evolution of rhizobia that nodulate common bean (*Phaseolus vulgaris*) in Brazil. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 39, p. 867-876, 2007.
- HUNGRIA, M., CAMPO, R. J., MENDES, I. C. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja**: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 80 p. (Embrapa Soja. Documentos, 283).
- HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. Benefits of inoculation of the common bean (*Phaseolus vulgaris*) crop with efficient and competitive Rhizobium tropici strains. **Biology and Fertility of Soils**, v. 39, p. 88-93, 2003.
- HUNGRIA, M.; MENDES, I. C. Nitrogen fixation with soybean: the perfect symbiosis? In: DE BRUIJN, F. (org.). **Biological nitrogen fixation**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2015. p. 1005-1019.
- HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T.; CAMPO, R. J.; GALERANI, P. R. **Adução nitrogenada na soja?** Londrina: Embrapa CNPSo, 1997. 4p. (Embrapa CNPSo. Comunicado Técnico, 57).
- MENDES, I.C.; HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T. Soybean response to starter nitrogen and Bradyrhizobium inoculation on a Cerrado Oxisol under no-tillage and conventional tillage systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p.81-87, 2003.
- MENDES, I. C.; REIS JUNIOR, F. B.; HUNGRIA, M. **20 perguntas e respostas sobre fixação biológica de nitrogênio**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010. 19 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 281).
- MENDES, I. C.; REIS JUNIOR, F. B.; HUNGRIA, M.; SOUSA, D. M. G.; CAMPO, R. J. Adução nitrogenada suplementar tardia em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 1053-1060, 2008.
- MENDES, I. C.; REIS JUNIOR, F. B.; MORAES, C. B.; HUNGRIA, M. **Inoculação do feijoeiro em Unaí, MG**: cartilha para o produtor rural. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. 16 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 175).
- MENDES, I. C.; SUHET, A. R.; PERES, J. R. R.; VARGAS, M. A. T. Eficiência fixadora de estirpes de rizóbio em duas cultivares de feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 18, n. 3, p. 421-426, 1994.

MERCANTE, F. M.; CUNHA, C. O.; STRALIOTTO, R.; RIBEIRO JÚNIOR, W.; VANDERLEYDEN, J.; FRANCO, A. A. *Leucaena leucocephala* as a trap-host for *Rhizobium tropici* strains from the Brazilian “Cerrado” region. **Revista de Microbiologia**, v. 29, p. 49-58, 1998.

PERES, J. R. R.; MENDES, I. C.; SUHET, A. R.; VARGAS, M. A. T. Eficiência e competitividade de estirpes de rizóbio para a soja em solos de Cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 17, p. 357-363, 1993.

PERES, J. R. R.; VARGAS, M. A. T.; SUHET, A. R. **Inoculação da ervilha com *Rhizobium leguminosarum* em solos de Cerrados**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1984. 4 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 33).

PERES, J. R. R.; VIDOR, C. Seleção de estirpes de *Rhizobium japonicum* e competitividade por sítios de infecção nodular em cultivares de soja. **Agronomia Sulriograndense**, v. 16, p. 205-219, 1980.

PERES, J. R. R.; SUHET, A. R.; VARGAS, M. A. T. Estabelecimento de *B. japonicum* num solo de Cerrado pela inoculação de sementes de arroz. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 13, p. 35-39, 1989.

PURCINO, H. M. A.; SÁ, N. M. H.; VARGAS, M. A. T.; MENDES, I. C. **Novas estirpes de rizóbio para a inoculação do amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*)**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2000. 2 p. (Embrapa Cerrados. Recomendações Técnicas, 20).

REIS JUNIOR, F. B. dos; SIMON, M. F.; GROSS, E.; BODDEY, R. M.; ELLIOTT, G. N.; NETO, N. E.; LOUREIRO, M. de F.; QUEIROZ, L. P. de; SCOTTI, M. R.; CHEN, W.-M.; NORÉN, A.; RUBIO, M. C.; FARIA, S. M. de; BONTEMPS, C.; GOI, S. R.; YOUNG, J. P. W.; SPRENT, J. I.; JAMES, E. K. Nodulation and nitrogen fixation by *Mimosa* spp. in the cerrado and caatinga biomes of Brazil. **New Phytologist**, v. 186, p. 934-946, 2010.

STRALIOTTO, R.; CUNHA, C. O.; MERCANTE, F. M.; FRANCO, A. A.; RUMJANEK, N. G. Diversity of rhizobia nodulating common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) isolated from Brazilian tropical soils. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 71, p. 3-11, 1999.

VARGAS, M. A. T.; MENDES, I. C.; PERES, J. R. R.; SUHET, A. R. Resposta da lentilha à inoculação e à adubação nitrogenada em um solo de cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 18, p. 147-149, 1994b.

VARGAS, M. A. T.; PERES, J. R. R.; SUHET, A. R. Adubação nitrogenada, inoculação e épocas de calagem para a soja em um solo sob Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 17, p. 1227-1132, 1982.

VARGAS, M. A. T.; SUHET, A. R. Efeitos de tipos e níveis de inoculantes na soja cultivada em um solo de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 15, p. 343-347, 1980.

VARGAS, M. A. T.; SUHET, A. R.; MENDES, I. C.; PERES, J. R. R. **Fixação Biológica de nitrogênio em solos de Cerrados**. [Planaltina] : Embrapa-CPAC/SPI, 1994a. 83 p.

Capítulo

16



Fruticultura para o Cerrado

Nilton Tadeu Vilela Junqueira

Fábio Gelape Faleiro

Tadeu Graciolli Guimarães

Maria Cristina Rocha Cordeiro

Ailton Vitor Pereira

Elainy Botelho Carvalho Pereira

José Teodoro de Melo

Helenice Moura Gonçalves

Sebastião Francisco Figueiredo

Herbert Cavalcante Lima

Introdução

A fruticultura possui grande importância econômica e social para o Brasil. Na economia brasileira, é um dos segmentos de destaque, pois o Brasil é o terceiro maior produtor de frutas do mundo, produzindo mais de 40 milhões de toneladas por ano. A fruticultura tem uma ampla cadeia produtiva, considerando tanto a produção de frutas in natura, como a industrialização de sucos e néctares. A produção brasileira atende o mercado interno (95% da produção total) e vem ganhando cada vez mais espaço no exterior aumentando o volume das exportações, o número de empresas exportadoras, as variedades das frutas e os países de destino das exportações. A importância social da fruticultura está relacionada a aproximadamente 5,6 milhões de empregos diretos o que representa 27% da mão de obra agrícola no País (Anuário..., 2016).

Diante dessa grande importância econômica e social, podemos dizer que, em razão das ações de pesquisa e desenvolvimento, a fruticultura brasileira vive um momento muito positivo devido à ampla variedade de

espécies melhoradas para o cultivo em todas as regiões do País, com alta produtividade, qualidade e diferentes formas de apresentação e de industrialização (Albuquerque; Silva, 2008). A adoção de eficientes sistemas de cultivo e de rastreamento, em sintonia com a responsabilidade social ambiental, impulsiona as cadeias produtivas exportadoras e amplia a oferta de frutas para a população brasileira (Anuário..., 2015).

A região do Cerrado tem uma grande importância para a fruticultura nacional. Atualmente, a participação do Cerrado na área plantada e na produção de frutas no Brasil representa aproximadamente 33%. Além da grande produção de frutas, a qualidade da maioria das espécies produzidas na região também é reconhecida, o que garante a competitividade dessas frutas no mercado interno e externo. Certamente, as pesquisas realizadas na Embrapa Cerrados com a fruticultura nos últimos 40 anos alavancaram a produção e melhoraram a produtividade e qualidade de frutas produzidas no Cerrado. Nesse período foi gerada uma série de orientações técnicas sobre sistemas de produção, desenvolveram-se e recomendaram-se cultivares de diferentes frutas para o Cerrado, além da realização de treinamentos e cursos de capacitação. Neste capítulo, é apresentado um pouco da história das ações de pesquisa e desenvolvimento em Fruticultura realizada na Embrapa Cerrados e parceiros, listando as principais soluções tecnológicas geradas e disponibilizadas para a sociedade.

Um pouco da história das pesquisas com fruticultura na Embrapa Cerrados

As ações de pesquisa e desenvolvimento e transferência de tecnologia em fruticultura na Embrapa Cerrados tiveram início em 1975, com a introdução das primeiras coleções de germoplasma de abacate, de manga e de citros. Em 1978, essas coleções foram ampliadas e iniciada a coleção de germoplasma de graviola. Nessa década, foram iniciados os primeiros trabalhos de melhoramento genético da manga, o qual é reconhecido no Brasil e no mundo. Alguns pesquisadores foram de grande importância no início das ações de pesquisa e desenvolvimento em fruticultura na Embrapa Cer-

rados, entre eles o Júlio Cezar Durigan, Pedro Jaime de Carvalho Genu, Alberto Carlos de Queiroz Pinto e Víctor Hugo Vargas Ramos (Figura 1).



Fotos: Acervo
Embrapa Cerrados

Figura 1. Pesquisadores pioneiros nas ações de pesquisa e desenvolvimento em fruticultura na Embrapa Cerrados: Júlio Cezar Durigan (A); Pedro Jaime de Carvalho Genu (B); Alberto Carlos de Queiroz Pinto (C); Víctor Hugo Vargas Ramos (D).

Na década de 1980, as pesquisas com manga, abacate e coco foram intensificadas e, na década de 1990, foram implantados os bancos de germoplasma de maracujá e pitaya. Nessa década, houve uma intensificação nas ações de pesquisa e desenvolvimento envolvendo o manejo integrado de pragas e de doenças, desenvolvendo alternativas de controle conforme descrito na Tabela 1, o que foi crucial para os sistemas de produção de frutas em ambiente tropical. Associado aos estudos dessas espécies, os pesquisadores iniciaram também as pesquisas com a domesticação de fruteiras nativas incluindo o pequi, a mangaba, o baru, o araticum, o araçá, entre outras. Com a contratação de novos pesquisadores, nos anos 2000, foram intensificadas as pesquisas com maracujá, banana, abacate, manga, acerola, sistemas de cultivos integrados, tecnologias de pós-colheita e processamento. A partir de 2005, as ações de pesquisa em fruticultura ganharam uma nova vertente relacionada ao uso de oleaginosas perenes como fonte para agroenergia.

Principais tecnologias geradas

As tecnologias geradas pelas ações de P&D&I com a fruticultura envolvem basicamente as recomendações técnicas e práticas para a melhoria dos sistemas de produção, o lançamento de cultivares e o desenvolvimento de processos, produtos e equipamentos.

O levantamento, identificação, caracterização e manejo de doenças foram realizados para praticamente todas as espécies frutíferas trabalhadas na Embrapa Cerrados (Figura 2). Essas pesquisas são de grande importância para os sistemas de produção, principalmente considerando o ambiente tropical.



Fotos/montagem: Fábio Gelape Faleiro

Figura 2. Principais frutíferas trabalhadas na Embrapa Cerrados nos seus 40 anos de história: abacate, acerola, banana, limão tahiti e outros citrus, coco, graviola e outras anonáceas, goiaba, manga, pitaya, maracujá-azedo e outras passifloras, pequi, mangaba, araticum, baru, açá entre outras frutíferas nativas do Cerrado.

As ações de pesquisa e desenvolvimento sobre a cultura da mangueira tiveram grande avanço, possivelmente porque tais ações estavam vinculadas a um programa de melhoramento genético realizado na Embrapa Cerrados desde a década de 1970. Os pesquisadores fizeram o levantamento da distribuição da malformação da mangueira no Cerrado, indicaram dosagens

de gesso, calagem e nutrientes para controlar o amolecimento interno da polpa e criaram tecnologia de recuperação de mangueiras por meio da sobre-enxertia. Durante as pesquisas, foram divulgadas instruções para uso de defensivos agrícolas, para o cultivo e para produção de mudas; indicação de porta-enxertos; técnicas para indução artificial de nanismo (redução de porte); recomendações para manejo de irrigação e ferti-irrigação na mangueira; e técnica de hibridação intervarietal. A equipe ainda selecionou híbridos de manga para o Cerrado, indicou cultivares para a região do Alto Paranaíba e lançou as cultivares BRS Alfa Embrapa 142, BRS Roxa 141, BRS Lita, BRS Ômega e BRS Beta.

Para os citros, foram definidos sistema de produção e tecnologia e comercialização. No caso da laranja, foi feita indicação de lâminas de irrigação para laranja no Cerrado e estabelecidas técnicas de porta-enxerto para laranja. Com os estudos com limão Tahiti, chegou-se ao lançamento da cultivar BRS Passos, em parceria com a Embrapa Mandioca e Fruticultura.

Em relação às mudas frutíferas, a equipe de pesquisadores elaborou cartilhas sobre produção de mudas e sobre pomar doméstico (formação e manejo) e contribuiu para a elaboração do documento com normas e padrões técnicos para produção e comercialização de mudas de frutíferas no Distrito Federal.

Foi formado banco de germoplasma de abacate, feitas indicações de cultivares e instruções de cultivo no Cerrado. As instruções de cultivo também foram feitas para banana, coco, fruta-do-conde, goiaba e graviola. Foram geradas tecnologias de produção de mudas de coqueiro no Cerrado e de pós-colheita da acerola.

As pesquisas com graviola geraram instruções para produção de mudas por enxertia; indicação do porta-enxerto de *Rollinea mucosa* (sin. *Annona mucosa*) como medida de controle de podridão-de-raízes e da broca-do-coleto; instruções para tratamentos culturais; tecnologia para acelerar a germinação de sementes e técnicas para efetuar a polinização artificial. Ainda foi feito levantamento de custo de implantação do pomar e retornos econômicos e desenvolvida a cultivar BRS Cerradina.

Destaque especial também deve ser dado aos estudos de domesticação de frutíferas nativas do Cerrado, incluindo o pequi, mangaba, baru, araticum, araçá, pitayas, entre outras. As Passifloras também são frutíferas nativas do Cerrado e as ações de P&D&I têm sido realizadas para várias espécies envolvendo bancos de germoplasma, melhoramento genético, ajustes nos sistemas de produção e desenvolvimento de produtos e processos agroindustriais, o que foi relatado no Capítulo 7. Outra vertente da fruticultura é a Agroenergia discutida no Capítulo 14. Na Figura 3, há uma amostra de publicações realizadas por pesquisadores da Embrapa Cerrados ligados à fruticultura.



Figura 3. Exemplos de publicações com ações de pesquisa e desenvolvimento, recomendações técnicas e práticas para a melhoria dos sistemas de produção de frutas no Cerrado e no Brasil realizadas por pesquisadores da Embrapa Cerrados.

Na Tabela 1, são listados os principais produtos tecnológicos desenvolvidos e caracterizados pelo grupo de trabalho ‘Fruticultura’, os profissionais responsáveis pelo levantamento das informações da respectiva tecnologia

que foi inserida no Sistema Gestec e disponibilizada para a sociedade por meio do portal da Embrapa, os quais foram apresentados na *Reunião Anual de Apresentação de Resultados da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos*.

Tabela 1. Processos, produtos e serviços desenvolvidos na área relacionada à Fruticultura, apresentados na *Reunião Anual de Apresentação de Resultados da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos*, inseridos no Sistema Gestec e disponibilizados para a sociedade por meio do portal da Embrapa.

| N° | Solução tecnológica | Tipo |
|----|---|--|
| 1 | Recomendação de cultivares de abacate | Produto/Cultivar |
| 2 | Levantamento, caracterização e manejo de doenças do abacateiro | Processo/Prática agropecuária |
| 3 | Instruções de cultivo do abacate | Serviço/Sistema de produção |
| 4 | Banco de germoplasma de abacate | Ativo de base tecnológica/Banco de germoplasma |
| 5 | Levantamento, identificação, caracterização e manejo de doenças da aceroleira | Processo/Prática agropecuária |
| 6 | Tecnologia de pós-colheita de acerola | Processo/Prática agropecuária |
| 7 | Recomendação de cultivares de banana | Produto/Cultivar |
| 8 | Instruções para o cultivo da banana | Serviço/Sistema de produção |
| 9 | Despencador Manual de banana | Produto/ Equipamento |
| 10 | Sistema de produção de citrus | Serviço/Sistema de produção |
| 11 | Tecnologia de produção e comercialização de lima ácida 'Tahiti', maracujá e goiaba no Cerrado | Processo/Prática agropecuária |
| 12 | Indicação de porta enxerto para laranjeira | Processo/Prática agropecuária |

Continua...

Tabela 1. Continuação.

| Nº | Solução tecnológica | Tipo |
|----|---|-------------------------------|
| 13 | Instruções para indução floral em limão tahiti visando à produção na entressafra | Processo/Prática agropecuária |
| 14 | Utilização da irrigação por gotejamento em laranja em Latossolo dos Cerrados | Processo/Prática agropecuária |
| 15 | Lançamento da cultivar de Limão Tahiti BRS Passos (em parceria com Embrapa Mandioca e Fruticultura) | Produto/Cultivar |
| 16 | Tecnologia de produção de mudas de coqueiro na região do Cerrado do Planalto Central | Processo/Prática agropecuária |
| 17 | Instruções para o cultivo do coqueiro no Cerrado | Processo/Prática agropecuária |
| 18 | Manejo da irrigação do coqueiro-anão em ambiente de Cerrado | Processo/Prática agropecuária |
| 19 | Instruções de cultivo de anonáceas | Processo/Prática agropecuária |
| 20 | Levantamento, identificação, caracterização e instruções para o manejo de doenças de anonáceas | Processo/Prática agropecuária |
| 21 | Levantamento, identificação, caracterização e instruções para o manejo de pragas de anonáceas | Processo/Prática agropecuária |
| 22 | Instruções sobre o uso e aplicação de defensivos agrícolas em anonáceas | Serviço/Sistema de produção |
| 23 | Levantamento, identificação e manejo de pragas de goiabeira | Processo/Prática agropecuária |
| 24 | Identificação, caracterização e instruções para o manejo de doenças em goiabeira | Processo/Prática agropecuária |
| 25 | Instruções para o cultivo da goiabeira | Processo/Prática agropecuária |
| 26 | Identificação, caracterização e instruções para o manejo de doenças da graviola | Processo/Prática agropecuária |
| 27 | Instruções para o cultivo da graviola | Processo/Prática agropecuária |

Continua...

Tabela 1. Continuação.

| Nº | Solução tecnológica | Tipo |
|----|--|--|
| 28 | Levantamento de custo sobre implantação do pomar e retornos econômicos da graviola | Processo/Prática agropecuária |
| 29 | Identificação, caracterização e instruções para o manejo de pragas da graviola | Processo/Prática agropecuária |
| 30 | Instruções para produção de mudas de gravioleira por enxertia | Processo/Prática agropecuária |
| 31 | Indicação do porta-enxerto de <i>Rollinia mucosa</i> (sin. <i>Annona mucosa</i>) como medida de controle de podridão de raízes e da broca do coleto da graviola | Processo/Prática agropecuária |
| 32 | Instruções para tratamentos culturais da graviola | Processo/Prática agropecuária |
| 33 | Tecnologia para acelerar a germinação de sementes de graviola | Processo/Prática agropecuária |
| 34 | Técnicas para efetuar a polinização artificial da graviola | Processo/Prática agropecuária |
| 35 | Cultivo da Pinha | Processo/Prática agropecuária |
| 36 | Metodologia de identificação da origem genética de plântulas em sementes poliembriônicas de mangueira (<i>Mangifera indica</i> , L.) por meio de marcadores | Metodologia |
| 37 | Teste de paternidade em híbridos de mangueira provenientes de cruzamentos abertos por meio de marcadores moleculares e outros parâmetros | Metodologia |
| 38 | Identificação, caracterização e instruções para o manejo de doenças da mangueira | Processo/Prática agropecuária |
| 39 | Identificação, caracterização e instruções para o manejo de pragas da mangueira | Processo/Prática agropecuária |
| 40 | Instruções para uso de defensivos agrícolas em mangueira | Processo/Prática agropecuária |
| 41 | Banco de germoplasma da mangueira | Ativo de base tecnológica/Banco de germoplasma |

Continua...

Tabela 1. Continuação.

| Nº | Solução tecnológica | Tipo |
|----|--|-------------------------------|
| 42 | Instruções para o cultivo da mangueira | Processo/Prática agropecuária |
| 43 | Recomendações técnicas sobre crescimento, rendimento e qualidade de frutos de quatro cultivares de mangueira enxertadas em oito diferentes porta-enxertos. | Processo/Prática agropecuária |
| 44 | Instruções para produção de mudas da mangueira | Processo/Prática agropecuária |
| 45 | Recomendação de cultivares e porta-enxertos de mangueira para o Cerrado | Produto/Cultivar |
| 46 | Anelador de ramos da mangueira | Processo/Prática agropecuária |
| 47 | Banco de enxertia da mangueira | Processo/Prática agropecuária |
| 48 | Eliminador de endocarpo da mangueira | Metodologia |
| 49 | Indicação de dosagens de gesso, calagem e nutrientes para controlar o amolecimento interno da polpa da mangueira | Processo/Prática agropecuária |
| 50 | Manejo de irrigação e ferti-irrigação na mangueira | Processo/Prática agropecuária |
| 51 | Técnica de hibridação intervarietal de mangueira | Metodologia |
| 52 | Novo colhedor manual de manga | Equipamento |
| 53 | Cultivar BRS Alfa Embrapa 142 | Produto/Cultivar |
| 54 | Cultivar BRS Roxa 141 | Produto/Cultivar |
| 55 | Cultivar BRS Lita | Produto/Cultivar |
| 56 | Cultivar BRS ômega | Produto/Cultivar |
| 57 | Cultivar BRS Beta | Produto/Cultivar |

Continua...

Tabela 1. Continuação.

| Nº | Solução tecnológica | Tipo |
|----|---|--|
| 58 | Banco Ativo de Germoplasma de pitaya | Ativo de base tecnológica/Banco de germoplasma |
| 59 | Informações e instruções para produção de mudas de pitaya | Processo/Prática agropecuária |
| 60 | Banco Ativo de Germoplasma de pequi | Ativo de base tecnológica/Banco de germoplasma |
| 61 | Banco Ativo de Germoplasma de baru | Ativo de base tecnológica/Banco de germoplasma |
| 62 | Banco Ativo de Germoplasma de mangaba | Ativo de base tecnológica/Banco de germoplasma |
| 63 | Pomar Doméstico- Formação e Manejo | Processo/Prática agropecuária |
| 64 | Sistema FILHO | Serviço/Sistema de produção |
| 65 | Produção de mudas frutíferas sob condições do Cerrado | Processo/Prática agropecuária |
| 66 | Levantamento, identificação, caracterização e manejo de doenças da mangabeira | Processo/Prática agropecuária |
| 67 | Propagação da mangabeira por enxertia | Processo/Prática agropecuária |
| 68 | Propagação do pequizeiro por enxertia | Processo/Prática agropecuária |
| 69 | Quebra da dormência de sementes de pequi | Processo/Prática agropecuária |
| 70 | Propagação da cagaiteira por estaquia | Processo/Prática agropecuária |

Continua...

Tabela 1. Continuação.

| Nº | Solução tecnológica | Tipo |
|----|--|-------------------------------|
| 71 | Propagação da mangabeira por sementes | Processo/Prática agropecuária |
| 72 | Quebra da dormência de sementes de araticum | Processo/Prática agropecuária |
| - | Soluções tecnológicas relacionadas a Passifloras | 49 tecnologias |
| - | Soluções tecnológicas relacionadas a Agroenergia | 17 tecnologias |

Fonte: Embrapa, 2015.

Tecnologias geradas que necessitam de mais ações de comunicação e de transferência de tecnologia

Como pode ser observado na Tabela 1, existem várias soluções tecnológicas desenvolvidas na Embrapa Cerrados para a fruticultura. Ações de comunicação e de transferência de tecnologia devem ser feitas para divulgar e disponibilizar tais tecnologias, preferencialmente em parceria com empresas públicas e privadas ligadas à assistência técnica e extensão rural. Algumas cultivares, como as da mangueira por exemplo, precisam de ações ligadas ao pós-melhoramento para serem posicionadas no mercado. É necessária uma logística para produção de mudas dessas cultivares o que pode ser feita por meio de processos de licenciamento de viveiristas. Montagem de unidades demonstrativas ou unidades de referência tecnológica devem ser realizadas para várias frutas com potencial de produção no Cerrado, o que pode ser feito em parcerias com a Emater, Cooperativas e Associações de produtores.

Publicações contendo partes das tecnologias descritas na Tabela 1

ABACATE

JUNQUEIRA, N. T. V.; MONTEIRO, A. J. A.; COSTA, H.; FIALHO, J. de F. Controle das doenças do abacateiro. In: ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R. do; MONTEIRO, A. J. A.; COSTA, H. (ed.). **Controle de doenças de plantas fruteiras**. Vicosa: UFV, 2002. p. 675-697.

VARGAS RAMOS, V. H.; FERREIRA, F. R. **Curso de aspectos econômicos da cultura de abacate**. 1994. (Curso de curta duração ministrado/Especialização).

VARGAS RAMOS, V. H.; GENÚ, P. J. de C.; PINTO, A. C. Q.; JUNQUEIRA, N. T. V.; FERREIRA, F. R. **Avaliação de acessos de abacate nas condições de cerrado de Brasília, DF**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 30 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 112).

ACEROLA

JUNQUEIRA, N. T. V. Doenças e pragas da aceroleira. In: MANICA, I. (ed.). **Acerola: tecnologia de produção, pós-colheita, congelamento, exportação, mercados**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2003. p. 257-271.

MANICA, I. (ed.). **Acerola: tecnologia de produção, pós-colheita, congelamento, exportação, mercados**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2003.

VARGAS RAMOS, V. H.; MANICA, I. **Curso sobre potencialidade da cultura da aceroleira e anonáceas no cerrado e manejo e tratamento pós-colheita de manga**. 1997. (Curso de curta duração ministrado/Especialização).

BANANA

JUNQUEIRA, N. T. V.; SILVA, A. P. de O.; MISAEL, L. P.; LAGE, D. A. da C.; SILVA, D. M.; FIALHO, J. de F.; JUNQUEIRA, L. P. **Potencial de defensivos biológicos no controle da antracnose e na conservação de bananas na pós-colheita**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 14 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 94).

PINTO, A. C. Q.; GENU, P. J. de C. **Ideias simples e praticas para uso na exploração de frutíferas. III. Despencador de “mãos” de banana**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1981. 3p. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado Técnico, 20).

CITROS

FIGUEREDO, S. F.; VARGAS RAMOS, V. H.; SILVA, E. M. da; SOUSA, D. M. G. de; GENU, P. J. de C.; AZEVEDO, J. A. de. Utilização da irrigação por gotejamento em laranja em latossolo dos cerrados. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1990. 2p. (EMBRAPA-CPAC. Pesquisa em Andamento, 39).

PASSOS, O. S.; SOARES FILHO, W. dos S.; JUNQUEIRA, N. T. V.; FALEIRO, F. G.; BRAGA, M. F.; JUNQUEIRA, L. P. **Limeira Ácida**: BRS Passos: uma alternativa de produção de limão para o

Centro-Oeste brasileiro na entressafra. Cruz da Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura. 2012.

PINTO, A. C. Q.; JUNQUEIRA, N. T. V. **Curso sobre Lima Ácida Tahiti, Maracujá e Goiaba no Cerrado**. 2004. (Curso de curta duração ministrado/Especialização).

PINTO, A. C. Q.; SOUSA, E. dos S. de; VARGAS RAMOS, V. H. (ed.). **Tecnologia de produção e comercialização da lima-ácida 'Tahiti', da goiaba e do maracujá-azedo para o Cerrado**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 69 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 111).

VARGAS RAMOS, V. H.; SILVA, F. C. C. da. **Produção de mudas cítricas**: divulgação técnica para treinamento de líderes rurais. 1971.

SISTEMAS de produção para a cultura de citros. [s.l.]: EMBRAPA, 1980. 40 p. (Boletim, 267). Encontro realizado em Uberaba-MG, em outubro de 1980. Instituições participantes: EMATER, EPAMIG.

COCO

VARGAS RAMOS, V. H.; PINTO, A. C. Q. **Cultivo do coqueiro no cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1999. 2 p. (Embrapa Cerrados. Guia técnico do produtor rural, 19).

RAMOS, V. H.; PINTO, A. C. Q.; ARAGÃO, W. M.; GOMES, A. C.; JUNQUEIRA, N. T. V.; LOBATO, E.; OLIVEIRA, M. A. S. Comportamento de cultivares de coqueiros anão e híbridos no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 2, p. 363-365, 2004.

VARGAS RAMOS, V. H.; ARAGÃO, W. M. de; PINTO, A. C. Q.; JUNQUEIRA, N. T. V.; GOMES, A. C.; OLIVEIRA, M. A. S.; LOBATO, E. **Sistema de produção de mudas de coqueiros híbrido e anão (Cocos nucifera L.) na região do Distrito Federal**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. 5 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 41).

VARGAS RAMOS, V. H.; PINTO, A. C. Q.; ARAGÃO, W. M.; GOMES, A. C.; JUNQUEIRA, N. T. V.; LOBATO, E.; OLIVEIRA, M. A. S. **Comportamento de genótipos de coqueiro-anão e híbrido no Distrito Federal**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 21 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 106).

VARGAS RAMOS, V. H.; PINTO, A. C. Q.; ARAGÃO, W. M.; JUNQUEIRA, N. T. V.; LOBATO, E.; OLIVEIRA, M. A. S. **Comportamento de cultivares e híbridos de coqueiro-anao no Distrito Federal**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 16 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 28).

FRUTA-DO-CONDE (ATA OU PINHA)

CORDEIRO, M. C. R.; PINTO, A. C. Q.; VARGAS RAMOS, V. H. **O cultivo da pinha, fruta-do-conde ou ata (Annona squamosa L.) no Brasil**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2000. 44 p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 9).

JUNQUEIRA, N. T. V.; CUNHA, M. M.; JUNQUEIRA, K. P. Doenças e pragas de anonáceas. In: MANICA, I.; ICUMA, I. M.; JUNQUEIRA, K. P.; OLIVEIRA, M. A. S.; CUNHA, M. M. da; OLIVEIRA JUNIOR, M. E. de; JUNQUEIRA, N. T. V.; ALVES, R. T. **Frutas anonáceas**: ata ou pinha, atemólia,

cherimólia e graviola: tecnologia de produção, pós-colheita e mercado. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2003. p. 387-440.

JUNQUEIRA, N. T. V.; CUNHA, M. M.; JUNQUEIRA, K. P. Uso de defensivos agrícolas em anonáceas. In: MANICA, I.; ICUMA, I. M.; JUNQUEIRA, K. P.; OLIVEIRA, M. A. S.; CUNHA, M. M. da; OLIVEIRA JUNIOR, M. E. de; JUNQUEIRA, N. T. V.; ALVES, R. T. **Frutas anonáceas: ata ou pinha, atemólia, cherimólia e graviola: tecnologia de produção, pós-colheita e mercado.** Porto Alegre: Cinco Continentes, 2003. p. 458-467.

JUNQUEIRA, N. T. V.; SANTIAGO, D. V. R.; PINTO, A. C. Q.; CHAVES, R. da C. **Principais doenças da fruteira-do-conde no cerrado.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. 33 p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 16).

MANICA, I.; ICUMA, I. M.; JUNQUEIRA, K. P.; OLIVEIRA, M. A. S.; CUNHA, M. M. da; OLIVEIRA JUNIOR, M. E. de; JUNQUEIRA, N. T. V.; ALVES, R. T. **Frutas anonáceas: ata ou pinha, atemólia, cherimólia e graviola: tecnologia de produção, pós-colheita e mercado.** Porto Alegre: Cinco Continentes, 2003. 596 p.

GOIABA

JUNQUEIRA, N. T. V. Doenças e Pragas. In: MANICA, I.; ICUMA, I. M.; JUNQUEIRA, N. T. V.; SALVADOR, J. O.; MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. **Goiaba.** Porto Alegre: Cinco Continentes, 2000. (Fruticultura Tropical, 6). p. 225-270.

JUNQUEIRA, N. T. V., GUIMARÃES, T.G. Manejo das principais doenças da goiabeira. In: MANEJO integrado de doenças de fruteiras. Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Fitopatologia, 2007. p. 271-279.

JUNQUEIRA, N. T. V.; ANDRADE, L. R. M. de; PEREIRA, M.; LIMA, M. M.; CHAVES, R. da C. **Doenças da goiabeira no cerrado.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. 31 p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 15).

JUNQUEIRA, N. T. V.; COSTA, H. Controle das doenças da goiabeira. In: ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R. do; MONTEIRO, A. J. A.; COSTA, H. (ed.). **Controle de doenças de plantas fruteiras.** Viçosa: UFV, 2002. v. 2, p. 1247-1277.

LIMA, M. M. Cultura da goiabeira. In: INCENTIVO a fruticultura no Distrito Federal: manual de fruticultura. Brasília, DF: OCDF / COOLABORA, 1998. p. 33-41.

MANICA, I.; ICUMA, I. M.; JUNQUEIRA, N. T. V.; SALVADOR, J. O.; MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. **Goiaba.** Porto Alegre: Cinco Continentes, 2000. 374p.

VARGAS RAMOS, V. H.; SILVA, F. C. C. da. **Cultura da Goiabeira:** divulgação técnica da cultura da goiabeira, para treinamento de líderes rurais. 1972.

GRAVIOLA

AGUIAR, J. L. P. de; JUNQUEIRA, N. T. V. Custo de implantação e retornos econômicos. In: OLIVEIRA, M. A. S. (ed.). **Graviola: produção: aspectos técnicos.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p. 61-72. (Frutas do Brasil, 15).

GENU, P. J. de C.; VARGAS RAMOS, V. H.; JUNQUEIRA, N. T. V.; PINTO, A. C. Q. **Instruções para a formação de mudas de gravioleira por enxertia**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1992. 14p. (EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 28).

GRAMACHO, K. P.; BEZERRA, J. L.; JUNQUEIRA, N. T. V. *Phytophthora* sp. em espécies da família anonaceae. In: LUZ, E. D. M. N.; SANTOS, A. F. dos; MATSUOKA, K.; BEZERRA, J. L. (ed.). **Doenças causadas por Phytophthora no Brasil**. Campinas: Livraria e Editora Rural, 2001. p. 91-99.

JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F.; JUNQUEIRA, K. P.; LAGE, D. A. da C. Manejo das principais doenças da gravioleira. In: POLTRONIERI, L. S.; TRINDADE, D. R.; SANTOS, I. P. dos (ed.). **Pragas e doenças de cultivos amazônicos**. 2. ed. rev. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. cap. 9, p. 157-184.

JUNQUEIRA, N. T. V.; CUNHA, M. M. da; ANJOS, J. R. N. dos; FIALHO, J. de F. Controle de doenças da gravioleira. ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R. do; MONTEIRO, A. J. A.; COSTA, H. (ed.). **Controle de doenças de plantas fruteiras**. Viçosa: UFV, 2002. p. 405-443.

JUNQUEIRA, N. T. V.; CUNHA, M. M. da; OLIVEIRA, M. A. S.; PINTO, A. C. Q. **Graviola para exportação**: aspectos fitossanitários. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI; MAARA, 1996. 67 p. (Publicações técnicas FRUPEX, 22).

JUNQUEIRA, N. T. V.; CUNHA, M. M. da; OLIVEIRA, M. A. S.; PINTO, A. C. Q. **Graviola para exportação**: aspectos fitossanitários. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI; MAARA, 1996. 67 p. (Publicações técnicas FRUPEX, 22).

JUNQUEIRA, N. T. V.; OLIVEIRA, M. A. S. de; ANJOS, J. de R. N. dos; CHAVES, R. da C.; SILVA, A. P. de O.; MATOS, A. P. **Processo para obtenção de graviolas sadias e com qualidade**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. 2 p. (Embrapa Cerrados. Recomendação Técnica, 43).

JUNQUEIRA, N. T. V.; OLIVEIRA, M. A. S.; ICUMA, I. M.; ALVES, R. T.; VARGAS RAMOS, V. H.; ANDRADE, G. A. de. Doenças e seu controle. In: OLIVEIRA, M. A. S. (ed.). **Graviola**: produção: aspectos técnicos. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. (Frutas do Brasil, 15). p. 39-47.

JUNQUEIRA, N. T. V.; OLIVEIRA, M. A. S.; ICUMA, I. M.; V. RAMOS, V. H. Cultura da gravioleira. In: INCENTIVO a fruticultura no Distrito Federal: manual de fruticultura. 2.ed.rev.atual. Brasília, DF: OCDF / COOLABORA, 1999. p.96-103.

JUNQUEIRA, N. T. V.; OLIVEIRA, M. A. S.; VARGAS RAMOS, V. H.; PINTO, A. C. Q.; ICUMA, I. M. **Controle de doenças da gravioleira no cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2000. 5 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 31).

JUNQUEIRA, N. T. V.; OLIVEIRA, M. A. S.; VARGAS RAMOS, V. H.; PINTO, A. C. Q.; ICUMA, I. M. **Controle de doenças da gravioleira no cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2000. 5p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 31).

MANICA, I.; ICUMA, I. M.; JUNQUEIRA, K. P.; OLIVEIRA, M. A. S.; CUNHA, M. M. da; OLIVEIRA JUNIOR, M. E. de; JUNQUEIRA, N. T. V.; ALVES, R. T. **Frutas anonáceas**: ata ou pinha, atemólia, cherimólia e graviola: tecnologia de produção, pós-colheita e mercado. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2003. 596 p.

OLIVEIRA, M. A. S.; ICUMA, I. M.; ALVES, R. T.; JUNQUEIRA, N. T. V.; OLIVEIRA, J. N. S.; ANDRADE, G. A.; SILVA, J. F. **Insetos-pragas da gravioleira no Distrito Federal**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 42).

OLIVEIRA, M. A. S.; ICUMA, I. M.; ALVES, R. T.; JUNQUEIRA, N. T. V.; ANDRADE, G. A. de. Insetos-praga e seu controle. In: OLIVEIRA, M. A. S. (ed.). **Graviola**: produção: aspectos técnicos. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. (Frutas do Brasil, 15). p. 34-38.

PINTO, A. C. Q.; FALEIRO, F. G.; ANDRADE, S. R. M. de; CORDEIRO, M. C. R.; ANJOS, J. R. N.; JUNQUEIRA, N. T. V.; VARGAS RAMOS, V. H.; BRAGA, M. F.; ROSSETTO, C. J.; SOUZA, V. A. B. de; COSTA, J. G. da; JÚNIOR, L. M.; DIAS, J. N. Melhoramento genético da mangueira em ambiente tropical por meio da hibridação intervarietal e com auxílio de marcadores moleculares. In: ANDRADE, S. R. M. de; FALEIRO, F. G.; SERENO, J. R.; DALLA CORTE, J. L.; SOUSA, E. dos S. de (ed.). **Resultados de pesquisa para o Cerrado**: 2004-2005. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. p. 27-36.

PINTO, A. C. Q.; SILVA, E. M. da. **A cultura da graviola**. Brasília, DF: Embrapa-SPI; Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1995. 102 p. (Coleção Plantar, 31).

PINTO, A. C. Q.; VARGAS RAMOS, V. H. **Polinização artificial da graviola**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1999. 2p. (Embrapa Cerrados. Guia Técnico do Produtor Rural, 20).

PINTO, A. C. Q. Agronomy. In: WILLIAMS, J. T. (ed.). **Annona species**. Battaramulla, Sri Lanka: International Centre for Underutilised Crops, 2005. p. 71-126.

PINTO, A. C. Q. **Coleção de germoplasma de anonáceas**. 1979. (Apresentação de Trabalho/Simpósio).

PINTO, A. C. Q. **Curso sobre Graviola no FRUTAL**. 1994. (Curso de curta duração ministrado/Extensão).

PINTO, A. C. Q. **Curso sobre técnicas de cultivo da graviola**. 1999 (Curso de capacitação).

PINTO, A. C. Q. Graviola: formação do pomar e tratos culturais. In: SÃO JOSE, A. R.; SOUZA, I. V. B.; MORAIS, O. M.; REBOUÇAS, T. N. H. (ed.). **Anonaceas, produção e mercado (pinha, graviola, atemóia e cherimolia)**. Vitória da Conquista: UESB, 1997. p. 94-103.

PINTO, A. C. Q. **Influência de hormônio no poder germinativo de semente de graviola**. 1975. (Apresentação de Trabalho/Congresso).

PINTO, A. C. Q. Introduction. In: WILLIAMS, J. T. (ed.). **Annona species**. Battaramulla, Sri Lanka: International Centre for Underutilised Crops, 2005. p. 1-2.

PINTO, A. C. Q. **Sistema de produção de graviola por vídeo**. 2001.

PINTO, A. C. Q. Soursoap. In: CRISÓSTOMO, L. A.; NAUMOV, A.; JOHNSTON, A. E. (ed.). **Fertilizing for high yield and quality tropical fruits of Brazil**. Horgen: International Potash Institute, 2007. (IPI. Bulletin, 18).

PINTO, A. C. Q. Taxonomy and botany. In: WILLIAMS, J. T. (ed.). **Annona species**. Battaramulla, Sri Lanka: International Centre for Underutilised Crops, 2005. p. 3-18.

PINTO, A. C. Q.; KIMPARA, D. I.; ANDRADE, S. R. M. Economic information. In: WILLIAMS, J. T. (ed.). **Annona species**. Battaramulla, Sri Lanka: International Centre for Underutilised Crops, 2005. p. 139-149.

PINTO, A. C. Q.; VARGAS RAMOS, V. H. **Técnica de polinização artificial de gravioleira**. 1999.

PINTO, A. C. Q.; VARGAS RAMOS, V. H.; RODRIGUES, A. A. Floração, polinização, frutificação e produção da graviola. In: OLIVEIRA, M. A. S. (ed.). **Graviola**: produção: aspectos técnicos. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. (Frutas do Brasil, 15). p. 48-51.

PINTO, A. C. Q.; VARGAS RAMOS, V. H.; RODRIGUES, A. A. Formação do pomar de graviola. In: OLIVEIRA, M. A. S. (ed.). **Graviola**: produção: aspectos técnicos. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. (Frutas do Brasil, 15). p. 22-25.

PINTO, A. C. Q.; VARGAS RAMOS, V. H.; RODRIGUES, A. A. Tratos culturais da graviola. In: OLIVEIRA, M. A. S. (ed.). **Graviola**: produção: aspectos técnicos. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. (Frutas do Brasil, 15). p. 26-33.

PINTO, A. C. Q.; SILVA, E. M. da. **Graviola para exportação**: aspectos técnicos da produção. Brasília, DF: MAARA-SDR/EMBRAPA-SPI, 1994. 41p. il. (Serie Publicações Técnicas Frupeux, 7).

PINTO, A. C. Q.; VARGAS RAMOS, V. H. **Graviola**: instruções para cultivo. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1996. 2p. (Embrapa Cerrados. Guia Técnico do Produtor Rural, 6).

PRAGAS da gravioleira no Cerrado. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. não paginado. Equipe técnica: Maria Alice S. Oliveira, Ivone M. Icuma, Nilton T. V. Junqueira, Roberto T. Alves, Jose N. S. Oliveira, Geovane A. de Andrade.

VARGAS RAMOS, V. H.; OLIVEIRA, M. A. S.; PINTO, A. C. Q.; JUNQUEIRA, N. T. V.; ICUMA, I. M. **Manejo e práticas culturais e fitossanitário em gravioleira no cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 5 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 81).

MANGA

ANJOS, J. R. N. dos; CHARCHAR, M. J. d'A.; PINTO, A. C. Q.; VARGAS RAMOS, V. H. **Distribuição da malformação da mangueira no cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1999. 2p. (Embrapa Cerrados. Pesquisa em Andamento, 9).

CUNHA, M. M. da; COUTINHO, C. de C.; JUNQUEIRA, N. T. V.; FERREIRA, F. R. **Manga para exportação**: aspectos fitossanitários. Brasília, DF: MAARA-SDR/EMBRAPA-SPI, 1993. 104p. il. (Serie Publicações Técnicas FRUPEUX, 3).

CUNHA, M. M. da; SANTOS FILHO, H. P. dos; NASCIMENTO, A. S. (org.). **Manga**: fitossanidade. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2000. 104 p. (Frutas do Brasil, 6).

GENÚ, P. J. de C.; PINTO, A. C. Q. (ed.). **A cultura da mangueira**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 452 p.

JUNQUEIRA, N. T. V.; CHAVES, R. C.; NASCIMENTO, A. C.; VARGAS RAMOS, V. H.; PEIXOTO, J. R.; JUNQUEIRA, L. P. Efeito do óleo de soja no controle da antracnose e na conservação da manga cv. Palmer em pós-colheita. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, p. 222-225, 2004.

JUNQUEIRA, N. T. V.; CUNHA, M. M.; ICUMA, I. M.; VARGAS RAMOS, V. H. Manga: principais doenças e pragas. In: MANICA, I.; MALAVOLTA, E.; ICUMA, I. M.; CUNHA, M. M. da; OLIVEIRA JUNIOR, M. E. de; JUNQUEIRA, N. T. V.; VARGAS RAMOS, V. H. **Manga: tecnologia, produção, pós-colheita, agroindústria e exportação**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2001. p. 361-434.

JUNQUEIRA, N. T. V.; CUNHA, M. M.; VARGAS RAMOS, V. H. Uso de defensivos agrícolas em mangueiras. In: MANICA, I.; MALAVOLTA, E.; ICUMA, I. M.; CUNHA, M. M. da; OLIVEIRA JUNIOR, M. E. de; JUNQUEIRA, N. T. V.; VARGAS RAMOS, V. H. **Manga: tecnologia, produção, pós-colheita, agroindústria e exportação**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2001. p. 402-415.

JUNQUEIRA, N. T. V.; JUNQUEIRA, L. P. Manejo das principais doenças da mangueira. In: MANEJO integrado de doenças de fruteiras. Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Fitopatologia, 2007. p. 280-291.

JUNQUEIRA, N. T. V.; NASCIMENTO, A. C. do; VARGAS RAMOS, V. H.; LAGE, D. A. da C.; KRAHL, L. L.; ALMEIDA, D. A.; CABRAL, G. de A. **Efeito de produtos biológicos e químicos no controle da antracnose e na conservação da manga cv. Palmer em pós-colheita**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 14 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 95).

JUNQUEIRA, N. T. V.; NASCIMENTO, A. C. do; VARGAS RAMOS, V. H.; LAGE, D. A. da C.; KRAHL, L. L.; ALMEIDA, D. A.; CABRAL, G. de A. **Efeito de produtos biológicos e químicos no controle da antracnose e na conservação da manga cv. Palmer em pós-colheita**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 14 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 95).

JUNQUEIRA, N. T. V.; PINTO, A. C. Q.; ANJOS, J. R. N. dos; VARGAS RAMOS, V. H.; PEREIRA, A. V. **Controle de doenças da mangueira no cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1999. 6p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 7).

JUNQUEIRA, N. T. V.; PINTO, A. C. Q.; ANJOS, J. R. N. dos; VARGAS RAMOS, V. H.; PEREIRA, A. V. **Controle de doenças da mangueira no cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1999. 6p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 7).

JUNQUEIRA, N. T. V.; PINTO, A. C. Q.; CUNHA, M. M.; VARGAS RAMOS, V. H. Controle de doenças da mangueira. In: ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R. do; MONTEIRO, A. J. A.; COSTA, H. (ed.). **Controle de doenças de plantas fruteiras**. Vicososa: UFV, 2002. p. 323-404.

LIMA, M. M.; JUNQUEIRA, N. T. V. Cultura da mangueira. In: INCENTIVO a fruticultura no Distrito Federal: manual de fruticultura. 2.ed.rev.atual. Brasília, DF: OCDF / COOLABORA, 1999. p.87-95.

MANICA, I.; MALAVOLTA, E.; ICUMA, I. M.; CUNHA, M. M. da; OLIVEIRA JUNIOR, M. E. de; JUNQUEIRA, N. T. V.; VARGAS RAMOS, V. H. **Manga: tecnologia, produção, pós-colheita, agroindústria e exportação**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2001. 617 p.

PINTO, A. C. Q. **Produção de mudas frutíferas sob condições do ecossistema de cerrados**. Planaltina, DF: EMBRAPA, CPAC, 1996. 112 p. (EMBRAPA-CPAC. Documentos, 62).

PINTO, A. C. Q.; BRAGA, M. F.; JUNQUEIRA, N. T. V.; VARGAS RAMOS, V. H.; FALEIRO, F. G.; ANDRADE, S. R. M. de; CORDEIRO, M. C. R.; DIAS, J. N.; LAGE, D. A. da C. **Programa de melhoramento genético da manga e a nova cultivar BRS Ômega para o cerrado brasileiro**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. 8 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 117).

PINTO, A. C. Q.; GENU, P. J. de C. **Ideias simples e práticas para uso na exploração de frutíferas I. Anelador de ramos.** Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1981. 3p. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado Técnico, 18).

PINTO, A. C. Q.; GENU, P. J. de C. **Ideias simples e práticas para uso na exploração de frutíferas II. Banco de enxertia.** Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1981. 3p. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado Técnico, 19).

PINTO, A. C. Q.; GENU, P. J. de C. **Ideias simples e práticas para uso na exploração de frutíferas. IV. Eliminador de endocarpo.** Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1981. 4p. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado Técnico, 21).

PINTO, A. C. Q.; VARGAS RAMOS, V. H. **Novo colhedor manual de manga.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2000. 4p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 34).

PINTO, A. C. Q.; SOUSA, E. dos S. de; RAMOS, V. H. V (ed.). **Tecnologia de produção e comercialização da lima-ácida ‘Tahiti’, da goiaba e do maracujá-azedo para o cerrado.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 69 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 111).

PINTO, A. C. Q.; SOUZA, V. A. B. de; ROSSETTO, C. J.; FERREIRA, F. R.; COSTA, J. G. da. Melhoramento genético. In: GENU, P. J. de C.; PINTO, A. C. Q. (ed.). **A cultura da mangueira.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. Cap. 4, p. 51-92.

PINTO, A. C. Q.; VARGAS RAMOS, V. H. **Formação de pomar.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1998. 2 p. (Embrapa Cerrados. Guia Técnico do Produtor Rural, 18).

PINTO, A. C. Q.; VARGAS RAMOS, V. H.; DIAS, J. N. **Avaliação de cultivares e seleções híbridas de manga em áreas de cerrado.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 20 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 140).

PINTO, A. C. Q.; VARGAS RAMOS, V. H.; JUNQUEIRA, N. T. V. New varieties and hybrid selections from mango hybridization program in central region of Brazil. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 509, p. 207-211, 2000. Apresentado no “6th International Symposium on Mango”.

PINTO, A. C. Q. **Cultivar de manga híbrida Alfa.** 2000.

PINTO, A. C. Q. **Curso de atualização agrônômica em cerrados.** 1987. (Curso de capacitação).

PINTO, A. C. Q. **Curso de capacitação para viveiristas e enxertadores na região do submédio São Francisco.** 1993. (Curso).

PINTO, A. C. Q. **Curso intensivo de capacitação de viveiristas e enxertadores de fruteiras na região dos cerrados.** 1994. (Curso).

PINTO, A. C. Q. **Curso sobre Manga no FRUTAL.** 1994. (Curso de curta duração ministrado/ Extensão).

PINTO, A. C. Q. **Curso sobre Manga no FRUTAL.** 1995. (Curso de curta duração ministrado/ Extensão).

PINTO, A. C. Q. **Curso sobre produção comercial de manga.** 1994. (Curso).

PINTO, A. C. Q. **Curso sobre produção comercial de manga.** 1998. (Curso de capacitação).

- PINTO, A. C. Q. **Curso sobre produção comercial de manga**. 2001. (Curso de capacitação).
- PINTO, A. C. Q. **Curso sobre técnicas de cultivo da manga**. 2000. (Curso de capacitação).
- PINTO, A. C. Q. **I Curso de mangicultura na região meio-norte brasileira**. 1999. (Curso de capacitação).
- PINTO, A. C. Q. **Manga roxa**. 2000.
- PINTO, A. C. Q. **Técnica de recuperação (sobrenxertia) de copa de mangueira**. 1987.
- PINTO, A. C. Q.; ANDRADE, S. R. M.; VARGAS RAMOS, V. H.; CORDEIRO, M. C. R. **Técnica de hibridação intervarietal em manga**. 2004.
- PINTO, A. C. Q.; COSTA, J. G. **Principais cultivares de manga - cv Lita**. 2002.
- PINTO, A. C. Q.; COSTA, J. G. Principais variedades. In: GENÚ, P. J. de C.; PINTO, A. C. Q. (ed.). **A cultura da mangueira**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 95-116.
- PINTO, A. C. Q.; JUNQUEIRA, N. T. V.; NASCIMENTO, A. S.; TEIXEIRA, M.; ALBUQUERQUE, J.; FERREIRA, F. R.; COSTA, F. F.; VARGAS RAMOS, V. H. **Curso da cultura da mangueira**. 1997. (Curso de curta duração ministrado/Extensão).
- PINTO, A. C. Q.; VARGAS RAMOS, V. H. **Curso sobre cultura da mangueira, antecedentes e tecnologias. manejo e tratamento pós-colheita**. 1995. (Curso de curta duração ministrado/Extensão).
- PINTO, A. C. Q.; VARGAS RAMOS, V. H. **Curso sobre tecnologia de produção de fruteiras tropicais nos cerrados brasileiros**. 1997 (Curso).
- QUAGGIO, J. A.; SOARES, N. B.; FURLANI, P. R.; RAIJ, B. van; PIZA, Manga. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1996. p. 146-147. (IAC. Boletim Técnico, 100).
- VARGAS RAMOS, V. H. **Curso sobre cultura da mangueira**. 1998. (Curso de curta duração ministrado/Extensão).
- VARGAS RAMOS, V. H. **Curso sobre recomendações na cultura da mangueira e citrus para o Médio e Alto São Francisco**. 1989. (Curso de curta duração ministrado/Extensão).
- VARGAS RAMOS, V. H.; CARVALHO, V. L. de; COUTO, F. A. D.; SIQUEIRA, D. L. de; BOTREL, N. **Avaliação de oito cultivares de mangueira em Presidente Olegário - MG**. Belo Horizonte: Epamig, 1986. 4 p.
- VARGAS RAMOS, V. H.; PINTO, A. C. Q.; JUNQUEIRA, N. T. V.; GOMES, A. C.; ANDRADE, S. R. M.; CORDEIRO, M. C. Effect on growth and yield of four mango cultivars grafted on mono and polyembryonic rootstocks in Brazil Central Region. **Acta Horticulturae**, v. 1, p.159- 163, 2002.
- VARGAS RAMOS, V. H.; YAMANISHI, O. K. **Curso sobre manejo e tratamento pós-colheita de manga**. 1997. (Curso de curta duração ministrado/Especialização).
- SILVA, E. M.; PINTO, A. C. Q.; AZEVEDO, J. A. **Manejo da irrigação e fertirrigação na cultura da mangueira**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1996. 77p. (EMBRAPA-CPAC. Documentos, 61).

VARGAS RAMOS, V. H.; PINTO, A. C. Q.; JUNQUEIRA, N. T. V.; GOMES, A. C.; ANDRADE, S. M. R. de; CORDEIRO, M. C. R. **Crescimento e rendimento de quatro cultivares de mangueira enxertadas em porta-enxertos, no Distrito Federal**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 21 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 103).

ZAMBOLIM, L.; JUNQUEIRA, N. T. V. Manejo integrado de doenças da mangueira. In: MANGA: produção integrada, industrialização e comercialização. Viçosa : UFV, 2004. p. 377-407.

PITAYA

JUNQUEIRA, K. P.; JUNQUEIRA, N. T. V.; RAMOS, J. D.; PEREIRA, A. V. **Informações preliminares sobre uma espécie de pitaya do cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 18 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 62).

FRUTÍFERAS EM GERAL

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Delegacia Federal de Agricultura no Distrito Federal. Comissão Estadual de Sementes e Mudanças do Distrito Federal. **Normas e padrões técnicos para produção e comercialização de mudas no Distrito Federal**. Brasília, 1999. 102p.

PINTO, A. C. Q. **Produção de mudas frutíferas sob condições do ecossistema de cerrados**. Planaltina, DF: EMBRAPA, CPAC, 1996. 112 p. (EMBRAPA-CPAC. Documentos, 62).

PINTO, A. C. Q.; VARGAS RAMOS, V. H. **Formação de pomar**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1998. 2p. (Embrapa Cerrados. Guia Técnico do Produtor Rural, 18).

PINTO, A. C. Q. **Cartilha produção de mudas frutíferas**. 2008. (Cartilhas para Aprendizagem Rural).

PINTO, A. C. Q.; VARGAS RAMOS, V. H. **Curso de especialização em fitotecnia - módulo 5-potencialidade da fruticultura nos cerrados de tocamantins**. 1997. (Curso de curta duração ministrado/Extensão).

PINTO, A. C. Q.; VARGAS RAMOS, V. H. **Curso sobre propagação de Fruteiras nos Cerrados**. 1995. (Curso de curta duração ministrado/Extensão).

PINTO, A. C. Q.; VARGAS RAMOS, V. H.; ANDRADE, S. R. M. **Curso tecnologia de produção de fruteiras tropicais no cerrado**. 1998. (Curso de curta duração ministrado/Extensão).

PINTO, A. C. Q.; VARGAS RAMOS, V. H.; FERREIRA, F. R.; JUNQUEIRA, N. T. V.; KIYOSHI, O. **Curso sobre tecnologia de produção de fruteiras tropicais nos cerrados brasileiros**. 1997. (Curso de curta duração ministrado/Extensão).

PINTO, A. C. Q.; VARGAS RAMOS, V. H.; RIBEIRO, J. F.; MELO, J. T.; ALMEIDA, S. P.; CHARCHAR, M. J. D.; JUNQUEIRA, N. T. V.; RODRIGUES, G. C.; MENCARINI, M.; GUEDES, P.; SILVA, J. M. M. **II Curso intensivo para capacitação de viveiristas e enxertadores de fruteiras na região dos cerrados do DF e Entorno**. 1995. (Curso de curta duração ministrado/Extensão).

VARGAS RAMOS, V. H.; PINTO, A. C. Q. **Curso sobre aspectos agroecômicos da fruticultura no cerrado**. 1996. (Curso de curta duração ministrado/Extensão).

VARGAS RAMOS, V. H.; YAMANISHI, O. K. **I Curso de propagação de plantas frutíferas**. 1998. (Curso de curta duração ministrado/Especialização).

ZAMBOLIM, L.; JUNQUEIRA, N. T. V.; ZAMBOLIM, E. M. Manejo integrado de doenças de fruteiras tropicais. In: POLTRONIERI, L. S.; TRINDADE, D. R. (ed.). **Manejo integrado das principais pragas e doenças de cultivos amazônicos**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. p. 121-164.

Eventos para divulgação, treinamento e capacitação

1º Seminário de Prospecção de Demandas de Pesquisa em Fruticultura para o Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. Coordenador na Elaboração do Subtema 2 : Tecnologia da Produção de Manga, Uva e Figo. 1999. (Seminário).

CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 8., 1986, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: EMBRAPA-DDT; CNPQ, 1986. 268 p. (Congresso).

INTERNATIONAL MANGO SYMPOSIUM, 7., 2002, Recife-PE. **Mango production and quality under sustainable environment: program and abstracts** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados; Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura; Teresina: Embrapa Meio Norte; Petrolina: Embrapa Semi-Arido; Recife: IPA, 2002. 360 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 46).

INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL AND SUBTROPICAL FRUITS, 3., 2004, Fortaleza. **Fruit for a health world: program and abstracts**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004. 178 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos 83).

PINTO, A. C. Q.; FALEIRO, F. G.; ANDRADE, S. R. M. Seminário sobre **Produção Integrada e Comercialização de Frutas no Cerrado**. 2004.

PINTO, A. C. Q.; OLIVEIRA, J. S.; VARGAS RAMOS, V. H.; JUNQUEIRA, N. T. V.; CORDEIRO, M. C. R.; COSTA, E. A.; PACHECO, G. R.; DORNAS, K. V. **Curso de tecnologia de produção de fruteiras tropicais no cerrado, cultura da banana e cultura do mamão**. 2000.

PINTO, A. C. Q.; RAMOS, V. H. V.; JUNQUEIRA, N. T. V.; OLIVEIRA, J. S.; PACHECO, G. R.; DORNAS, K. V. **Curso sobre tecnologia de produção de fruteiras no cerrado: abacaxi, mamão, graviola, acerola, manga e maracujá**. 1997.

PINTO, A. C. Q.; VARGAS RAMOS, V. H.; JUNQUEIRA, N. T. V. **Dia de campo: lançamento das cultivares de manga para os cerrados**. 1998.

PINTO, A. C. Q.; SOUSA, E. S.; DORNAS, K. V.; SANTOS, C. E. S.; SANTOS, L. A. L.; VARGAS RAMOS, V. H. **Curso de tecnologia de produção e comercialização da lima-ácida, maracujá e goiaba no cerrado**. 2004.

PINTO, A. C. Q.; SPEHAR, C. R. **Seminários técnico-científicos em agricultura**. 2010.

PINTO, A. C. Q.; YCAZA, C. P. **Seminário sobre mejoramiento genético y biotecnología**. 2007.

VASCONCELOS, F. H.; PINTO, A. C. Q. **II Simpósio Piauiense de Fruticultura**. 1995.

YCAZA, C. P.; PINTO, A. C. Q.; LOPES, P. R. C. **I Congresso Internacional de Fruticultura**. 2005. (Congresso).

Patentes, registros e cultivares protegidas

PASSOS, O. S.; SOARES FILHO, W. S.; JUNQUEIRA, N. T. V.; FALEIRO, F. G.; BRAGA, M. F.; JUNQUEIRA, L. P. **Lima ácida BRS Passos**. 2012, Brasil. Número do registro: 29978, data de depósito: 30/08/2012, título: “Lima ácida BRS Passos”, Instituição de registro: Serviço Nacional de Cultivares RNC- MAPA.

PINTO, A. C. Q. **Colhedor Manual de Frutas**. 2001, Brasil. Patente: Modelo de Utilidade. Número do registro: MU 8102766-4, data de depósito: 27/11/2001, título: “Colhedor Manual de Frutas”. Instituição(ões) financiadora(s): Embrapa.

PINTO, A. C. Q.; BRAGA, M. F.; FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; VARGAS RAMOS, V. H.; ANDRADE, S. R. M.; CORDEIRO, M. C. R.; DIAS, J. N.; LAGE, D. A. C. **Manga BRS Ômega**. 2006, Brasil. Número do registro: 20458, data de depósito: 24/02/2006, título: “Manga BRS Ômega”, Instituição de registro: Serviço Nacional de Cultivares RNC- MAPA.

PINTO, A. C. Q.; PINTO, A. C. Q.; JUNQUEIRA, N. T. V.; JUNQUEIRA, N. T. V. **Graviola BRS Cerradina**. 2008, Brasil. Número do registro: 23458, data de depósito: 23/06/2008, título: “Graviola BRS Cerradina”, Instituição de registro: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento- RNC.

Manga (Mangifera indica L.)

| Denominação | Tipo de registro | Mantenedor | Nº registro |
|--------------|------------------|---|-------------|
| BRS Alfa 142 | Cultivar | Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) | 20486 |
| BRS Beta | Cultivar | Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) | 20483 |
| BRS Lita | Cultivar | Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) | 20484 |
| BRS Ômega | Cultivar | Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) | 20458 |
| BRS Roxa 141 | Cultivar | Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) | 20485 |

FRUTÍFERA NATIVAS DO CERRADO

- BRITO, M. A. de; PEREIRA, E. B. C.; PEREIRA, A. V.; RIBEIRO, J. F. **Cagaita**: biologia e manejo. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 80 p.
- JUNQUEIRA, K. P.; JUNQUEIRA, N. T. V.; RAMOS, J. D.; PEREIRA, A. V. **Informações preliminares sobre uma espécie de pitaya do cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 18 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 62).
- JUNQUEIRA, N. T. V.; CHARCHAR, M. J. d'A.; PEREIRA, E. B. C.; PEREIRA, A. V. Doenças. In: SILVA JUNIOR, J. F. da; LÉDO, A. da S. (ed.). **A cultura da mangaba**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2006. p. 179-190.
- LOPES, P. S. N.; PEREIRA, E. B. C.; PEREIRA, A. V.; MARTINS, E. R.; FERNANDES, R. C. Pequi. In: VIEIRA, R. F.; COSTA, T. da S. A.; SILVA, D. B. da; SANO, S. M.; FERREIRA, F. R. (ed.). **Frutas nativas da região Centro-Oeste do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2010. p. 277-312.
- PACHECO, A. R.; PEREIRA, E. B. C.; PEREIRA, A. V. Efeito do ácido giberélico na emergência e no crescimento de mudas de pequi. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, v. 16, p. 43-50, 2005.
- PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; ARAÚJO, I. A. de; JUNQUEIRA, N. T. V. Propagação por enxertia. In: SILVA JUNIOR, J. F. da; LÉDO, A. da S. (ed.). **A cultura da mangaba**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2006. p. 111-124.
- PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; FIALHO, J. de F.; JUNQUEIRA, N. T. V.; GOMES, A. C. **Avaliação de métodos de enxertia em mudas de pequi**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 15 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 51).
- PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; JUNQUEIRA, N. T. V.; FIALHO, J. de F. **Enxertia de mudas de pequi**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 26 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 66).
- PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; JUNQUEIRA, N. T. V.; FIALHO, J. de F. **Controle de formigas cortadeiras em mudas de espécies arbóreas com o uso de copos plásticos descartáveis**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2000. 2p. (Embrapa Cerrados. Recomendações Técnicas, 14).
- PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; JUNQUEIRA, N. T. V.; SALVIANO, A.; SILVA, D. B. da; MELO, J. T. de. **Produção de mudas de mangabeira**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2000. 3p. (Embrapa Cerrados. Recomendações Técnicas, 18).
- PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; SILVA JUNIOR, J. F. da; SILVA, D. B. da. Magaba. In: VIEIRA, R. F.; COSTA, T. da S. A.; SILVA, D. B. da; SANO, S. M.; FERREIRA, F. R. (ed.). **Frutas nativas da região Centro-Oeste do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2010. p. 221-246.
- PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; SILVA, D. B. da; GOMES, A. C.; SOUSA-SILVA, J. C. **Quebra da dormência de sementes de pequi**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 15 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 136).

PEREIRA, A. V.; SALVIANO, A.; PEREIRA, E. B. C.; SILVA, J. A. da; SILVA, D. B. da; JUNQUEIRA, N. T. V. **Pequi**: produção de mudas. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2000. 2p. (Embrapa Cerrados. Recomendações Técnicas, 1).

PEREIRA, E. B. C.; PEREIRA, A. V.; CHARCHAR, M. J. d'A.; PACHECO, A.; JUNQUEIRA, N. T. V.; FIALHO, J. de F. **Enxertia de mudas de mangabeira**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 27 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 65)

PEREIRA, E. B. C.; PEREIRA, A. V.; CHARCHAR, M. J. d'A.; PACHECO, A. R.; JUNQUEIRA, N. T. V.; FIALHO, J. de F. **Avaliação de métodos de enxertia em mudas de mangabeira**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 16 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 50).

PEREIRA, E. B. C.; PEREIRA, A. V.; JUNQUEIRA, N. T. V. Propagação por sementes. In: SILVA JUNIOR, J. F. da; LÉDO, A. da S. (ed.). **A cultura da mangaba**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2006. p. 91-109.

PEREIRA, E. B. C.; PEREIRA, A. V.; MELO, J. T. de; SOUSA-SILVA, J. C.; FALEIRO, F. G. **Quebra da dormência de sementes de araticum**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 15 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 137).

PEREIRA, E. B. C.; PEREIRA, A. V.; MELO, J. T.; RIBEIRO, J. F.; FIALHO, J. F.; JUNQUEIRA, N. T. V. Enraizamento de estacas de fruteiras nativas do Cerrado. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, v. 11, p. 5-11, 2003.

SALVIANO, A.; PEREIRA, A. V.; SILVA, J. A. da; PEREIRA, E. B. C.; SILVA, D. B. da; JUNQUEIRA, N. T. V. **Pequi**: instruções para o cultivo. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2000. 2p. (Embrapa Cerrados. Recomendações Técnicas, 2).

SALVIANO, A.; PEREIRA, A. V.; SILVA, J. A.; MELO, J. T.; SILVA, D. B.; PEREIRA, E. B. C.; JUNQUEIRA, N. T. V. **Mangaba**: instruções de cultivo. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2000 (Recomendações Técnicas).

Produtos, processos e serviços descritos no portfólio de tecnologias da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos

- 1) Abacateiro – Levantamento, Caracterização e Manejo de Doenças
- 2) Aceleração da Germinação de Sementes de Graviola
- 3) Acerola – Levantamento, Identificação, Caracterização e Manejo de Pragas
- 4) Acerola – Tecnologia de Produção, Pós-colheita, Congelamento, Mercado, Exportação
- 5) Anelador de Ramos
- 6) Anonáceas – Instruções para Uso de Defensivos

- 7) Anonáceas – Levantamento, Identificação, Caracterização e Instruções para o Manejo de Pragas
- 8) Araticum – Quebra da Dormência das Sementes
- 9) Avaliação de Patogenicidade de Isolados de *Fusarium sacchari* de Mangueira do Cerrado do Brasil Central
- 10) Avaliação de Populações Naturais e Potencial Produtivo da Macaúba
- 11) Banco Ativo de Germoplasma de Macaúba da Embrapa Cerrados
- 12) Banco de Enxertia
- 13) Cagaita – Propagação por Estaquia
- 14) Caracterização dos Acessos do Banco Ativo de Germoplasma de Macaúba
- 15) Coletânea sobre Cultivo da Pinha
- 16) Controle de Formigas Cortadeiras em Mudas de Espécies Arbóreas com o Uso de Copos Plásticos Descartáveis
- 17) Cultivo da Pinha
- 18) Curso Biotecnologia Aplicada à Agropecuária
- 19) Diversidade Genética em Populações Naturais de Macaúba
- 20) Eliminador de Endocarpo
- 21) Goiaba – Instruções para o Cultivo
- 22) Goiaba – Levantamento, Identificação, Caracterização e Instruções para o Manejo de Pragas
- 23) Graviola – Instruções para Produção de Mudas por Enxertia
- 24) Graviola – Instruções para Tratos Culturais
- 25) Graviola – Levantamento de Custo de Implantação e Retornos Econômicos
- 26) Graviola – Levantamento, Identificação, Caracterização e Instruções para o Manejo de Pragas

- 27) Instruções para Indução Floral em Limão Tahiti Visando à Produção na Entressafra
- 28) Instruções para Produção de Mudanças da Mangueira
- 29) Laranja – Indicação de Porta Enxerto
- 30) Limeira Ácida – BRS Passos
- 31) Macaúba – Propagação In Vitro
- 32) Manejo de Irrigação e Fertirrigação na Cultura da Mangueira
- 33) Manga – BRS Alfa 142
- 34) Manga – BRS Beta
- 35) Manga – BRS Lita
- 36) Manga – BRS Ômega
- 37) Manga – BRS Roxa 141
- 38) Manga – Indicação de Dosagens de Gesso, Calagem e Nutrientes para Controlar o Amolecimento Interno da Polpa do Fruto
- 39) Manga – Instruções para Uso de Defensivos Agrícolas
- 40) Manga – Levantamento, Identificação, Caracterização e Instruções para o Manejo de Doenças da Mangueira
- 41) Manga – Levantamento, Identificação, Caracterização e Instruções para o Manejo de Pragas
- 42) Manga – Recomendações Técnicas para Algumas Cultivares Enxertadas
- 43) Mangaba – Banco Ativo de Germoplasma
- 44) Mangaba – Levantamento, Identificação e Manejo de Doenças
- 45) Mangaba – Propagação por Enxertia
- 46) Mangaba – Propagação por Sementes
- 47) Mapeamento de Maciços Naturais da Palmeira Macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart.) em Áreas de Cerrado

- 48) Mapeamento de Populações Naturais de Macaúba
- 49) Metodologia de Identificação da Origem Genética de Plântulas em Sementes Poliembriônicas de Mangueira (*Mangifera indica* L.) por meio de Marcadores RAPD
- 50) Metodologia de Polinização Artificial da Graviola
- 51) Novo Colhedor Manual de Manga
- 52) Pequi – Banco Ativo de Gemoplasma
- 53) Pequi – Propagação por Enxertia
- 54) Pequi – Quebra da Dormência de Sementes
- 55) Pitaya – Banco Ativo de Germoplasma
- 56) Pitaya – Informações e Instruções para Produção de Mudas
- 57) Produção de Mudas Frutíferas sob Condições do Cerrado
- 58) Propagação in vitro em macaúba
- 59) Recomendação de Cultivares de Abacate
- 60) Recomendação de Cultivares e Porta-enxertos de Mangueira para o Cerrado
- 61) Sistema de Produção da Graviola
- 62) Sistema de Produção da Mangueira
- 63) Sistema de Produção de Anonáceas
- 64) Sistema de Produção de Mudas de Coqueiros Híbridos e Anão (*Cocos nucifera* L.) na Região do Cerrado do Planalto Central
- 65) Técnica de Hibridação Intervarietal na Mangueira
- 66) Tecnologia de Produção e Comercialização da Lima-ácida “Tahiti”, Goiaba e Maracujá-azedo na Região do Cerrado

- 67) Teste de Paternidade em Híbridos de Mangueira Provindos de Cruzamentos Abertos por Meio de Marcadores RAPD e outros Parâmetros
- 68) Utilização da Irrigação por Gotejamento em Laranja em Latossolo dos Cerrados

Referências

ANUÁRIO brasileiro de fruticultura. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2015. 104p. il. Disponível em: http://www.grupogaz.com.br/tratadas/eo_edicao/4/2015/03/20150301_106c8c2f1/pdf/4718_2015fruticultura.pdf

ANUÁRIO brasileiro de fruticultura. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2016. 104p. il. Disponível em: http://www.grupogaz.com.br/tratadas/eo_edicao/4/2016/04/20160414_0d40a2e2a/pdf/5149_2016fruticultura.pdf

ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, R. C. (ed.). **Agricultura tropical**: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas. 1 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2008. 1.337 p. vol. 1 Produção e produtividade agrícola.



Integração Lavoura-Pecuária e Integração Lavoura-Pecuária-Floresta

Lourival Vilela
Giovana Alcantara Maciel
Karina Pulrolnik
Robélio Leandro Marchão
Roberto Guimarães Junior
Sebastião Pires de Moraes Neto
Kleberson Worsley de Souza
Geraldo Bueno Martha Júnior
Alexandre de Oliveira Barcellos
Luiz Carlos Balbino

Introdução

A demanda crescente por alimentos, bioenergia e produtos florestais, em contraposição à necessidade de redução de desmatamento e mitigação da emissão de gases de efeito estufa, exige soluções que incentivem o desenvolvimento socioeconômico sem comprometer a sustentabilidade dos recursos naturais. A intensificação do uso da terra em áreas agrícolas e o aumento da eficiência dos sistemas de produção podem contribuir para harmonizar esses interesses. Nesse contexto, sistemas integrados têm sido considerados como estratégia-chave para harmonizar essas demandas da sociedade.

Os sistemas integrados (integração lavoura-pecuária (ILP) e integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), no contexto da pesquisa realizada pela Embrapa Cerrados, são definidos como uma estratégia de produção que integra os componentes agrícola e pecuário, em rotação, consórcio ou sucessão, na mesma área. As primeiras pesquisas com sistemas integrados foram realizadas com enfoque na recuperação de pastagens e tiveram início

no final dos anos 1970. Posteriormente, novas hipóteses de pesquisa foram levantadas sobre os benefícios potenciais da pastagem para a lavoura na rotação (Spain, 1993) e a partir daí surgiram também propostas que envolviam o uso de sistemas de integração com rotação lavoura-pastagem, para produção de grãos, produção de forragem para a entressafra e acúmulo de palhada para o sistema plantio direto (SPD) (Vilela et al., 2008).

Numa visão de futuro, desde seus primórdios, a Embrapa Cerrados já considerava a necessidade do desenvolvimento de

[...] sistemas de produção agrícola alternativos, que minimizem os riscos, maximizem os resultados via uma atividade contínua, que sejam capazes de utilizar (ano todo) os recursos terra, capital e, principalmente, mão de obra, tendo o homem como preocupação última (Embrapa, 1978).

Nesse sentido, a Embrapa Cerrados deveria contemplar em suas “pesquisas, para produção de alimento e de fibras, todo o espectro agro-silvo-pastoril-sócio-econômico” (Embrapa, 1978).

Atualmente, os resultados obtidos em sistemas de integração lavoura-pecuária e lavoura-pecuária-floresta consolidam essa visão. Segundo Vilela et al. (2011), no bioma Cerrado, vários sistemas integrados são modulados de acordo com o perfil e os objetivos da fazenda. As diferenças nos sistemas podem ser atribuídas às peculiaridades regionais e da propriedade, como condições de clima e de solo, infraestrutura, experiência do produtor e tecnologia disponível. Contudo, três modalidades de integração se destacam: fazendas de pecuária, em que culturas de grãos, geralmente arroz, soja, milho e (ou) sorgo, são introduzidas ou consorciadas em áreas de pastagens para recuperar a produtividade dos pastos; fazendas especializadas em lavouras de grãos, que utilizam gramíneas forrageiras para melhorar a cobertura de solo em SPD, e, na entressafra, para uso da forragem na alimentação de bovinos (“safrinha de boi”); e fazendas que, sistematicamente, adotam a rotação de pasto e lavoura para intensificar o uso da terra e se beneficiar do

sinergismo entre as duas atividades. Esses sistemas podem ser praticados por parcerias entre lavoureiros e pecuaristas.

O aumento de produtividade dos componentes lavoura e animal em sistemas integrados é resultante da interação de vários fatores e, muitas vezes, de difícil separação. Além da melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, a quebra de ciclos bióticos deletérios (pragas e doenças) contribui para aumentar a produtividade do sistema. A redução do uso de agroquímicos em razão da quebra dos ciclos de pragas, das doenças e das plantas daninhas é outro benefício potencial ao meio ambiente dos sistemas mistos, como a ILP (Vilela et al., 2008). São exemplos de impactos positivos de sistemas integrados (Vilela; Martha Jr., 2010): (a) aumentos de 15% na matéria orgânica do solo em relação aos níveis do cerrado nativo; (b) aumento de 90% na eficiência de uso do fósforo, em longo prazo, em comparação à rotação soja-milho; (c) ganhos de produtividade de soja de 10% quando em sucessão a pastagens de maior produtividade e adubadas; (d) incrementos médios de produtividade animal na recria-engorda de cerca de quatro vezes (600 kg de peso vivo $\text{ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$) em relação à recria-engorda na pecuária tradicional (120 kg–150 kg de peso vivo $\text{ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$); (e) incrementos médios de produtividade animal na cria de cerca de três vezes (300 kg de bezerros desmamado $\text{ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$) em relação à cria na pecuária tradicional (85 kg–110~ kg de bezerros desmamado $\text{ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$).

Os sistemas integrados têm sido preconizados como uma estratégia de intensificação sustentável do uso do solo em áreas agrícolas e pastoris, sendo uma forma de produzir a mesma quantidade de produto ou até aumentar a produção sem a necessidade de incorporar novas áreas ao processo produtivo, externalidade que tem sido denominada de efeito “poupa-terra”. Em razão desses benefícios potenciais, a ILP e a ILPF foram incluídas entre as tecnologias que compõem os compromissos voluntários de redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE) assumidos pelo Brasil na COP-15, que resultaram na criação do *Plano Setorial para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura*, o que se convencionou chamar de Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono).

Além disso, foi sancionada Lei 708/07, que institui a Política Nacional de ILPF objetivando fomentar novos modelos de uso da terra, conjugando a sustentabilidade do agronegócio com a preservação ambiental.

As soluções tecnológicas associadas à ILPF foram apresentadas na Reunião Anual de Apresentação de Resultados da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos. Na Tabela 1, são mencionadas as soluções tecnológicas que foram inseridas no GESTEC e disponibilizadas para a sociedade por meio do portal da Embrapa (Embrapa, 2015).

Tabela 1. Processos, produtos e serviços desenvolvidos na área relacionada ao sistema Integração lavoura-pecuária-floresta apresentados na *Reunião Anual de Apresentação de Resultados da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos*, inseridos no Sistema GESTEC.

| Nº | Solução tecnológica | Tipo |
|----|---|-------------------------------|
| 1 | Integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) | Processo/Prática agropecuária |
| 2 | Uso eficiente de Corretivos e Fertilizantes em Pastagens no Cerrado | Processo/Prática agropecuária |
| 3 | Boi Safrinha | Processo/Prática agropecuária |

Evolução dos sistemas dos sistemas integrados na Embrapa Cerrados

Há pelo menos quatro décadas, na Embrapa Cerrados, são conduzidos trabalhos de pesquisa que avaliam sistemas de produção de culturas anuais como soja, milho e arroz em rotação com pastagens de braquiária. No entanto, esse tipo de sistema de produção não era chamado de “Integração Lavoura-Pecuária”. Usava-se muito o termo “sequência de cultivos ou rotação lavoura-pasto”. Dessa forma, serão abordados os principais trabalhos que são considerados o início do desenvolvimento dos atuais sistemas de ILP e ILPF no Cerrado.

Com o objetivo de se observar quatro sequências de cultivo, durante 4 anos, os pesquisadores do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados instalaram um trabalho intitulado “experimento de síntese”. No período de novembro de 1975 a fevereiro de 1976, o trabalho foi implantado em 80 ha de Latossolo Vermelho eutrófico, com 16 parcelas de 5 ha cada. Essa área experimental foi aberta e preparada convencionalmente. Foram aplicadas 4 t/ha de calcário (PRNT = 53%) e dois níveis de fósforo (120 kg/ha e 240 kg/ha de P_2O_5). A sequência de cultivos consta na Tabela 2.

Tabela 2. Sequência de sistemas de cultivos do experimento síntese conduzido durante o período de 4 anos na Embrapa Cerrados.

| Ano/ sequência | Ano 1 | Ano 2 | Ano 3 | Ano 4 |
|-------------------|---------------------|----------|---------------------|----------|
| S1 | Pastagem | Pastagem | Pastagem | Pastagem |
| S2 | Arroz + Pastagem | Pastagem | Pastagem | Pastagem |
| S3 | Arroz | Arroz | Arroz + Pastagem | Pastagem |
| S4 | Soja | Soja | Soja | Arroz |

Nessa época, as variedades de arroz e de soja eram IAC-25 e IAC-2, respectivamente, consideradas as mais promissoras para abertura do Cerrado. As maiores produções de arroz e soja foram de 1.095 kg/ha e 1.092 kg/ha, respectivamente, para o tratamento de 240 kg/ha de P_2O_5 .

A partir deste trabalho, inúmeros outros vem sendo realizados até hoje na tentativa de criar alternativas que melhorem o solo e, conseqüentemente, as produtividades das principais culturas agrícolas como soja, milho e arroz e, atualmente das pastagens, da pecuária e por fim do componente arbóreo.

A contribuição da experimentação na Embrapa Cerrados para quantificar os benefícios da integração lavoura-pecuária

O potencial da braquiária para sistemas de produção de grãos foi demonstrado efetivamente por Sousa et al. (1997), experimento iniciado em 1975, que tinha por objetivo avaliar a adubação fosfatada por meio da recuperação do fósforo (P) aplicado em dois sistemas de cultivos com culturas anuais e pastagem. A partir desse ponto, diversos trabalhos de pesquisa de outros centros da Embrapa e das universidades foram sendo realizados com sistemas de produção de grãos que usam as pastagens, seja para produção de palhada (cobertura do solo para plantio direto) seja para alimentação animal. Nesse estudo, observaram-se aumentos expressivos no teor de matéria orgânica do solo (MOS) em razão da inclusão da *Brachiaria humidicola* no sistema rotação (Figura 1). Contudo, na rotação soja/milho, sistema convencional de preparo de solo, observou-se redução nos teores MOS. A taxa de acúmulo de MOS na camada de 0 cm a 20 cm foi estimada em 1,67 mg/ha/ano durante período em que a área estava com pastagem de *Brachiaria humidicola*.

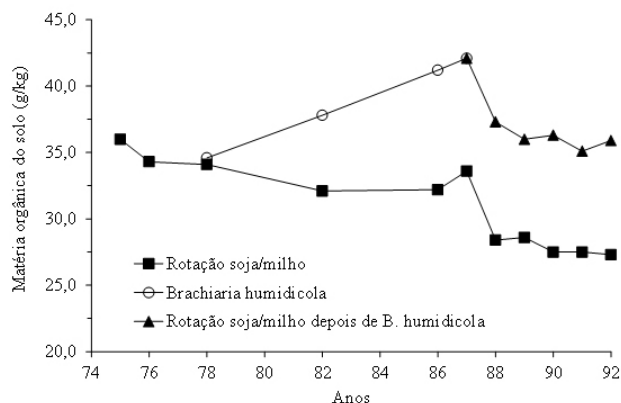


Figura 1. Dinâmica da matéria orgânica na camada de 0 cm a 20 cm de profundidade em dois sistemas de rotação de culturas em um Latossolo Vermelho-Amarelo, textura argilosa.

Fonte: Sousa et al. (1997).

Ainda nesse estudo, Sousa et al. (1997) observaram que a produtividade do primeiro cultivo com soja, depois de um ciclo de 9 anos de capim-braquiária, foi superior ao sistema exclusivo de culturas anuais (13º cultivo de soja) para um mesmo teor de fósforo (P) no solo (Figura 2), evidenciando a maior eficiência do uso desse nutriente quando a braquiária foi inserida na rotação. Como exemplo, observa-se que para produzir 3 t/ha de grãos de soja, no sistema de culturas anuais, foram necessários 6 mg/dm³ de P no solo (Mehlich 1), ao passo que, no sistema pastagem/culturas anuais, a necessidade de fósforo foi reduzida para 3 mg/dm³. Ressalte-se, que, nos 17 anos iniciais, no sistema rotação lavoura/pastagem, a eficiência de uso do fósforo residual (kg de grãos/kg de P) foi, em média, o dobro do obtido no sistema de cultivo contínuo de culturas anuais.

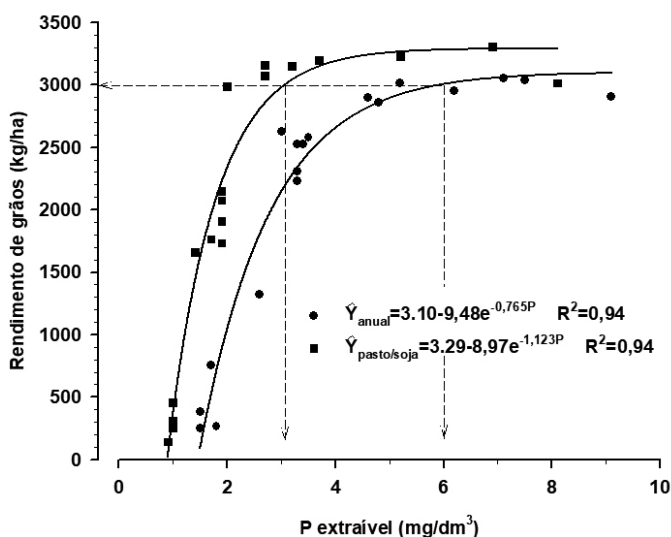


Figura 2. Efeito de dois sistemas de rotação de culturas sobre a relação entre fósforo extraível (Mehlich 1) na camada de 0 cm a 20 cm de profundidade e rendimento de grãos de soja cv. Cristalina em Latossolo Vermelho-Amarelo, textura argilosa. Sistema anual = 13 cultivos sucessivos de soja e pasto/soja = soja depois de três cultivos de soja seguidos de 9 anos de pastagem de braquiária.

Fonte: Sousa et al. (1997).

A recuperação de fósforo aplicado no período de 17 anos, independente da fonte de P usada, foi maior na rotação que incluía o capim-braquiária. Em média, o sistema rotação culturas anuais/capim-braquiária recuperou 49% do P aplicado (variou de 40% a 69% entre os tratamentos) e o sistema rotação soja/milho recuperou 31% (variou de 21% a 42% entre os tratamentos).

Os resultados desse estudo (Sousa et al., 1997) foram fundamentais na consolidação de pesquisas nos atuais sistemas de integração lavoura-pecuária na Embrapa Cerrados.

A formação de pastagens por meio sobressemeadura de forrageiras em soja também foi contemplada nas pesquisas da Embrapa Cerrados, provavelmente, a primeira experiência realizada no Cerrado. A fim de reduzir custos de implantação de pastagens conduziu-se, em 1984, um experimento para avaliar época de sobressemeadura da mistura de azevém, trevo-branco e cornichão em soja. Esse estudo foi conduzido em solo de várzea e os resultados obtidos comprovaram a viabilidade dessa prática, as produções de forragem em função das épocas de sobressemeadura variaram entre 4,0 t/ha e 4,5 t/ha de matéria seca (Embrapa, 1987).

Na década de 1980, a prática mais utilizada pelos pecuaristas para recuperação das pastagens degradadas era apenas gradagem, que proporcionava efeitos positivos somente a curto prazo com posterior e rápida diminuição da produtividade dessas pastagens (Vilela et al. 1989). Em 1988, em parceria com o Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), foi conduzido um trabalho na Embrapa Cerrados cujos os objetivos foram avaliar os efeitos e os custos finais de diferentes estratégias na recuperação de pastagem degradada de *Brachiaria decumbens* (Carvalho et al., 1990). Os tratamentos foram:

- 1) Testemunha (sem nenhuma prática agrícola).
- 2) Tratamento com apenas uma gradagem.
- 3) Calagem e adubação corretiva.
- 4) Calagem + adubação + aração.

- 5) Calagem + adubação + aração + mistura de leguminosas (*Calopogonium mucunoides*, *Stylosanthes capitata* BRA-005886 e *S. macrocephala* cv. Pioneiro).
- 6) Calagem + adubação + aração + coquetel de leguminosas + milho.
- 7) Calagem + adubação + aração + coquetel de leguminosas + sorgo.
- 8) Calagem + adubação + aração + coquetel de leguminosas + arroz.

Nos tratamentos com culturas anuais (milho BR201, sorgo BR300 e arroz cv. Cuiabano), além da aração, usou-se também grade niveladora. A mistura de leguminosas foi semeada no sulco de plantio das culturas agrícolas.

Os principais resultados encontrados neste trabalho foram que o uso da gradagem, por si só, não proporcionou efeitos na recuperação das pastagens. No entanto, a gradagem associada à aplicação de calcário e à adubação corretiva foi viável do ponto de vista técnico. Entre as culturas, o milho apresentou a maior produção de grãos, devido a sua maior capacidade de competição com a forragem na fase de desenvolvimento inicial.

Ainda na década de 1980, pesquisadores da Embrapa Cerrados e do CIAT tiveram a oportunidade de realizar um acompanhamento a campo de uma propriedade, a Fazenda Santa Terezinha, localizada em Uberlândia, MG. Essa propriedade desenvolvia atividade de cria e tinha uma área de 1.014 ha de pastagem e rebanho de 1.094 cabeças (taxa de lotação de 1,1 cabeça/ha). A partir de 1985, a propriedade passou a destinar áreas de pastagens para a produção de grãos até atingir, em 1996, a totalidade da área com um ou mais ciclos de lavoura. Na Figura 3, pode ser visto a evidência do potencial desses sistemas em fazendas comerciais. Em 1996, a área destinada a pastagens representava 36% da área total da fazenda; o rebanho era de 1.200 cabeças, representando uma taxa de lotação três vezes superior a inicial. A maior taxa de lotação foi reflexo da recuperação da fertilidade do solo e da utilização de gramíneas com maior potencial de produção de forragem. É importante ressaltar que a redução na taxa de lotação, em 2003, não foi em razão da perda da capacidade de suporte das pastagens, mas da reorientação de metas e objetivos do sistema de produção.

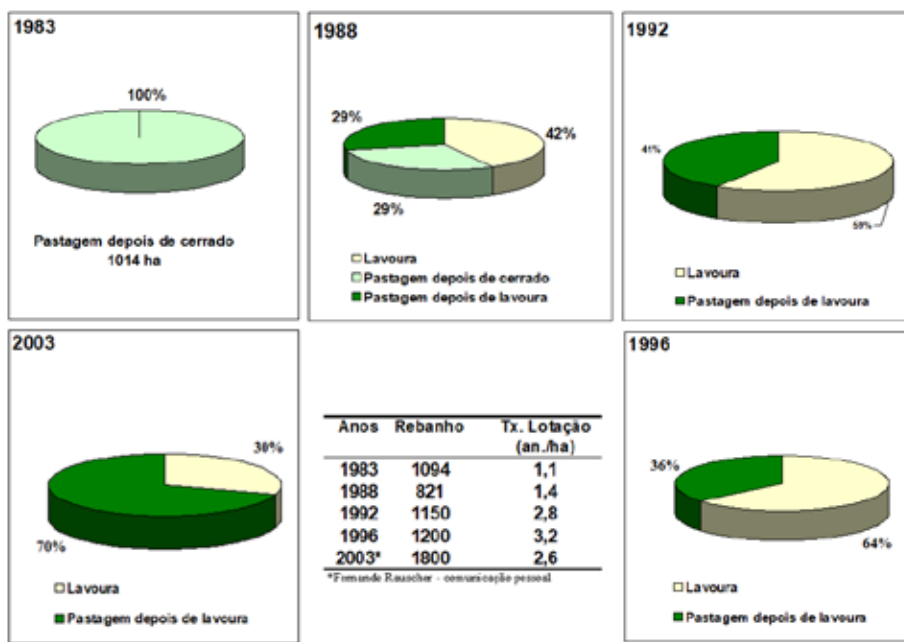


Figura 3. Evolução da rotação de lavoura-pastagem e da capacidade de suporte das pastagens na fazenda Santa Terezinha, Uberlândia, MG. Na fazenda, predomina o solo Neossolo Quartzarênico (Areia Quartzosa).

Fonte: Adaptado de Ayarza et al., 1997.

Nessa fazenda, como exemplo dos benefícios nas propriedades físicas do solo, observou-se que a porcentagem de agregados estáveis em água com diâmetros maiores do que 2,0 mm, nas áreas de pastagem depois de cultura, foi de 89%. Nas áreas cultivadas com soja por 1 ano e 4 anos, esses valores foram, respectivamente, 66% e 46%. Os teores de matéria orgânica do solo, nas áreas de pastagens depois de um ciclo de culturas, foram de 1,23% em média; nas áreas sob cultivo com soja por períodos de 1 ano e 4 anos, os respectivos teores de matéria orgânica foram de 0,84% e 0,94% (Ayarza et al., 1993). O efeito das pastagens também foi evidente no rendimento das culturas anuais. O rendimento de grãos de soja correlacionou-se significativamente com a idade da pastagem que antecedia as culturas anuais na rotação. Para cada ano de pastagem, o rendimento de grãos au-

mentou em 127 kg/ha. Entre outros fatores, essas respostas diferenciadas se devem às diferenças no potencial de produtividade agrícola desses solos (Neossolo Quartzarênico vs. Latossolo Vermelho, textura argilosa) e das cultivares de soja utilizadas.

Concomitante a esse estudo de caso, os pesquisadores da Embrapa e do CIAT elaboraram um projeto cujo o objetivo principal era estudar a eficiência agronômica de sistemas integrados e não integrados e quantificar, com o tempo, os efeitos dos componentes (lavoura e pastagens) nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo. Dessa forma, em 1991, foi implantado um experimento na Embrapa Cerrados que está sendo avaliado até hoje, sendo considerado o experimento de ILP mais antigo da região do Cerrado.

Entre inúmeras observações ocorridas neste trabalho, o benefício da pastagem, com relação ao rendimento de grãos de soja, pode ser visualizado na Tabela 2. O rendimento de soja depois de um ciclo de 3 anos de pasto de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu foi 17% (510 kg/ha de grãos) superior ao obtido no sistema de lavoura contínua. Ressalta-se que esse maior rendimento de grãos foi obtido em área que recebeu menores quantidades de fertilizantes, em média 45% a menos, durante os 17 anos de cultivo (Tabela 3). Desse modo, a maior eficiência no uso dos nutrientes do solo pelas culturas de grãos na integração lavoura-pecuária, em relação ao cultivo solteiro (Tabela 3 e Figura 3), implica economia no uso de fertilizantes e, conseqüentemente, redução nos custos de produção. Todavia, tais benefícios nem sempre são facilmente visualizados no curto prazo.

Atualmente, além das variáveis respostas tradicionais relacionadas a produtividades dos sistemas e ao solo, estão sendo avaliados o estoque de carbono no solo, as emissões de gases de efeito estufa pelo componente agrícola e pelos animais, a fauna do solo, os bioindicadores de qualidade do solo.

Tabela 3. Rendimento de soja (kg/ha) em dois sistemas de cultivos (lavoura contínua-LC e rotação lavoura/pasto/lavoura-LPL) submetidos a dois sistemas de plantio em Latossolo Vermelho, textura argilosa. Planaltina, DF.

| Sistema/Cultivo | | Sistema de plantio | | Média ⁽¹⁾ |
|---------------------------------------|------------------------|--------------------|---------|----------------------|
| 2004/05 a 2006/07 ⁽²⁾ | 2007/08 ⁽³⁾ | Convencional | Direto | |
| <i>B. brizantha</i> cv. Marandu (LPL) | Soja | 3.540 | 3.603 | 3.571 a |
| Soja-Sorgo-Soja (LC) | Soja | 3.078 | 3.044 | 3.061 b |
| Média | | 3.309 a | 3.323 a | |

⁽¹⁾ Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

⁽²⁾ Total de corretivos e nutrientes aplicados por nível de fertilidade em 17 anos de cultivo: LC (8,6 t/ha de calcário dolomítico, PRNT 100%; 2,8 t/ha de gesso, 308 kg/ha de N; 1487 kg/ha de P₂O₅; 1391 kg/ha de K₂O e micronutrientes); LPL (8,6 t/ha de calcário dolomítico; PRNT 100%; 2,8 t/ha de gesso; 85 kg/ha de N; 853 kg/ha de P₂O₅; 813 kg/ha de K₂O e micronutrientes).

⁽³⁾ Na safra de 2007/2008 a adubação de plantio da soja foi 485 kg/ha da fórmula 0-20-20+S+micronutrientes.

Fonte: Vilela et al., 2008.

Ao perceberem os benefícios da pastagem na produtividade das culturas em sucessão, os produtores, principalmente de grãos, têm ampliado suas áreas com esse sistema. A expressiva massa de forragem que pode ser obtida (até 20 t/ha de massa verde) tem despertado o interesse em aproveitar essa forragem na alimentação animal, surgindo a ideia da “safrinha de boi” (Figura 4). A liberação de nutrientes por meio da decomposição da palhada de milho consorciado com braquiária é um dos benefícios potenciais dessa prática. Os impactos positivos do sistema de ILP na modalidade boi safrinha são: ganhos de produtividade de soja de 10% a 15% quando em sucessão a pastagens de maior produtividade e adubadas; no sistema de ILP com pastagem de curta duração (apenas na estação da seca), tem-se observado ganho de peso, em equivalente-carcaça, entre 6 @/ha e 12 @/ha; e ciclagem de nitrogênio, de fósforo e de potássio, estimada em equivalente-fertilizante, em torno de 60 kg/ha/ano de ureia, 95 kg/ha/ano de superfosfato simples e 85 kg/ha/ano de cloreto de potássio, respectivamente (Santos et al., 2014).

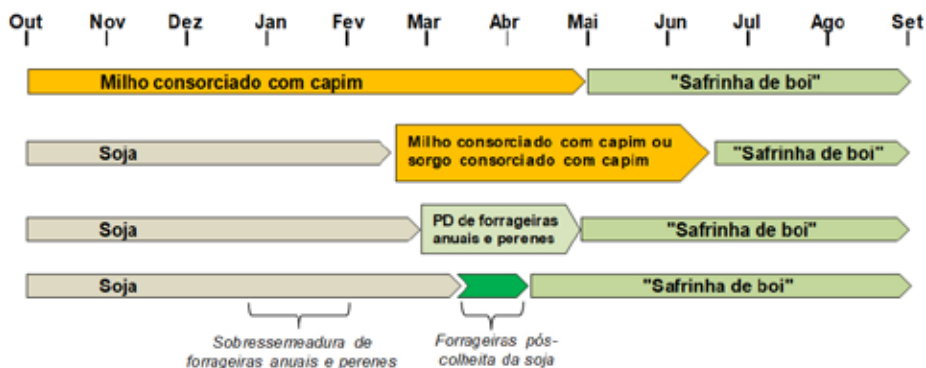


Figura 4. Alternativas potenciais de “safrinha de boi” na integração lavoura-pecuária praticadas em diferentes regiões do Cerrado. O termo “boi safrinha” refere-se à alimentação de bovinos (cria, recria e engorda) na entressafra, não se restringe à terminação de bovinos.

Fonte: Vilela et al., 2015.

Com intuito de testar a tecnologia do boi safrinha na região do Oeste Baiano, na safra de 2009-2010, a Embrapa Cerrados, em parceria com a Fazenda Triunfo, implantou um experimento de 200 ha. Nesse experimento, foram testadas duas alternativas ao sistema em uso na fazenda, que se baseava na semeadura do capim em pós-emergência da cultura de milho de primeira safra de verão. A fim de melhorar o rendimento operacional do plantio do consórcio de milho com braquiária, optou-se pela semeadura a lanço da braquiária imediatamente antes do plantio do milho. Além da *B. ruziziensis*, o consórcio de milho com *Brachiaria brizantha* cv. Piatã foi introduzido visando a diversificação do sistema e o aumento do potencial de produção de forragem. O rendimento de grãos de soja, em plantio direto, no resíduo pós-pastejo, foi 24% (774 kg) superior ao obtido na área sem braquiária. A evolução do sistema de ILP-safrinha de boi na Fazenda Triunfo, depois da realização do experimento na safra de 2010, foi expressiva. O crescimento anual de bovinos engordados foi de 45%. Além disso, ajustes no manejo animal e da pastagem associados à melhoria da genética animal, proporcionaram redução significativa na idade de abate – de 36 para 24 meses – e aumento de 29% no peso de carcaça, de 202 kg para 261 kg. A evolução do rebanho é um bom indicativo da viabilidade biológica e econô-

mica do sistema Triunfo de Safrinha de Boi. O sistema Triunfo de Safrinha de Boi, além de intensificar os fatores de produção na fazenda e melhorar a cobertura de solo para o sistema plantio direto, promoveu melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, redução da incidência de plantas invasoras e controle de algumas doenças das principais culturas cultivadas no Cerrado.

Inclusão do componente florestal nos sistemas integrados

A inclusão do componente arbóreo aos subsistemas lavouras e pastagens representa um avanço da ILP, evoluindo para o conceito de ILPF, quando se adota sua modalidade agrossilvipastoril. O componente agrícola pode restringir-se à fase inicial de implantação do componente florestal ou fazer parte do sistema por vários anos, sendo o componente pecuário o que permanece com o crescimento das árvores no estágio final da integração (Balbino et al., 2012).

Atualmente, as ações de conservação do solo e da água remetem o ecossistema agrícola a ser não apenas um provedor de alimentos e fibras para gerar de modo sustentável renda ao produtor e segurança alimentar, mas ser um provedor de serviços ambientais. Ou seja, a adoção de sistemas de produção sustentáveis que integram atividades agrícolas, pecuárias e/ou florestais são, na atualidade, as principais soluções tecnológicas para a agropecuária sustentável nos trópicos, uma vez que proporcionam muitos benefícios técnicos, econômicos, ambientais e sociais. O sistema integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) também tem grande potencial de acumular carbono. Esse sistema utiliza práticas agrícolas mais conservacionistas como o plantio direto, implantação de grãos consorciados com pastagem e a implantação de linhas de árvores.

A experiência da Embrapa Cerrados com o sistema ILPF começou no ano de 2009, com a implantação na unidade de uma área experimental que compreende aproximadamente 21 ha, com base em diferentes arranjos espaciais de eucalipto, de plantas nativas e de pastagem.

Nesse experimento, estão sendo realizadas diversas avaliações como a produtividade dos componentes agrícola, pecuário e florestal; avaliação dos estoques de C e N no solo, metano emitido pelos animais e óxido nitroso emitido pelo solo. Resultados preliminares desse experimento, em uma área anteriormente ocupada por pastagem degradada, indicam aumento de cerca de 6 t ha⁻¹ de carbono no solo na camada de 0 cm–100 cm, após 2 anos da implantação da pastagem entre as linhas de eucalipto. Esse aumento no estoque de carbono se deve principalmente às raízes da pastagem e às raízes e serapilheira do eucalipto. Nesse estudo são avaliados o crescimento anual das plantas, a dinâmica do carbono e as emissões de óxido nitroso do solo e as emissões de metano dos animais, com intuito de conciliar todas essas medidas para fazer o balanço final de carbono do sistema.

No primeiro desbaste florestal, aos 5 anos de idade das plantas, a estimativa do carbono mobilizado na madeira proveniente de 1 ha foi suficiente para compensar a emissão de carbono – na forma de metano – de 27 bovinos de 450 kg de peso vivo (Tabela 4). Esse resultado demonstra o grande potencial mitigador das emissões de CO₂ provenientes da atividade agropecuária.

Tabela 4. Estimativas dos estoques de carbono na madeira no primeiro desbaste aos 5 anos de idade das plantas de eucalipto da área experimental de ILPF na Embrapa Cerrados e o potencial de neutralização da emissão de GEEs.

| Espécie | Renque (m) | Nº linhas | Peso da árvore (kg) | C ⁽¹⁾ (kg/árvore) | Número de árvores cortadas | C (t/ha) | CO ₂ eq (t/ha) | PNEB ⁽²⁾ (UA/ha) |
|----------------------|------------|-----------|---------------------|------------------------------|----------------------------|----------|---------------------------|-----------------------------|
| <i>E. urograndis</i> | 22 | 2 | 153,20 | 70,50 | 192 | 13,53 | 48,70 | 27 |
| <i>E. cloeziana</i> | 22 | 7 | 92,15 | 42,40 | 505 | 21,41 | 77,06 | 43 |
| <i>E. urograndis</i> | 12 | 2 | 128,30 | 59,00 | 336 | 19,83 | 71,39 | 39 |

⁽¹⁾ Considerando 46% de carbono.

⁽²⁾ PNEB = Potencial de neutralização da emissão de GEEs de um bovino com 450 kg de peso vivo (~ 1,5 t/ha/ano de CO₂ eq.).

Considerações

Nesses 40 anos que se passaram depois do primeiro estudo com rotação lavoura-pasto e consórcio de arroz com braquiária na Embrapa Cerrados, os centros de pesquisa da Embrapa desenvolveram vários sistemas de integração lavoura-pecuária e integração lavoura-pecuária-florestas adaptados às diferentes condições edafoclimáticas e socioeconômicas do Brasil. Nesse contexto, é importante ressaltar o protagonismo da Embrapa Arroz e Feijão, na década de 1990, no desenvolvimento e difusão de sistemas de ILP – Sistema Barreirão com foco na recuperação de pastagens degradadas e Sistema Santa Fé para os produtores de grãos.

A Embrapa e diferentes instituições de pesquisa e de ensino, nas últimas duas décadas, têm contribuído muito para o avanço de conhecimentos e tecnologias em sistemas de integração lavoura-pecuária e lavoura-pecuária-floresta em suas diferentes modalidades. Os resultados obtidos em sistemas em integração com e sem componente florestal, quando bem manejados, propiciam diversos benefícios. Por todos estes aspectos, e pelo fato de que, com adoção dos sistemas de integração, é possível ampliar o aproveitamento dos fatores de produção e a oferta ambiental das áreas agrícolas entre 90 e 100% do tempo, pode-se concluir que tais sistemas se caracterizam como estratégias eficientes de intensificação sustentável do uso dos solos nas regiões tropicais.

Produtos, processos e serviços descritos no portfólio de tecnologias da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos

- 1) Análise do Impacto da Bovinocultura sobre a Qualidade da Água
- 2) Análise Financeira de Sistemas Produtivos Integrados
- 3) Boi Safrinha
- 4) Integração Lavoura-pecuária-floresta (ILPF)

Referências

- AYARZA, M.; VILELA, L.; RAUSCHER, F. Rotação de culturas e pastagens em solo de cerrado: estudo de caso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 1993, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBCS, 1993. p.121-122.
- BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; OLIVEIRA, P.; KLUTHCOUSKI, J.; GALERANI, P. R.; VILELA, L. Agricultura sustentável por meio da Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF). **Informações Agronômicas IPNI**, n. 138, p. 1-18, julho 2012.
- CARVALHO, S. I. C.; VILELA, L.; SPAIN, J. M.; KARIA, C. T. 1990. Recuperação de pastagens degradadas de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk na região dos Cerrados. **Pasturas Tropicais**, v. 12, n. 2, p. 24-28, 1990.
- EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. **Relatório técnico anual**. Brasília, DF. 1978. 184 p.
- EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1982-1985**. Planaltina, DF, 1987. 532 p.
- EMBRAPA. **Produtos, processos e serviços**. 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/produtos-processos-e-servicos>. Acesso em: 20 dez. 2015.
- SANTOS, F. C.; FILHO, M. R. A.; VILELA, L.; FERREIRA, G. B.; CARVALHO, M. C.; VIANA, J. H. M. Decomposição e liberação de macronutrientes da palhada de milho e braquiária, sob integração lavoura-pecuária no cerrado baiano. **Revista Brasileira Ciência Solo**, Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 38, p. 1855-1861, 2014.
- SOUSA, D. M. G.; VILELA, L.; REIN, T. A.; LOBATO, E. Eficiência da adubação fosfatada em dois sistemas de cultivo em um Latossolo de Cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBCS, 1997. 1 CD-ROM.
- SPAIN, J. M. **General comments related to rapid rural surveys, Cerrados: crop pasture integration**. Cali, CO: CIAT, 1993. 4 p.
- VILELA, L., BARCELLOS, A. de O.; SANZONOWICZ, C.; ZOBY, J. L. F. e SPAIN, J. M. **Recuperação de pastagem de *Brachiaria ruzizensis* através do uso de grade aradoura, nitrogênio e introdução de leguminosas**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1989. 4 p. (EMBRAPA-CPAC. Pesquisa em andamento, n. 27).
- VILELA, L.; MARCHÃO, R. L.; WRUCK, F. J.; OLIVEIRA, P.; PEDREIRA, B. C.; CORDEIRO, L. A. M. Práticas e manejo de sistemas de Integração Lavoura-Pecuária na Safra e Safrinha para as Regiões Centro-Oeste e Sudeste. In: CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; KLUTHCOUSKI, J.; MARCHÃO, R. L. (ed.). **Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 103- 119. (Coleção 500 Perguntas, 500 Respostas).
- VILELA, L.; MARTHA Jr. G.B.; MARCHÃO, R. L.; GUIMARÃES Jr. R.; BARIONI, L.G.; BARCELLOS, A. Integração lavoura-pecuária. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. (org.). **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008, v. 1, p. 933-962.
- VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G. B.; MACEDO, M. C. M.; MARCHÃO, R. L.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G. A. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1127-1138, out. 2011.
- VILELA, L.; MARTHA Jr., G. B. **Integração lavoura-pecuária no Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010. 3 p.



Tecnologias para Manejo Integrado de Insetos-Praga, Doenças e Plantas Daninhas

Roberto Teixeira Alves

José de Ribamar N. dos Anjos

Amábilio José Aires de Camargo

Charles Martins de Oliveira

Silvana Vieira de Paula Moraes

Alexandre Specht

Giuliano Marchi

Introdução

Desde a criação da Embrapa Cerrados, em 1975, as pesquisas na grande área de Fitossanidade também tiveram seus trabalhos iniciados. Nestes 40 anos da Embrapa Cerrados, as equipes das áreas de Entomologia, Fito patologia e Plantas Daninhas têm trabalhado com diferentes espécies de insetos-praga, doenças e plantas daninhas que afetam inúmeras culturas. Algumas tecnologias para o manejo integrado dessas pragas serão relatadas aqui.

Ainda é comum no meio agrônômico existir alguma confusão na conceituação dos organismos que causam danos econômicos às plantas, no entanto, a matéria já foi harmonizada pela *Convenção Internacional de Proteção Vegetal* (CIPV) e aprovada pela 29ª Sessão da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação – FAO, realizada em novembro de 1997, a qual definiu o termo praga como: "Qualquer espécie, variedade ou biótipo de vegetal, animal ou agente patogênico prejudicial aos vegetais ou aos produtos vegetais".

O surgimento de insetos-praga está relacionado ao aumento da oferta de alimentos para os insetos. As populações de insetos estão em equilíbrio na vegetação nativa, mas, quando se desmata e se cultiva outra espécie de planta nessa área, eliminam-se as barreiras naturais e aumenta-se a oferta de alimentos para aqueles insetos que preferem a nova espécie de planta. Com isso, a população de um ou mais insetos aumenta, sendo considerado inseto-praga quando atingem um nível populacional que dá prejuízo econômico ao agricultor.

Então, qualquer lavoura está sujeita ao inseto-praga. Não adianta se adotar práticas agrícolas modernas, obter e plantar a melhor semente, preparar bem o solo, se não monitorarmos os insetos-praga, as doenças e as plantas daninhas que podem provocar grandes perdas. O produtor vai enfrentar problemas com inseto-praga, doenças, nematoides e plantas daninhas constantemente e precisa aprender a conviver com isso da melhor forma possível.

Várias culturas contam com publicações da Embrapa Cerrados nas áreas da Entomologia, Fitopatologia e Plantas Daninhas. Entre elas: arroz, feijão, soja, milho, pinhão-mansão, plantas nativas, pastagem, trigo, cevada, cana-de-açúcar, mandioca, seringueira, café, acerola, graviola, maracujá, melão, banana e hortaliças.

Tecnologias desenvolvidas na Embrapa Cerrados

Entomologia

Na década de 1980, os lançamentos das forrageiras *Andropogon gayanus* (cultivar Planaltina) e *Brachiaria brizantha* (cultivar Marandu) resistentes ao ataque de cigarrinha-das-pastagens tiveram grande contribuição dos pesquisadores da Entomologia. Esses lançamentos proporcionaram novas alternativas de gramíneas forrageiras para os pecuaristas da região do

Cerrado (<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/98706/1/bolpd-07.pdf>).

A cigarrinha-das-pastagens continuou sendo foco das pesquisas nos anos 2000, com seus resultados contribuindo para o programa de melhoramento de *Brachiaria*. Foi realizado o registro da ocorrência da espécie de cigarrinha *Mahanarva spectabilis* associada ao capim *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Realizaram-se estudos sobre sua distribuição e impacto econômico em pastagens do Cerrado, além da adequação e validação de metodologia para seleção de híbridos resistentes. (www.cpac.embrapa.br/download/1209/t e www.cpac.embrapa.br/download/1469/t).

Tecnologias foram geradas visando o controle biológico de insetos-praga. Entre elas, o uso de micoinseticida para o controle biológico do percevejo-de-renda da seringueira envolvendo aspectos das etapas de produção, formulação e aplicação do fungo *Sporothrix insectorum*. (http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC-2009/24142/1/p2002_22.pdf).

Tecnologia que trata dos processos de produção, de formulação, de armazenamento e de aplicação de fungos entomopatogênicos foi gerada e desenvolvida para ajudar as biofábricas produtoras de fungos entomopatogênicos e laboratórios de instituições de pesquisa existentes no Brasil, além de estudantes de pós-graduação a obterem produtos com alta qualidade, pureza, eficientes e fáceis de serem utilizados. Informações são encontradas nos links: (<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/77782/1/doc-286.pdf>)

Para que sejam geradas as tecnologias de manejo integrado de pragas é preciso conhecer bem os insetos. Daí a importância dos trabalhos de caracterização da fauna de insetos do Cerrado, o monitoramento da diversidade de insetos em áreas agrícolas e reserva legal, e estudos bioecológicos de pragas-de-solo. A tecnologia adaptada para o desenvolvimento de armadilha luminosa visando aumentar a eficiência amostral de insetos noturnos é um bom exemplo e pode ser encontrada no link: (<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/99451/1/comtec-02.pdf>).

Foi desenvolvida uma tecnologia também voltada para a caracterização da fauna de insetos do Cerrado, que abrange diversos aspectos das etapas. Descreve detalhadamente desde a coleta no campo, o transporte do material, os protocolos de laboratório até a identificação e incorporação dos insetos na coleção que pode ser encontrada no link <https://www.embrapa.br/publicacoes-e-bibliotecas>.

A tecnologia para monitoramento da diversidade de insetos em áreas agrícolas e reserva legal atende a uma demanda de monitoramento da biodiversidade de insetos noturnos, incluindo pragas de culturas, especialmente em áreas agrícolas em que a monocultura é dominante. A metodologia abrange desde o desenho experimental para a amostragem dos insetos até as análises estatísticas adequadas que podem ser utilizadas. Para mais informações: (<https://www.embrapa.br/publicacoes-e-bibliotecas>).

A tecnologia para montagem e conservação de Coleção Entomológica com insetos representativos da entomofauna do Cerrado abrange todas as etapas que envolvem a organização e a conservação de insetos em uma coleção entomológica, bem como as atividades de curadoria e pode ser encontrada no link <https://www.embrapa.br/publicacoes-e-bibliotecas>.

O manejo integrado para controle de lepidópteros, principalmente na fase de lagarta, em sistemas de produção no Cerrado, é um dos mais importantes resultados da pesquisa. A equipe de Entomologia foi responsável pela detecção, mapeamento da ocorrência e proposições para o manejo de *Helicoverpa armigera* no Brasil. Foram estudadas a ocorrência e a densidade de espécies de lepidópteros-praga na paisagem agrícola do Oeste da Bahia, principalmente na cultura da soja. Esses estudos subsidiaram as orientações para o manejo da *Helicoverpa armigera* divulgadas na Caravana Embrapa, em 2014 e 2015. Para mais informações: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v48n6/15.pdf>; <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bits-tream/doc/1036481/1/botton1s2.0S0085562615001399main.pdf>; <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0119618>.

Entre as tecnologias que geram subsídios para o manejo de lepidópteros-praga, destacam-se a detecção e a ecologia do lepidóptero *Elaphria agrotina* alimentando-se na cultura do milho no Cerrado.

Tecnologias com informações sobre a biologia, ecologia e o comportamento de dois importantes insetos-praga (*Chrysodeixis includens* e *Spodoptera dolichos*) no Bioma Cerrado foram geradas para subsidiarem a tomada de decisão dentro de um programa de manejo integrado de pragas. Essas informações podem ser encontradas nos links: <http://www.scielo.br/pdf/rbent/v59n4/0085-5626-rbent-59-04-0343.pdf>; <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/139198/1/immature-development-of-spodoptera....pdf>; <https://academic.oup.com/ee/article/45/1/192/2465637>

Várias outras tecnologias voltadas para a Entomologia destacaram-se nesses 40 anos de pesquisa, como a confecção de dispositivo antipilhagem de iscas em armadilhas para coleta de besouros Coleoptera (Insecta). Os estudos de biodiversidade e a identificação de espécies bioindicadoras dependem da coleta dos organismos alvo em campo. A coleta de besouros (Insecta: Coleoptera), que se alimentam de materiais orgânicos em decomposição, pode ser comprometida pela pilhagem das iscas atrativas por pequenos mamíferos. Essa tecnologia permite a confecção e instalação de um dispositivo que impede que as iscas atrativas sejam retiradas das armadilhas. Mais informações: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/76019/1/comtec-173.pdf>

Outra tecnologia foi desenvolvida para estudos bioecológicos de pragas-de-solo, visando subsidiar a implementação do manejo integrado de pragas. O conhecimento da bioecologia dos insetos-praga é um componente essencial para implementação do manejo integrado de pragas. Essa tecnologia permite o desenvolvimento de estudos bioecológicos que poderão ser utilizados no manejo integrado de pragas-de-solo (pragas rizófagas) em sistema de produção de grãos. Mais informações: http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC-2009/28618/1/doc_199.pdf e http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC-2009/27468/1/doc_143.pdf

Uma nova tecnologia foi desenvolvida sobre o uso de artrópodes de solo como indicadores biológicos de sistemas de preparo do solo e de rotação de culturas mais sustentáveis. Artrópodes de solo respondem rapidamente às mudanças ambientais, principalmente aquelas provocadas pela ação do homem. Essa tecnologia permite a utilização de artrópodes de solo como indicadores para sistemas de preparo do solo e de rotação de cultura mais sustentáveis. Mais informações: http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC-2009/27807/1/bolpd_160.pdf e <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/75855/1/bolpd-273.pdf>

Fitopatologia

A equipe de Fitopatologia desenvolveu diversas tecnologias relativas à identificação de agentes causais, avaliação de genótipos quanto à resistência a doenças e medidas de controle de doenças das principais culturas de interesse econômico cultivadas no Cerrado.

Malformação da mangueira

No período de 1998-2000, na época da floração da mangueira, foram inspecionados 36 plantios comerciais de manga no Distrito Federal e nos municípios de Pirapora (MG), Janaúba (MG), Barreiras (BA), Campinorte (GO), Peixe (TO), Alvorada (TO) e Figueirópolis (TO) para avaliação da incidência e severidade da malformação da mangueira (MM) (*Fusarium sacchari*). As cultivares plantadas eram Tommy Atkins (55,56%), Haden (16,67%), Keitt (19,44) e Van Dyke (8,33%). Foram verificados sintomas de malformação vegetativa nos 36 plantios inspecionados e malformação floral em 34 (94,44%).

Para a avaliação da patogenicidade dos isolados do agente causal *F. sacchari* (*F. subglutinans*), foram inoculadas mudas da cv. Tommy Atkins com 88 isolados coletados no Cerrado. As avaliações sobre o aparecimento de sintomas foram efetuadas até 14 meses após a inoculação. Todos os isola-

dos causaram sintomas de MM, todavia a patogenicidade variou de 16,0% a 100% entre os isolados, sugerindo que há variabilidade patogênica entre eles. Posteriormente, foram avaliados 15 genótipos de manga quanto à reação a *F. sacchari*. A expressão de sintomas de MM variou de 18/20 (plantas sintomáticas no numerador e plantas inoculadas no denominador) na cv. Haden, a 2/20 na linhagem da Embrapa Cerrados 165/94. Sugerindo, também, haver variabilidade genética entre genótipos de manga quanto à reação a esse fungo.

Atualmente, pelo menos outras cinco espécies de *Fusarium* são relatadas como agentes causais da MM: *F. mangiferae*, *F. mexicanum*, *F. sterilihyphosum*, *F. proliferatum* e *F. tuiense*.

Informações são encontradas no link https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC-2009/24680/1/doc_53.pdf.

Endurecimento dos frutos do maracujazeiro (EF)

A resistência genética de genótipos do gênero *Passiflora* é a medida mais eficiente para o controle dessa doença. No trabalho desenvolvido na Embrapa Cerrados, objetivou-se avaliar a reação de espécies nativas de *Passiflora* a um isolado do agente causal da doença, *Cowpea aphid-borne mosaic virus* (CABMV). A inoculação foi efetuada mecanicamente em mudas com duas folhas expandidas, em casa de vegetação. A avaliação da infecção viral foi efetuada observando-se a expressão dos sintomas da doença aos 30 e 60 dias após a inoculação. Nas condições do experimento, a relação de plantas com sintomas/plantas inoculadas variou de 0/20 em *P. misera* e *P. suberosa* a 20/20 em *P. nitida*, *P. edulis* var. *kerii* e no híbrido BR Sol do Cerrado. Demonstrando, portanto, que *P. misera* e *P. suberosa* têm potencial para uso em programas de melhoramento genético para resistência ao CABMV.

Essa tecnologia está disponível no link <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/567061>.

Mofo-branco do feijoeiro (MBF)

Utilizando-se um sistema de irrigação por aspersão e duas cultivares de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*), sob os sistemas de plantio direto e convencional, verificou-se aumento da intensidade do mofo-branco, causado por *Sclerotinia sclerotiorum*, e da produção de escleródios com o incremento da lâmina d'água. Maior severidade e incidência da doença ocorreram na cultivar de porte prostrado em cultivo convencional. Nos 2 anos do experimento, a intensidade da doença, a produção de escleródios e a formação de apotécios foram menores no sistema de plantio direto do que no convencional. Em ambos os experimentos, foi detectado cerca de quatro vezes mais escleródios no resíduo da trilhadora no plantio convencional do que no plantio direto, mostrando que a produção de inóculo para as safras subsequentes no plantio convencional é maior do que no direto. Este é um fato relevante, considerando-se a importância do inóculo inicial para as doenças monocíclicas, como é o caso do mofo-branco do feijoeiro, e tem implicações diretas na sustentabilidade do sistema de produção irrigado de inverno.

Informações sobre essa tecnologia são encontradas no link www.scielo.br/pdf/fb/v30n4/a06v30n4.pdf.

Podridão vermelha da raiz da soja

Este trabalho teve como objetivo a caracterização, em campo, de uma série de genótipos de soja quanto à resistência à podridão vermelha da raiz, em solos naturalmente infestados. Foram testados 71 genótipos de soja, sendo 16 do ciclo de maturação precoce, 28 do ciclo de maturação médio e 27 do ciclo de maturação tardio, em quatro localidades, no entorno do Distrito Federal. A caracterização da doença foi realizada por meio dos níveis de incidência e severidade dos sintomas foliares. Genótipos com altos níveis de resistência à doença foram observados nos três grupos de maturação, em cultivares e linhagens em fase final de melhoramento. Informações sobre essa tecnologia são encontradas no link <http://www.ceres.ufv.br/ojs/index.php/ceres/article/view/3967/1804>.

Antracnose de Stylosanthes

A avaliação de acessos de *Stylosanthes* spp. em relação à antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*), em condições de Campo, no Distrito Federal, gerou tecnologias disponíveis ao produtor rural. Quinze acessos e cultivares de *Stylosanthes guianensis*, cinco de *S. capitata*, três de *S. macrocephala*, nove de *S. scabra*, duas cultivares de *S. seabrana* e o Estilosantes Campo Grande (80% *S. capitata* + 20% *S. macrocephala*) foram avaliados, periodicamente, em 1999, 2000 e 2001, quanto à ocorrência natural de antracnose em Planaltina, DF. A severidade da doença variou de baixa a alta nos acessos e cultivares avaliados no período de duração do experimento. A antracnose foi mais severa nos acessos de *S. guianensis*, mas a cv. Mineirão, CPAC 1132/CIAT 1890, BRA 015725/CIAT 1507 e BRA 011975/CPAC 1114/CIAT1283 foram resistentes. Oito dos nove acessos de *S. scabra* foram também resistentes. A resistência se fez presente em todos os acessos avaliados de *S. macrocephala*, de *S. capitata*, nas duas cultivares de *S. seabrana* e no Estilosantes Campo Grande. Das cinco espécies de *Stylosanthes* avaliadas, somente o *S. guianensis* teve acessos que não foram replantados no ano 2000 pela boa sobrevivência nas condições do DF durante o período do experimento.

A solução tecnológica traz informações sobre a resistência de genótipos de *Stylosanthes* spp. à antracnose, o que possibilita a recomendação de cultivares resistentes para uso comercial ou em programas de melhoramento genético. Informações podem ser encontradas no link www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/567953.

Mancha foliar em capim-elefante

Pesquisou-se a mancha foliar (*Bipolaris maydis*) em capim-elefante no Cerrado do Brasil Central, em 2005 e 2006. Testes de patogenicidade do fungo em mudas sadias de capim-elefante, em casa de vegetação, e o subsequente reisolamento do fungo confirmaram que *B. maydis* era o agente causal das lesões foliares observadas. Os primeiros sintomas apareceram dois dias após a inoculação. Onze outras espécies de gramíneas foram sus-

cetíveis ao fungo. A solução tecnológica traz informações sobre a ocorrência de *B. maydis* em capim-elefante (*P. purpureum*), permitindo que sejam adotadas medidas de manejo da mancha foliar causada por esse fungo. Informações podem ser encontradas no link <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC-2010/30758/1/43n11a25.pdf>

Carvão de Panicum maximum

Avaliou-se a resistência genética de genótipos de *P. maximum* ao fungo *Tilletia ayresii*, agente causal do carvão. A doença reduz significativamente a produção de sementes porque parasita especificamente as espiguetas. Foram avaliados 24 genótipos, dos quais 11 promissores: PM 44, Vencedor, Milênio, PM 45 (Tamani), PM 43, PM 40, PM 39, PM 32 (Zuri), Aruana, Masai e PM 31. A solução tecnológica traz informações sobre a resistência de genótipos de *P. maximum* ao carvão, cuja importância é a possível recomendação de cultivares resistentes para uso comercial ou para uso em programas de melhoramento genético. Informações podem ser encontradas no link <https://www.embrapa.br/cerrados/publicacoes/>.

Manejo de Plantas Daninhas

O manejo de plantas daninhas é de extrema importância, pois elas competem com a cultura principal em termos de água, luz e nutrientes contidos no solo.

Tecnologias sobre o manejo de plantas daninhas na safrinha com ênfase em banco de sementes e produção de soja foram desenvolvidas. Os estudos sobre bancos de sementes de plantas daninhas fornecem informações importantes acerca de sua diversidade e sobre o efeito do manejo das culturas na comunidade de plantas. As espécies de plantas daninhas e sua densidade podem afetar o rendimento da soja. O material testado mostrou que o manejo de plantas daninhas durante a safrinha cultivada em 2007–2008 não apresentou efeitos no rendimento da cultura subsequente, a soja, na colheita de 2008–2009. Em geral, com o cultivo, houve um aumento na diversidade em todos os tratamentos. A espécie de planta daninha mais im-

portante pelo índice de importância foi a *Commilina benghalensis*, seguida por *Richardia brasiliensis*. Em 2008, a segunda espécie de planta daninha mais importante foi *Digitaria horizontalis*.

Outra tecnologia é sobre os herbicidas: mecanismos de ação e sua utilização. A solução tecnológica traz orientações para entendimento e escolha de herbicidas para aplicação em diferentes culturas, que facilitam a determinação do tipo de herbicida em função de seu mecanismo de ação (<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC-2010/30295/1/doc-227.pdf>).

Considerando a possibilidade de atrasar o crescimento inicial de gramináceas forrageiras por meio de sementes em maior profundidade de forma a proporcionar vantagem competitiva à cultura de grãos em sistemas consorciados, uma tecnologia foi gerada avaliando-se a emergência e o crescimento de cultivares de *Urochloa* spp. em diferentes profundidades de sementeira. A profundidade de sementeira próxima de 0 cm causa atraso na emergência de plântulas de *U. brizantha* cv. Marandu, *U. brizantha* cv. Piatã e *U. decumbens* cv. Basilisk. Nessa profundidade, todas as cultivares apresentaram valores de altura média das plantas e produção de massa de matéria seca por planta estatisticamente similares às profundidades de plantio usadas comercialmente. Informações podem ser encontradas no link http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582013000100008&lng=pt&nrm=iso&tlng=en.

Lixiviação de herbicidas no solo aplicados com água de irrigação em plantio direto

Esta solução tecnológica visou avaliar a lixiviação no solo dos herbicidas metolachlor e fomesafen aplicados com água de irrigação de pivô central, nos plantios direto (palha de milho e de plantas daninhas) e convencional, na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*), em um Argissolo Vermelho-Amarelo câmbico. No plantio direto, o metolachlor, independentemente do método de aplicação, não sofreu lixiviação nem apresentou atividade no solo aos 15 dias após a aplicação. No plantio convencional, a herbicidação do

metolachlor só afetou o crescimento do sorgo cultivado na camada de solo mais superficial (0 cm–5 cm de profundidade) aos 15 dias após a aplicação. O fomesafen, independentemente do método de aplicação e do sistema de plantio, foi lixiviado até 10 cm de profundidade e detectado até na última data de amostragem (60 dias após a aplicação). Informações sobre essa tecnologia podem ser encontradas no link http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-83582004000400018&script=sci_arttext.

Tecnologias sobre o manejo integrado de plantas daninhas são essenciais à produção agrícola sustentável, com redução de custos de produção e impactos ambientais negativos. As plantas daninhas não são necessariamente indesejáveis e, em certas situações, são mais benéficas que prejudiciais, contribuindo para a integração de métodos de controle. O modo mais eficaz de se combater as plantas daninhas é pelo uso combinado de diferentes práticas e meios com aproveitamento dos recursos disponíveis, visando maior eficácia, redução de custos, maior segurança para o homem e mínima contaminação do meio (http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC-2009/27986/1/doc_103.pdf).

Na Tabela 1, são listados os principais produtos tecnológicos desenvolvidos e caracterizados pelo grupo de trabalho sobre Tecnologias geradas pela equipe de Fitossanidade, os quais foram apresentados na *Reunião Anual de Apresentação de Resultados da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos*. Na Tabela 1, são mencionados os profissionais responsáveis pelo levantamento das informações da respectiva tecnologia que foi inserida no Sistema GES-TEC e disponibilizada para a sociedade por meio do portal da Embrapa.

Tabela 1. Processos, produtos e serviços desenvolvidos na área relacionada Fitossanidade, apresentados na *Reunião Anual de Apresentação de Resultados da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos*, inseridos no Sistema Gestec e disponibilizados para a sociedade por meio do portal da Embrapa.

Grupo de trabalho: Fitossanidade/Entomologia/Fitopatologia/Plantas Daninhas

| Nº | Solução tecnológica | Tipo |
|----|---|--|
| 1 | Gramíneas forrageiras resistentes ao ataque de cigarrinha-das-pastagens | Produto/Cultivar e Serviço/Treinamento/Capacitação |
| 2 | Processos de produção, formulação, armazenamento e aplicação de fungos entomopatogênicos | Processo/Processo Agroindustrial e Serviço/Treinamento/Capacitação |
| 3 | Controle biológico do percevejo-de-renda da seringueira com o uso de micoinseticida formulado em óleo emulsionável | Produto/Bioproductos, formulações e congêneres e Serviço/Treinamento/Capacitação |
| 4 | Desenvolvimento de armadilha luminosa visando aumentar a eficiência amostral de insetos noturnos | Processo/Metodologia e Serviço/Treinamento/Capacitação |
| 5 | Tecnologias para caracterização da fauna de insetos do Cerrado | Processo/Metodologia e Serviço/Treinamento/Capacitação |
| 6 | Tecnologia para monitoramento da diversidade de insetos em áreas agrícolas e reserva legal | Processo/Metodologia e Serviço/Treinamento/Capacitação |
| 7 | Tecnologia para montagem e conservação de coleção entomológica com insetos representativos da entomofauna do Cerrado | Ativo de base tecnológica/Coleção Entomológica e Serviço/Treinamento/Capacitação |
| 8 | Tecnologia para confecção de dispositivo antipilhagem de iscas em armadilhas para coleta de Coleoptera (Insecta) | Processo/Metodologia e Serviço/Treinamento/Capacitação |
| 9 | Tecnologia para estudos bioecológicos de pragas-de-solo visando subsidiar a implementação do manejo integrado de pragas | Processo/Metodologia e Serviço/Treinamento/Capacitação |

Continua...

Tabela 1. Continuação.

| Nº | Solução tecnológica | Tipo |
|----|--|--|
| 10 | Tecnologia para uso de artrópodes de solo como indicadores biológicos | Processo/Metodologia e Serviço/Treinamento/ Capacitação |
| 11 | Validação de protocolo de criação massal de cigarrinha-das-pastagens e avaliação da resistência de <i>Brachiaria</i> spp. | Processo/Metodologia e Serviço/Treinamento/ Capacitação |
| 12 | Metodologia de coleta de amostras, extração de DNA e obtenção de marcadores moleculares para estudos de <i>Mahanarva spectabilis</i> | Processo/Metodologia e Serviço/Treinamento/ Capacitação |
| 13 | Deteção, mapeamento da ocorrência e proposições para o manejo de <i>Helicoverpa armigera</i> no Brasil | Processo/Metodologia e Serviço/Análise e Levantamento/Mapeamento e Zoneamento e Treinamento/ Capacitação |
| 14 | Deteção e ecologia de <i>Elaphria agrotina</i> no Cerrado | Processo/Metodologia e Serviço/Análise e Levantamento/Mapeamento e Zoneamento e Treinamento/ Capacitação |
| 15 | Biologia, ecologia e comportamento de <i>Chrysodeixis includens</i> e <i>Spodoptera dolichos</i> | Processo/Metodologia e Serviço/Análise e Levantamento/ Monitoramento e Treinamento/Capacitação |
| 16 | Manejo de plantas daninhas na safrinha: banco de sementes e produção de soja | Serviço/Análise/Levantamento e Serviço/Treinamento/ Capacitação |
| 17 | Lixiviação de herbicidas no solo aplicados com água de irrigação em plantio direto | Processo/prática agropecuária e Serviço/Treinamento/ Capacitação |
| 18 | Emergência e crescimento inicial de cultivares de <i>Urochloa</i> em diferentes profundidades de semeadura | Processo/prática agropecuária e Serviço/Treinamento/ Capacitação |
| 19 | Herbicidas: mecanismos de ação e uso | Serviço/Treinamento/ Capacitação |

Continua...

Tabela 1. Continuação.

| Nº | Solução tecnológica | Tipo |
|----|---|--|
| 20 | Manejo integrado de plantas daninhas | Processo/prática agropecuária e Serviço/Treinamento/ Capacitação |
| 21 | Patogenicidade de isolados de <i>Fusarium sacchari</i> de mangueira do Cerrado do Brasil Central | Processo/ Metodologia e Serviço/Treinamento/ Capacitação |
| 22 | Intensidade de mofo-branco do feijoeiro em plantio convencional e direto sob diferentes lâminas d'água | Serviço/Treinamento/ Capacitação |
| 23 | Caracterização de genótipos de soja na região dos Cerrados quanto à reação à podridão vermelha da raiz, causada pelos fungos <i>Fusarium tucumaniae</i> e <i>Fusarium brasiliense</i> | Serviço/Treinamento/ Capacitação |
| 24 | Reação de genótipos de maracujazeiro ao Cowpea aphid-borne mosaic virus | Serviço/Treinamento/ Capacitação |
| 25 | Avaliação de acessos de <i>Stylosanthes</i> spp. em Relação à Antracnose, em condições de Campo, no Distrito Federal, Brasil | Serviço/Análise/Levantamento |
| 26 | Mancha foliar em capim-elefante no Cerrado do Brasil Central causada por <i>Bipolaris maydis</i> | Serviço/Análise/Levantamento |
| 27 | Avaliação da Resistência Genética de Genótipos de <i>Panicum maximum</i> ao fungo <i>Tilletia ayresii</i> | Serviço/Análise/Levantamento |

Consideração final

Toda a equipe de Fitossanidade, na qual se inclui a Entomologia, a Fitopatologia e as Plantas Daninhas, gerou essa quantidade de tecnologias apresentadas que foram frutos de muito trabalho e dedicação, visando cumprir a missão da Embrapa que é viabilizar soluções de pesquisa, desenvolvimento e inovação para a sustentabilidade da agricultura, em benefício da sociedade brasileira.

Produtos, processos e serviços descritos no portfólio de tecnologias da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos

- 1) Adequação e Validação do Protocolo de Criação Massal de Cigarrinhas-pastagens do CIAT e Avaliação da Resistência de *Brachiaria* spp. para o Brasil
- 2) Análise da Segurança de Agentes Microbiológicos para Controle de Pragas
- 3) Artrópodes Edáficos: influência dos sistemas de preparo do solo e de rotação de culturas
- 4) Avaliação da Lixiviação de Herbicidas no Solo Aplicados com Água de Irrigação em Plantio Direto
- 5) Besouro Coprófago para Controle Biológico da Mosca-dos-chifres
- 6) Biologia, Ecologia e Comportamento de *Chrysodeixis includens* e *Spodoptera dolichos*
- 7) Detecção e Ecologia de *Elaphria agrotina* no Cerrado
- 8) Detecção, Mapeamento da Ocorrência e Proposições para o Manejo de *Helicoverpa armigera* no Brasil
- 9) Estudo Bioecológico do Coró-das-hortaliças (*Aegopsis bolboceridus* Thomson)
- 10) Estudo Bioecológico do Coró-da-soja-do-cerrado (*Phyllophaga capillata* Blanchard)
- 11) Estudos Bioecológicos de Pragas-de-solo Visando Subsidiar a Implementação do Manejo Integrado de Pragas
- 12) Guia de Herbicidas: mecanismos de ação e uso
- 13) Informações e Subsídios sobre Manejo Integrado de Plantas Daninhas
- 14) Manejo de Plantas Daninhas na Safrinha: banco de sementes e produção de soja

- 15) Método de Confecção de Dispositivo Antipilhagem de Iscas em Armadilhas para Coleta de Coleoptera (Insecta)
- 16) Método de Preparação e Conservação de Material Biológico em Coleção Entomológica
- 17) Metodologia de Caracterização da Fauna de Insetos do Cerrado
- 18) Metodologia de Coleta de Amostras, Extração de DNA, e Obtenção de Marcadores Moleculares para Estudos de *Mahanarva spectabilis*
- 19) Metodologia de Monitoramento da Diversidade de Insetos Noturnos em Áreas Agrícolas e Reserva Legal
- 20) Micoinseticida para o Controle Biológico do Percevejo-de-renda da Seringueira
- 21) Modelo Alternativo de Armadilha Luminosa para Insetos
- 22) Processos de Produção, Formulação, Armazenamento e Aplicação de Fungos Entomopatogênicos
- 23) Uso de Artrópodes de Solo como Indicadores Biológicos



Nutrição, Sanidade, Melhoramento Genético e Reprodução Animal

Roberto Guimarães Júnior

Carlos Frederico Martins

Cláudio Ulhôa Magnabosco

Isabel Cristina Ferreira

Marcos Fernando Oliveira e Costa

Luiz Carlos Stahnke Jung

Luiz Osvaldo Fonseca Rezende (in memoriam)

Eduardo da Costa Eifert

Rui Fonseca Veloso

Álvaro Moraes da Fonseca Neto

Heidi Christina Bessler Cumpa

Introdução

A Embrapa, desde a sua criação, esteve comprometida com o desenvolvimento de tecnologias para a área de produção animal na região do Cerrado. Na década de 1970, alguns dos principais problemas enfrentados pela pecuária nacional diz respeito à carência de tecnologias relacionadas ao manejo reprodutivo, sanitário e nutricional do rebanho bovino, criado essencialmente a pasto (Saueressig; Rocha, 1985). Além disso, os animais eram pouco especializados para a produção de carne e/ou leite, consequência da incipiência dos programas de melhoramento genético e de biotécnicas da reprodução. Nessa época, não havia suplementos alimentares específicos que possibilitassem suprir a deficiência de nutrientes que a pastagem não disponibilizava ao longo do ano, em especial, no período seco. Como consequência, os animais engordavam no período chuvoso e, no período de seca, perdiam peso (Lopes et al., 1995).

A prevenção de doenças em rebanhos era elementar. Cronogramas para vacinação e controle de verminoses não eram utilizados sistematica-

mente nas propriedades (Saueressig; Saueressig, 1992). Portanto, os rebanhos apresentavam altas taxas de mortalidade ou reduzidos índices de produtividade. Nesse cenário, a pecuária, na região do Cerrado, apresentava níveis de produtividade críticos, ocupava grandes áreas de pasto, sendo pouco expressiva para o país.

Principais tecnologias geradas

Algumas das tecnologias geradas (produtos) pelas ações de Pesquisa Desenvolvimento e Inovação (P&D&I) na área de produção animal envolveram a disponibilização para a sociedade brasileira de recomendações técnicas, procedimentos, software e animais com mérito genético superior para solucionar os principais problemas relacionados à baixa produtividade animal no Cerrado. Essas tecnologias tiveram papel fundamental para alavancar a bovinocultura, fazendo com que a região do Cerrado seja a principal responsável pela produção de carne no país e, também, para que o Brasil se tornasse o principal exportador de carne bovina do mundo (Tabela 1).

Tabela 1. Principais tecnologias desenvolvidas pela Embrapa Cerrados: nutrição, sanidade, melhoramento genético e reprodução.

| Nº | Solução tecnológica | Tipo | Ano |
|----|--|--------------------------------|------|
| 1 | Manejo da reprodução de gado de corte na região dos Cerrados | Processo/Prática Agropecuária | 1985 |
| 2 | Manejo sanitário para bovinos de corte | Processo/Prática agropecuária | 1986 |
| 3 | Controle biológico da Mosca-dos-chifres | Processo/Prática agropecuária | 1992 |
| 4 | Sistema de produção para pecuária bovina de duplo propósito | Processo/ Prática Agropecuária | 1993 |
| 5 | Utilização da mandioca na alimentação animal | Processo/Prática agropecuária | 1993 |

Continua...

Tabela 1. Continuação.

| Nº | Solução tecnológica | Tipo | Ano |
|----|--|-------------------------------|------|
| 6 | Mistura múltipla Embrapa para suplementação de baixo custo do gado na época da seca | Processo/Prática agropecuária | 1995 |
| 7 | Fontes Alternativas de Fósforo para a Redução de Custos do Sal Mineral para Bovinos | Processo/Prática agropecuária | 1997 |
| 8 | Estimativa do número de receptoras em programas de transferência de embriões | Processo/ Metodologia | 1999 |
| 9 | Linhagem Nelore BRGN – Brasil Genética Nelore – para a pecuária a pasto no Cerrado | Raça/Tipo | 2001 |
| 10 | Ferramenta para avaliar a integridade do DNA de espermatozoides bovinos | Processo/ Metodologia | 2007 |
| 11 | Técnica de recuperação e criopreservação de espermatozoides do epidídimo de bovinos mortos | Processo/ Metodologia | 2008 |
| 12 | Capacitação em Inseminação Artificial | Treinamento | 2009 |
| 13 | Software Invernada para gestão alimentar de rebanhos bovinos | Produto/Software | 2011 |
| 14 | Clonagem animal por Transferência Nuclear com Células do Tecido Adiposo | Produto/Animal | 2013 |
| 15 | Atlas de Morfologia Espermática | Processo/ Metodologia | 2015 |

Nutrição

As tecnologias na área de nutrição animal iniciaram com recomendações técnicas sobre a utilização da mandioca na alimentação animal (Carvalho, 1983; Carvalho et al., 1983 a, b; Fialho; Vieira, 2011; Fialho et al., 2013). A mandioca, por suas características nutritivas, tanto a raiz quanto a parte aérea podem também ser utilizadas com sucesso na alimentação de ruminantes e monogástricos. A Embrapa Cerrados formatou orientações técni-

cas sobre o processamento e uso da parte aérea e da raiz da mandioca na alimentação de ruminantes e monogástricos, com vistas a orientar extensio- nistas e pecuaristas. Foram estabelecidas as formas e as quantidades de in- corporação de diferentes partes da planta nas dietas, dando segurança para o seu correto uso como alimento para a alimentação animal. A utilização racional da mandioca na alimentação de bovinos provê uma solução para o problema da perda de peso ou baixo desempenho de ruminantes mantidos a pasto, na época seca. Adicionalmente, é uma alternativa alimentar a con- centrados comerciais formulados à base de milho, cujo preço muitas vezes inviabiliza a suplementação desses animais.

Os trabalhos na área de suplementação mineral para bovinos na Embra- pa Cerrados tiveram início em 1975, quando níveis de minerais foram de- terminados em amostras de solo, pastagem e tecido animal. As tecnologias geradas pelo trabalho liderado pelo pesquisador Henrique Otávio da Silva Lopes foram fundamentais para o desenvolvimento da pecuária de corte e da indústria de rações no Brasil. À época, foram disponibilizadas orienta- ções técnicas sobre suplementos minerais para bovinos na região do Brasil central. Animais que passaram a consumir suplementos contendo fontes de fósforo ganhavam, em média, 120 kg de peso vivo a mais por ano, quando comparados a animais consumindo misturas desbalanceadas, que, muitas vezes, apresentavam somente o sal comum em sua composição.

Dos nutrientes minerais que compõem os suplementos minerais, o fós- foro tem grande importância, pela sua função no metabolismo do animal e também por ser responsável por 75% a 85% do custo final desses produtos. Diante disso, fontes alternativas de fósforo capazes de substituir o fosfato bicálcico com eficácia e segurança para a saúde dos animais – especialmen- te o superfosfato triplo (produzido de rocha fosfática brasileira – Tapira), de menor custo –, foram testadas pela Embrapa Cerrados e validadas em fazendas de pecuária de corte no Cerrado. As fontes de fósforo testadas demonstraram ser alternativas biologicamente viáveis e economicamente vantajosas para incorporação em suplementos minerais (Lopes et al., 1994). Na ocasião, o uso dessa tecnologia possibilitou um lucro marginal em fazen- das de pecuária de corte em até R\$ 6,00 por cabeça por ano. Além disso, as orientações técnicas oriundas dessas pesquisas balizaram a alteração de

normativas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento que estabeleciam os níveis críticos de flúor em suplementos para ruminantes. Foi comprovado que níveis mais elevados de flúor poderiam ocorrer em misturas múltiplas e outros suplementos minerais para bovinos sem apresentar problemas para a saúde desses animais.

Mesmo com os incrementos no desempenho proporcionados pelo uso de suplementos minerais (sal mineral), os animais continuavam perdendo peso no período seco do ano. Assim, a linha de pesquisa focou no desenvolvimento de uma formulação que viabilizasse em um mesmo suplemento, além de minerais, fontes de proteínas e energia em doses econômicas e suficientes para reverter o quadro de perda de peso na seca. Um dos primeiros ensaios foi realizado em 1989 e, em 1995, a Embrapa Cerrados lançou orientações técnicas para a formulação de um produto que revolucionou a pecuária de corte a pasto no Cerrado: a mistura múltipla, descrita na Tabela 2 (Lopes et al., 1995).

Tabela 2. Fórmula da mistura múltipla desenvolvida pela Embrapa Cerrados.

| Ingrediente | Quantidade |
|---|------------|
| Milho triturado | 27,0 (kg) |
| Fonte de fósforo (superfosfato triplo ou fosfato bicálcico) | 16,0 (kg) |
| Ureia | 10,0 (kg) |
| Farelo de algodão | 15,0 (kg) |
| Flor de enxofre | 1,3 (kg) |
| Sulfato de zinco | 600 (g) |
| Sulfato de cobre | 80 (g) |
| Sulfato de cobalto | 20 (g) |
| Sal branco | 30,0 (kg) |
| Total | 100,0 (kg) |

Fonte: Lopes et al. (1995)

A mistura múltipla é uma fórmula de suplemento a ser fornecido para qualquer categoria de bovinos mantidos a pasto na região do Cerrado cujo objetivo é corrigir as deficiências de proteína, energia e minerais no período da seca. Durante esse período, animais mantidos a pasto consumindo a mistura apresentaram ganho de peso até duas vezes superior quando comparados a bovinos suplementados exclusivamente com suplemento mineral, que ganharam em média 150 g por animal por dia. Além disso, os estudos de viabilidade econômica realizados na década de 1990 estimaram uma vantagem média de dois dólares por cabeça para os animais que receberam a mistura múltipla. Pela relação custo benefício favorável ao uso desse produto pelos produtores, a demanda por suplementos dessa natureza aumentou significativamente no país, podendo-se inferir que a mistura múltipla foi uma das responsáveis por alavancar a indústria de suplementos minerais no Brasil. A partir dessa fórmula inicial, vários produtos foram desenvolvidos e têm sido aprimorados por diferentes empresas da área de nutrição de ruminantes.

Outro resultado de pesquisa importante para a melhoria da nutrição animal foi o lançamento do software Invernada (Figura 1). O Embrapa Invernada é uma ferramenta de apoio ao planejamento de produção de bovinos de corte, que incorpora um banco de dados de clima e alimentos para simular o crescimento de pastagens, do pastejo e do crescimento de animais. Esse produto foi desenvolvido pela Embrapa Cerrados e Embrapa Informática Agropecuária, sob a liderança do pesquisador Luís Gustavo Barioni, em parceria com a iniciativa privada. O software oferece informações e mecanismos que auxiliam nas estimativas de produtividade de pastagens, qualidade de forragem, pastejo seletivo, dinâmica de crescimento dos animais, otimização de dietas e análise de toda atividade de produção com comparação de cenários. Em síntese, por intermédio desse produto tecnológico gratuito, o produtor pode, por meio de estimação de cenários, traçar planos nutricionais para seus animais. O software, que até outubro de 2015 já registrava mais de 5 mil downloads, está disponível em <http://www.invernada.cnptia.embrapa.br/web/principal>.



Figura 1. Software Invernada.

Sanidade

As pesquisas na área de sanidade animal da Embrapa Cerrados foram desenvolvidas pela pesquisadora Telma Maria Saueressig e equipe composta por Moacir Gabriel Saueressig e Eurípedes Alves Pereira. O desafio inicial foi estabelecer um calendário sanitário para as principais doenças que causavam prejuízo econômico na bovinocultura. Isto, com base em estudos epidemiológicos para a região do Cerrado, com peculiaridades como estação seca e chuvosa marcantes, que interferem na biologia de insetos e na duração do ciclo de vida dos parasitos nas fases de vida livre e parasitária.

Em 1986, foram divulgadas tecnologias para atender a demanda sobre tipos e épocas (momentos) para a utilização de vacinas, vermífugos e inseticidas e como realizar o controle de ectoparasitos de forma racional na região do cerrado. A recomendação de vacinação contra as principais doenças que causavam prejuízos consideráveis para a pecuária bovina abrangia a febre aftosa, carbúnculos hemático e sintomático, brucelose, raiva e pneumoenterite. Havia ainda a indicação do protocolo de combate estratégico aos endo e ectoparasitos (Saueressig et al., 1986).

Seis anos depois, permaneceu a recomendação de vacinação contra as doenças já estabelecidas no calendário anterior, com a inclusão da vaci-

nação contra botulismo e iniciou-se a indicação de um esquema provisório para controle da mosca-do-chifre (Saueressig; Saueressig, 1992).

Um estudo completo, que culminou em importantes recomendações, foi realizado sobre o diagnóstico e o controle da mosca-dos-chifres (*Haematobia irritans*). Abordaram-se a descrição morfológica para identificação do inseto bem como a importância do controle em virtude das perdas econômicas. A relevância do controle integrado foi ressaltada, uma vez que o uso exclusivo de produtos químicos para controle da mosca-dos-chifres desenvolvia resistência a eles, e alterava a população de carrapatos, além de interferir na estabilidade enzoótica de outra doença, a tristeza parasitária bovina. O ponto fundamental era o controle da mosca dos estábulos e da mosca-dos-chifres que foi proposto por meio do controle biológico. Para tanto, foi introduzido e monitorado o besouro africano *Digitonthophagus gazella* (Fabricius, 1787) nas fazendas e realizadas avaliações pertinentes. O besouro africano foi escolhido porque os besouros nativos não tinham atividade biológica suficiente para remover ou destruir as placas de fezes, principalmente no período da seca, que é estratégico para o controle de moscas. Além de benefícios no controle de nematódeos intestinais. Por muitos anos, a Embrapa Cerrados manteve colônia do besouro coprófago para estudos locais de comportamento a campo e para ampla distribuição de casais, via correios, para pecuaristas do Brasil, juntamente com as instruções para a implantação de criatórios desses insetos. A eficiência dos besouros no controle biológico da mosca-dos-chifres era de 40% (Saueressig, 1992) (Figura 2).

A recomendação foi controle químico estratégico no início e final do período seco, à base de piretroides e organofosforados, respectivamente; e, no período chuvoso, tratar somente em altas infestações. O protocolo ainda indicou brincos inseticidas à base de piretroides não mais que 3 meses. A indicação do controle biológico incluiu a introdução de 100 casais de besouro coprófago por hectare na propriedade com objetivo de destruir o bolo fecal e o ambiente de desenvolvimento de vermes e insetos. Além disso, houve divulgação da tecnologia de criação massal do besouro coprófago que abordaram o passo a passo de obtenção em laboratório e as características para identificação de machos de fêmeas. Também foi identificado os defensivos

que, usados de forma integrada ao controle biológico, não deixavam resíduos tóxicos aos besouros coprófagos (Saueressig, 1993).



Figura 2. Publicação da Embrapa Cerrados sobre mosca dos chifres, do Tipo Folhetos No. 43.

A Circular Técnica 35 de janeiro (1998), para controle sanitário, manteve o protocolo de 1992 com refinamento das recomendações de acordo com as categorias animais, como pneumoenterite para bezerros aos 15 e 30 dias de idade. No controle de endo e ectoparasitas, atentou-se para as diferenças do manejo (intensivo ou extensivo) ou finalidade da produção (leite ou carne). Para a mosca do chifre, consolidou a recomendação de associar controle químico e biológico. A mesma recomendação permaneceu para o controle biológico, entretanto, no controle químico, foi incluído o uso de inseticida na época chuvosa. Na época seca, recomendou-se tratar os animais com inseticida independentemente do número de moscas.

A Recomendação Técnica 26 (2001), que trata sobre controle estratégico de verminose bovina, abordou os sintomas e as faixas etárias mais acometidas, que são os bezerros desmamados. Recomendou-se o controle estratégico por meio da utilização de vermífugos em épocas críticas, determinadas por estudos epidemiológicos e, dependendo da variação climática, indicou-se usar tratamento tático adicional.

A recomendação de uso do calendário de manejo sanitário nas propriedades rurais foi fundamental para manter a saúde animal e aumentar os índices zootécnicos da produção animal. Assim sendo, as tecnologias produzidas pela Embrapa Cerrados atenderam a demanda da sanidade animal quando inseriram recomendações para vacinação, vermifugação, controle de endo e ectoparasitas no rebanho ao longo do ano.

Melhoramento genético

Diante da importância da raça Nelore para o cenário produtivo e econômico brasileiro, a Embrapa Cerrados, em parceria com a Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (ANCP) e empresas privadas, implantou um criterioso e abrangente trabalho de seleção de bovinos da raça Nelore Mocho. O desenvolvimento do Nelore com a marca Embrapa, série BRGN, teve início em meados do ano 2000. O rebanho foi concebido a partir de matrizes Nelore de mérito genético superior, oriundas dos criatórios da Guaporé Pecuária (Marca OB), de Júlio Bernardes (Nelore JR) e de Lais Lacerda, participantes do Programa Nelore Brasil, fundado em 1988 e coordenado pela ANCP.

As matrizes foram inseminadas com sêmen de touros já utilizados amplamente no Brasil e de touros jovens avaliados e aprovados pelo Programa de Reprodução Programada do Nelore Brasil. Na maior parte, foi utilizado material genético da Marca OB, maior criatório de Nelore Mocho do Brasil, além de touros Nelore CV (Carlos Viacava), IZ (Instituto de Zootecnia), Naviraí e Nelore JR. As fêmeas nascidas desses acasalamentos foram incorporadas ao rebanho da Embrapa Cerrados, recebendo a marca BRGN.

O *Programa de Seleção da Embrapa Cerrados* tem o objetivo principal de promover o melhoramento genético do rebanho Nelore para as características de interesse econômico-habilidade materna, ganho de peso, velocidade de crescimento, precocidade e fertilidade sexual e características de carcaça e qualidade de carne, identificando e multiplicando animais de

elevado mérito genético para essas características. O Nelore BRGN é criado exclusivamente a pasto no bioma Cerrado e vem sendo aprimorado geneticamente por meio da aplicação de novas e avançadas tecnologias de estimação de parâmetros genéticos e também utilização de ferramentas genômicas para a identificação de genótipos superiores. Adicionalmente, são empregadas, estrategicamente, novas biotecnologias reprodutivas na obtenção de taxas mais elevadas de progresso genético do rebanho selecionado.

Este rebanho, além de ser objeto de várias ações de pesquisas em genética e biotecnologia animal, presta-se ainda ao fornecimento de animais experimentais a diversos outros trabalhos de pesquisa na Embrapa Cerrados.

Com um rigoroso programa de seleção baseado em critérios ligados à lucratividade da atividade pecuária, o Nelore BRGN é aprimorado ano a ano pela Embrapa Cerrados, com o apoio de parceiros técnicos e comerciais. Atualmente, o rebanho conta com cerca de 200 matrizes, das quais 12 são doadoras de embriões e podem produzir material genético superior de acordo com as necessidades de pesquisa.

Durante os 15 anos de seleção, foram produzidos e disponibilizados cerca de 750 touros BRGN pela Embrapa Cerrados ao mercado produtivo. Estima-se que esses touros, em monta natural, tenham produzido mais de 23 mil filhos ao longo destes 15 anos. Esses animais são destinados ao rebanho comercial e em menor escala a rebanhos multiplicadores de material genético superior. Além disso, estima-se que mais de 6 mil doses de sêmen dos touros BRGN já tenham sido comercializadas e utilizadas no Brasil e no restante da América do Sul.

Entre os animais comercializados, aparecem alguns destaques como os Touros Fidalgo da Cerrados (BRGN 364), Lacre da Cerrados (BRGN 957) e Hélix da Cerrados (BRGN 590), touros identificados pelo Teste de Desempenho de Touros Jovens, avaliados e aprovados pelo *Programa Nelore Brasil e Programa de Melhoramento Genético para Bovinos de Corte (PAINT)* e

compõe a bateria de Touros da CRV Lagoa. Para a Reprodução Programada 2016 (Teste de Progênie da ANCP), a Embrapa Cerrados apresenta o touro jovem Provador da Cerrados (BRGN 1361), que deverá ter a sua progênie avaliada em pelo menos 500 matrizes Nelore de fazendas colaboradoras do Programa Nelore Brasil.

Buscando constante aprimoramento genético, são apresentados, nas Figuras 3 a 6, alguns indicadores genéticos na forma de Diferenças Esperadas nas Progênie – DEPs para as características de interesse econômico consideradas importantes neste trabalho de seleção.

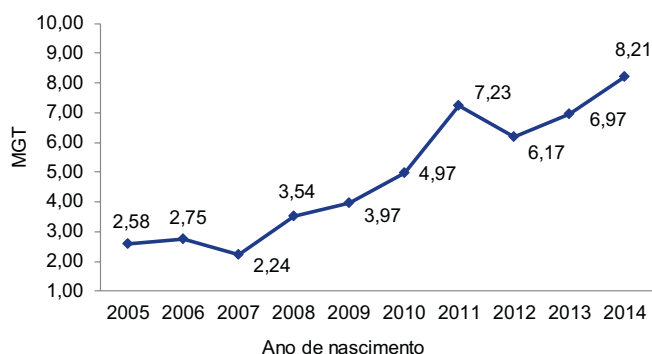


Figura 3. Tendência para Mérito Genético Total (MGT) dos animais Nelore BRGN.

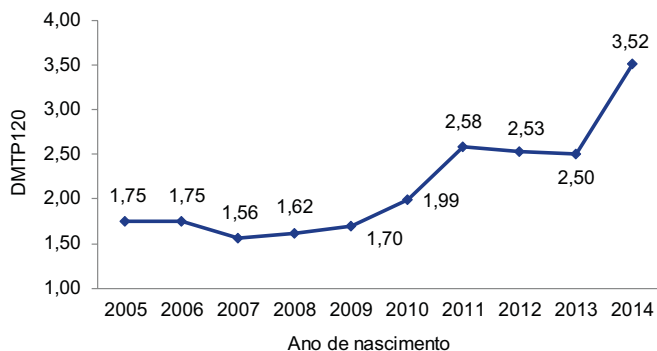


Figura 4. Tendência para Habilidade Maternal Total aos 120 dias de idade (MTP120) dos animais Nelore BRGN.

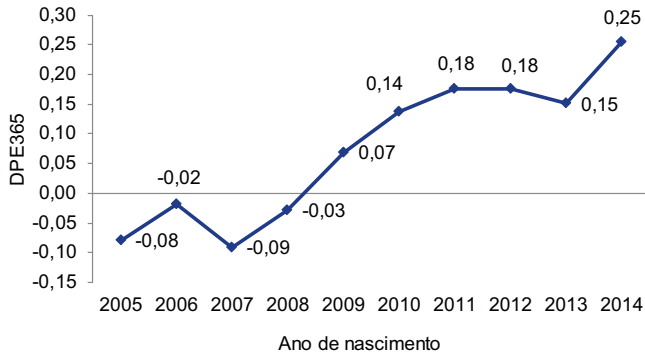


Figura 5. Tendência para Peso aos 365 dias de idade (DP365) dos animais Nelore BRGN.

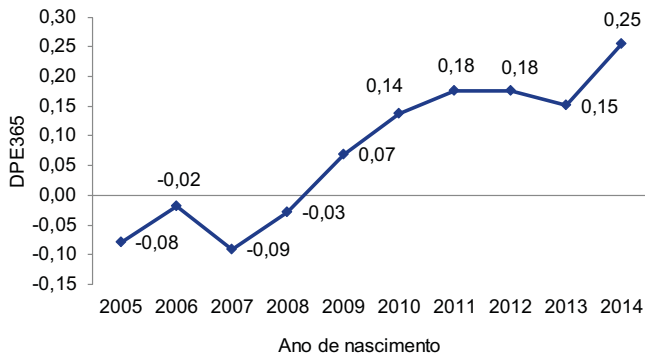


Figura 6. Tendência para Perímetro Escrotal aos 365 dias de idade (DPE365) dos animais Nelore BRGN.

Além dos indicadores genéticos apresentados para características de importância econômica mais convencionais (habilidade materna, crescimento e reprodução), o Nelore BRGN assume uma importância inequívoca, haja vista os projetos de interesse da pecuária nacional aos quais o Nelore BRGN contribui no desenvolvimento e na validação. Destaca-se a participação do Nelore BRGN no projeto *Caracterização e seleção genética para maciez da carne em bovinos Nelore Mocho*, que busca desenvolver uma linhagem com carne macia.

O projeto *Caracterização e seleção genética para eficiência alimentar em bovinos Nelore*, motivado pelo impacto que a alimentação tem nos custos de produção e com o objetivo da identificação de marcadores moleculares associados à eficiência alimentar, está sendo iniciado com a participação do Nelore BRGN.

Dessa forma, a marca Nelore BRGN é reconhecida pelo diferencial dentro da raça Nelore, por oferecer ao mercado animais mochos com bom potencial genético para sua utilização em pastagens de qualidade e oriundas de integração lavoura e pecuária, aliadas à rusticidade necessária às condições do bioma Cerrado, além de características econômicas que garantem eficiência produtiva, ciclo curto de produção, mais produtividade e rentabilidade aos pecuaristas.

Reprodução animal

O aumento da exigência mundial para produção de alimentos seguros e de forma sustentável tem obrigado a pecuária bovina a sofrer adaptações, buscando elevar a eficiência reprodutiva e produtiva dos animais em áreas cada vez menores (Martins et. al., 2011). Desde 1985, a Embrapa Cerrados vem apresentando soluções tecnológicas para melhorar o manejo reprodutivo de bovinos, bem como incrementar a eficiência das biotécnicas reprodutivas, para serem aplicadas com eficiência na produção e na conservação dos animais. As tecnologias produzidas pela Embrapa Cerrados indicam claramente sua aplicação para cada entrave da pecuária. Essas tecnologias podem ser divididas em três temas: (a) Manejo reprodutivo; (b) Avanços nas biotécnicas de reprodução animal; e (c) Treinamento em reprodução animal.

Manejo da reprodução

Em 1985, foram apresentadas as primeiras recomendações de manejo da reprodução de gado de corte na região do Cerrado, baseadas em um

conjunto de práticas racionais para melhorar a produtividade. No período do desenvolvimento dessa tecnologia, a pecuária extensiva nos Cerrados apresentava baixa taxa de natalidade e alta perda de produção em razão da mortalidade elevada de bezerros (Sauressig; Rocha, 1985). Os índices de produtividade da região do Cerrado eram extremamente baixos, muito aquém de suas reais possibilidades. Dessa forma, a indicação de uma estação de monta fixa e desmame precoce neste sistema de manejo sugerido pela Embrapa Cerrados visava aumentar a taxa de natalidade e consequentemente os lucros dos criadores. Atualmente, essas práticas são diretamente responsáveis por uma acentuada elevação da produtividade dos rebanhos. Todavia, são partes de um sistema de manejo mais completo, que inclui o uso de inseminação artificial em tempo fixo, mineralização estratégica e programas sanitários para prevenção de doenças bovina.

O sistema de produção de bovinos de duplo propósito foi outra tecnologia de destaque pesquisada na Embrapa Cerrados por Santos e Sauressig (1995) e que posteriormente trouxe importantes recomendações técnicas para a região do Cerrado. Nos anos 1990, cerca de 62% das propriedades da região exploravam leite e carne, 20% somente leite e 18% somente carne. Nesse cenário, a Embrapa Cerrados procurou, com a avaliação e a indicação do sistema duplo propósito (Figura 7), incrementar a receita das propriedades, por meio do prolongamento da produção de leite e da produção de garrotes de melhor qualidade e peso para comercialização na época de maior demanda. Nesse contexto, a estratégia proposta pela Embrapa Cerrados foi produzir animais melhorados, por meio de cruzamentos entre uma fêmea azebuada com touros da raça Holandesa e, subsequentemente, as filhas desse acasalamento cruzadas com touro da raça Simental. Além disso, recomendava-se que a alimentação fosse baseada em forrageiras tropicais em pastejo e corte, mais pastejo em banco de proteínas, associado a uma estratégia de mineralização e medidas sanitárias no rebanho. Ainda hoje, a pecuária nos Cerrados tem características muito peculiares, que vai desde a tecnologia rudimentar até o outro extremo, em que um alto grau de sofisticação é utilizado. Assim, o sistema duplo propósito proposto pela Embrapa Cerrados ainda é de grande utilidade, principalmente porque há mais possibilidades de materiais forrageiros, bem como novas raças para cruza-

mentos, e, conseqüentemente, produção de animais rústicos, produtores de leite e com bezerros mais pesados para serem vendidos para compor a renda dos criadores.



Figura 7. Capa do Documento 52, que descreve e recomenda o sistema de produção duplo propósito.

Já em meados do ano 2000, o Brasil se configurava como um país de destaque na produção de embriões bovinos, por meio de superovulação, garantindo avanços no melhoramento genético dos rebanhos, por meio da rápida produção de descendentes provenientes de matrizes de alto mérito genético. Cientes que a transferência de embriões dependia do manejo de fêmeas receptoras para gestação dos embriões produzidos, os pesquisadores da Embrapa Cerrados buscaram, por meio de cálculos matemáticos, uma equação para determinar o adequado número de fêmeas para receber os embriões em cada programa (Figura 8).

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento

Comunicado Técnico 99

ISSN 1517-1469
Planaltina, DF
Julho, 2003



Métodos para Determinação do Número de Receptoras em Programas de Transferência de Embriões

Luiz Gustavo Barioni¹
Renato Travassos Beltrame¹
Rui Fonseca Velez²
Moacir Gabriel Saueressig³

Figura 8. Capa do Comunicado Técnico 99, que traz recomendações para identificação do número ideal de receptoras em programas de transferência de embriões.

Decidir o número de receptoras é um dos fatores mais importantes nos programas de transferência de embriões, já que a quantidade insuficiente impede que os embriões coletados sejam inovulados, reduzindo o número de animais gerados e elevando o investimento em razão da necessidade de congelamento dos embriões. Um número excessivo de receptoras, por sua vez, onera a biotécnica, por causa dos altos custos de aquisição e manutenção desses animais. Assim, Barioni et. al. (2003) verificaram que o método de simulação é o mais adequado para determinação do número ótimo de receptoras, uma vez que a variabilidade do número de embriões viáveis e as estruturas de custos dentro do programa de transferência de embriões podem modificar o número ideal de receptoras.

Avanços nas biotécnicas de reprodução animal

A Embrapa Cerrados vem atuando na melhoria de diferentes biotécnicas reprodutivas, visando ao aumento na multiplicação dos bovinos no

bioma Cerrado. As principais linhas de trabalho estão ligadas ao estudo do gameta masculino (avaliação avançada e criopreservação do sêmen bovino) e do gameta feminino (fecundação *in vitro*, criobiologia de embriões e clonagem por transferência de núcleos).

Nos trabalhos envolvendo os espermatozoides ou sêmen bovino, os pesquisadores vêm desenvolvendo diferentes tecnologias de impacto ao setor, entre as quais se pode citar a *Recuperação e criopreservação de espermatozoides do epidídimo de bovinos mortos para uso na inseminação artificial ou fecundação *in vitro**. Essa tecnologia foi desenvolvida por Martins et al. (2008) e representa mais uma oportunidade para recuperar espermatozoides da cauda do epidídimo, mesmo após a morte de reprodutores valiosos. Testículos de touros importantes podem ser enviados de fazendas distantes para o laboratório de grandes centros para criopreservação e uso nas técnicas de inseminação e fecundação *in vitro*. Em 2008, os nascimentos dos bezerros Hércules da Cerrados (Figura 9) e Neo da Cerrados demonstraram a eficiência da inseminação artificial com espermatozoides coletados do epidídimo 3 dias após a morte animal.



Foto: Fabiano Bastos

Figura 9. Bezerro Hércules da Cerrados, produzido por inseminação artificial com espermatozoides congelados, coletados do epidídimo após a morte de um touro reprodutor.

Essa tecnologia tem sido empregada para recuperação de espermatozoides de mamíferos silvestres em parceria com o Jardim Zoológico de Brasília.

Na mesma linha de estudo do germoplasma masculino, a Embrapa Cerrados envidou esforços para o desenvolvimento e a validação de metodologias de avaliação do sêmen criopreservado bovino. O Brasil se enquadra entre os maiores produtores e importadores do mundo de sêmen de raças bovinas de corte e de leite. Para garantir a eficiência de fecundação dos espermatozoides durante os programas de inseminação artificial, no período de estação de monta ou durante o uso em outras biotécnicas, tal como a fecundação *in vitro*, são necessários métodos eficientes para avaliação da qualidade do sêmen congelado. Nesse sentido, em 2007, os pesquisadores da Embrapa Cerrados apresentaram o *Método de TUNEL*, como uma ferramenta alternativa para avaliar a integridade do DNA de espermatozoides bovinos. Essa tecnologia auxilia o técnico a realizar uma avaliação espermática mais detalhada e robusta, podendo evitar perdas nas biotécnicas reprodutivas ao antecipar falhas da fecundação ligadas a danos do DNA dos espermatozoides (Martins et al., 2007). Já em 2015, Martins et al. (2015) publicaram o livro *Atlas de Morfologia Espermática Bovina* (Figura 10), material inédito que descreve detalhadamente vários protocolos validados de avaliação do sêmen bovino criopreservado. O livro oferece subsídios para que o médico veterinário possa realizar uma correta avaliação espermática com metodologias validadas, que podem ser utilizadas tanto a campo quanto em laboratório avançado. Além disso, preenche uma lacuna do conhecimento ao trazer um atlas fotográfico com detalhes das principais anormalidades dos espermatozoides, as quais interferem na fertilidade bovina. Dessa forma, este material atende às necessidades dos estudantes e dos veterinários ligados ao campo e laboratórios de análises de sêmen. Também serve como material de apoio ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento na fiscalização de sêmen produzido no país, bem como importado de outros países.



Figura 10. Foto da capa do livro que descreve todas as patologias espermáticas bovinas e metodologias para avaliação do sêmen congelado a campo e no laboratório.

Já na linha de trabalho com o gameta feminino, a Embrapa Cerrados caracterizou e comprovou de forma inédita que células tronco mesenquimais (CTM) do tecido adiposo são excelentes fontes como células doadoras de núcleo para a clonagem de bovinos por transferência nuclear. No dia 23 de abril de 2013, nasceu nas dependências do Centro de Tecnologia para Raças Zebuínas Leiteiras (CTZL) da Embrapa Cerrados, a bezerra Brasília da Cerrados (Figura 11), produto de clonagem por transferência nuclear utilizando células do tecido adiposo (Lobato, 2013). A bezerra é clone de uma vaca da raça Guzerá leiteiro e foi batizada com o nome da capital federal por ter nascido na semana do aniversário de 53 anos da cidade. Essa bezerra foi o primeiro animal clonado a partir de células do tecido adiposo, abrindo espaço para o uso deste tipo celular na melhoria da eficiência da clonagem de bovinos.



Foto: Tátiana Miranda Mattos Martins

Figura 11. Equipe do Centro de Tecnologia para Raças Zebuínas Leiteiras (CTZL) da Embrapa Cerrados com a bezerra Brasília da Cerrados, primeiro clone a partir do uso de células do tecido adiposo.

Treinamento em reprodução animal

O Centro de Tecnologia para Raças Zebuínas Leiteiras (CTZL) da Embrapa Cerrados tem como uma das suas missões, a capacitação de técnicos de extensão rural, de produtores ligados à cadeia produtiva do leite e de alunos de graduação e pós-graduação. Em seu portfólio de cursos ligados à reprodução animal, pode-se citar: Inseminação artificial em bovinos, Diagnóstico de gestação em bovinos, Ultrassonografia bovina, Reprodução assistida animal e Biotecnologia aplicada à pecuária bovina, que integra o curso de Biotecnologia Agropecuária da Embrapa Cerrados.

O curso de Inseminação artificial (IA) é um dos mais demandados e um dos mais destacados pela importância na disseminação de genética bovina leiteira, especialmente para pequenos produtores e os produtores de exploração familiar. Segundo Martins et al. (2009), a inseminação artificial é considerada a biotecnologia de reprodução animal que causa o maior impacto em programas de melhoramento animal, como resultado de sua eficiente

forma de dispersão de genes de animais de genética superior. Apesar da evolução no uso dessa biotecnologia, há uma estimativa que apenas 6% dos rebanhos brasileiros são inseminados, contudo sabe-se que o Brasil possui mecanismos para expandir o uso dessa técnica.

Para apoiar os treinamentos de inseminação artificial no Centro de Tecnologia para Raças Zebuínas Leiteiras (CTZL), em 2009, a Embrapa Cerrados produziu a série Documentos 261 (Martins et al., 2009), com o título de *Inseminação artificial: uma tecnologia para o grande e o pequeno produtor*. Esse documento tem sido empregado como material básico de apoio no treinamento dos alunos durante o curso, pois traz orientações detalhadas do uso da IA em bovinos, contribuindo de forma decisiva no aprendizado dessa tecnologia.

Homenagens e reconhecimentos

Dedicamos este capítulo à memória do colega analista e autor Luiz Osvaldo Fonseca Rezende. Contratado em 2008, Luiz Osvaldo se dedicou ao manejo reprodutivo e sanitário do rebanho bovino da Embrapa Cerrados, ações fundamentais para a geração de tecnologias na área animal.

Produtos, processos e serviços descritos no portfólio de tecnologias da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos

- 1) Atlas de Morfologia Espermática Bovina
- 2) Banco de Proteína para Alimentação Suplementar de Bovinos em Pastejo no Cerrado
- 3) Brasília da Cerrados, Primeiro Bovino Clonado por Transferência Nuclear com Células do Tecido Adiposo
- 4) Fontes Alternativas de Fósforo para a Redução de Custos do Sal Mineral para Bovinos

- 5) Manejo da Reprodução de Gado de Corte na Região dos Cerrados
- 6) Manejo Sanitário para Bovinos de Corte
- 7) Método de TUNEL: uma ferramenta alternativa para avaliar a integridade do DNA de espermatozoides bovinos
- 8) Métodos para Determinação do Número de Receptoras em Programas de Transferência de Embriões
- 9) Mistura Múltipla Embrapa: alternativa de baixo custo para suplementar o gado na época da seca
- 10) Seleção Genética de Bovinos Nelore Mocho no Bioma Cerrado (Nelore BRGN)
- 11) Sistema de Produção para Pecuária Bovina de Duplo Propósito: uma alternativa do CPAC
- 12) Software Invernada
- 13) Utilização da Mandioca na Alimentação Animal
- 14) Manejo de Pastagens

Referências

- BARIONI, L. G.; BELTRAME, R. T.; VELOSO, R. F.; SAUERESSIG, M. G. **Métodos para determinação do número de receptoras em programas de transferência de embriões**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 6 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 99).
- CARVALHO, J. L. H. de. **A mandioca raiz e parte aérea na alimentação animal**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1983. 44p. (EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 17)
- CARVALHO, J. L. H. de; PERIM, S.; COSTA, I. R. S. **Parte aérea da mandioca na alimentação animal**. I.: valor nutritivo e qualidade da silagem. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1984. 29 p. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado Técnico, 29).
- CARVALHO, J. L. H. de; PEREIRA, E. A.; COSTA, I. R. S. **Parte aérea da mandioca na alimentação animal**. II. O farelo da parte aérea na silagem do capim-elefante. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1984. 4 p. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado Técnico, 30).

FIALHO, J. F.; VIEIRA, E. A. **Mandioca no Cerrado**: orientações técnicas. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa Cerrados, 2011. 208 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/cerrados/busca-de-publicacoes/-/publicacao/896924/mandioca-no-cerrado-orientacoes-tecnicas>. Acesso em: 19 abr. 2016.

FIALHO, J. F.; ANDRADE, S. R. M.; VIEIRA, E. A. **Mandioca no Cerrado**: questões práticas. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. v. 1. 88 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/cerrados/busca-de-publicacoes/-/publicacao/981354/mandioca-no-cerrado-questoes-praticas>. Acesso em: 19 abr. 2016.

LOBATO, B. **Bezerra Brasília é o novo clone da Embrapa**. 2013. Disponível em: www.embrapa.br/cerrados/busca-de-noticias/-/noticia/1491024/bezerra-brasilia-e-o-novo-clone-da-embrapa. Acesso em: 19 abr. 2016.

LOPES, H. O. da S.; PEREIRA, E. A.; SOARES, W. V.; PEREIRA, G. **Mistura múltipla**: uma alternativa de baixo custo para suplementar o gado na época da seca. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1995. 5 p. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado Técnico, 69).

LOPES, H. O. da S.; PEREIRA, E. A.; SOARES, W. V.; PEREIRA, G.; FICHTNER, S. S.; VITTI, D. M. S. S.; ABDALLA, A. L. **Superfosfato triplo como fonte alternativa de fósforo no sal mineral de gado de corte**. Planaltina, DF : EMBRAPA-CPAC, 1994. 4 p. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado Técnico, 68).

MARTINS, C. F.; DODE, M. N.; BÁO, S. N.; RUMPF, R. **Método de TÚNEL**: uma ferramenta alternativa para avaliar a integridade do DNA de espermatozoides bovinos. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. 26 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 192).

MARTINS, C. F.; DODE, M. N.; SERENO, J. R. B.; COSTA, P. de M.; SAUERESSIG, M. G.; RUMPF, R. **Recuperação e criopreservação de espermatozoides do epidídimo de bovinos mortos para uso na inseminação artificial ou fecundação in vitro**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 151).

MARTINS, C. F.; SIQUEIRA, L. G. B.; OLIVEIRA, C. T. S. A. M. de; SCHWARZ, D. G. G.; OLIVEIRA, F. A. S. A. M. de. **Inseminação artificial**: uma tecnologia para o grande e o pequeno produtor. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2009. 33 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 261).

MARTINS, C. F.; SIQUEIRA, L. G. B.; DODE, M. A. N. Biotecnologia aplicada a pecuária bovina. In: FALEIRO, F. G.; ANDRADE, S. R. M. de; REIS JUNIOR, F. B. **Biotecnologia**: estado da arte e aplicações na agropecuária. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2011. 730 p. il. p. 655-708.

MARTINS, C. F.; DODE, M. A. N.; SILVA, A. E. D. F. (ed.). **Atlas de morfologia espermática bovina**. Brasília, DF: Embrapa, 2016. 98 p. il. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2016.

SANTOS, N. A. dos; SAUERESSIG, M. G. **Sistema de produção para pecuária bovina de duplo propósito**: a alternativa do CPAC. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1993. 21 p. (EMBRAPA-CPAC. Documentos, 52).

SAUERESSIG, M. G.; ROCHA, C. M. C. da. **Manejo da reprodução de gado de corte na região dos cerrados**: práticas racionais para melhorar a produtividade. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1985. 6 p. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado Técnico, 44).

SAUERESSIG, T. M. **"Mosca-dos-chifres", Haematobia irritans**: diagnóstico e controle. 2. ed. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1999. 9 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 43).

SAUERESSIG, T. M. **Criação massal do besouro coprófago (*Onthophagus gasella*) em laboratório**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1993. 12 p. (EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 30).

SAUERESSIG, T. M.; SAUERESSIG, M. G. **Manejo sanitário para bovinos de corte**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1992. 4 p. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado Técnico, 63).

SAUERESSIG, T. M.; SAUERESSIG, M. G.; PEREIRA, E. A. **Manejo sanitario para bovinos de corte**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1986. 3 p. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado Técnico, 50).



Agronomia e Manejo de Plantas Forrageiras e de Pastagens

Allan Kardec Braga Ramos

Gustavo José Braga

Francisco Duarte Fernandes

Introdução

A pecuária bovina se constitui numa das atividades econômicas mais importantes do bioma Cerrado, região cujo rebanho bovino é atualmente o maior do país. Pastagens nativas e principalmente as cultivadas constituem a base alimentar dos rebanhos bovinos de leite e de corte, de modo que a quase totalidade do rebanho é criada exclusivamente a pasto. Com a bem-sucedida adaptação das gramíneas forrageiras africanas introduzidas comercialmente no território brasileiro a partir da década de 1970, os sistemas de produção de carne e de leite se beneficiaram daquela nova condição devido à maior produtividade animal e ao menor custo de produção propiciado pela maior capacidade de suporte das pastagens. Também atenuou a dependência do uso de grãos e volumosos suplementares nos sistemas pastoris. Apesar disso, em função do regime de chuvas e da consequente estacionalidade de produção de forragem, a produtividade em regime exclusivo a pasto é relativamente baixa, dado o potencial das forrageiras, ocasionando ciclos de recria e de engorda ainda longos na bovinocultura de corte e forte sazonalidade da produção leiteira. Ao longo do tempo, a

falta de reposição de nutrientes e de um manejo do pastejo mais adequado também causaram a degradação de parte das áreas de pastagens no bioma Cerrado, mesmo com o uso de espécies forrageiras adaptadas às condições edafoclimáticas da região. Mesmo assim, houve grande aumento na taxa de lotação e no efetivo dos rebanhos da região nas últimas décadas. Esse aumento esteve associado à rápida expansão das áreas de pastagens cultivadas, em substituição às pastagens nativas menos produtivas e à adoção de novas tecnologias ligadas à genética, à sanidade, à reprodução e à nutrição animal ocorridas no período. Em algumas regiões, notadamente com atividade agrícola mais forte, também ocorreu a elevação da produtividade das pastagens cultivadas em decorrência de seus usos múltiplos e integrados e de aprimoramentos no manejo da fertilidade do solo. Nesse contexto, várias tecnologias foram desenvolvidas pela Embrapa Cerrados, universidades e instituições de pesquisa visando à otimização do uso de plantas forrageiras e à intensificação do uso das pastagens, além de outras voltadas para atenuação da estacionalidade da produção forrageira e ampliação da longevidade produtiva. Como exemplos, podemos citar as recomendações práticas de correção do solo e de adubação; o diferimento do pastejo; o uso de leguminosas em pastos consorciados ou como banco de proteína; e as estratégias para a recuperação ou o restabelecimento da capacidade produtiva de pastagens degradadas. Além disso, foram desenvolvidas recomendações práticas ligadas ao cultivo, ao manejo e ao uso de diversas plantas forrageiras, tanto para a produção de forragem como para a produção de sementes. Muitas dessas ações decorreram dos trabalhos realizados pelas equipes da Embrapa Cerrados e suas proflucas parcerias com centros internacionais de pesquisa, organizações estaduais de pesquisa e desenvolvimento, universidades e a iniciativa privada. Ademais, foi crucial o papel dos organismos de assistência técnica e extensão rural para a aproximação e a interação com o setor produtivo para a divulgação destas tecnologias.

Neste capítulo são apresentadas tecnologias geradas e catalogadas pela Embrapa Cerrados no transcurso de seus 40 anos e que se destinaram ao suporte do setor produtivo na temática de agronomia e manejo de pastagens e plantas forrageiras tropicais para o bioma Cerrado.

Contexto das pesquisas com agronomia e manejo de forrageiras e de pastagens na Embrapa Cerrados

A pesquisa e desenvolvimento nesta temática estiveram voltadas para o aperfeiçoamento ou redesenho de sistemas de produção animal a pasto e para a otimização do cultivo e do uso de plantas forrageiras para produção de forragem e de sementes.

As iniciativas para a intensificação da pecuária passaram pelo enriquecimento e o manejo de pastagens nativas e, predominantemente, com as novas opções de cultivares de forrageiras (plantas nativas e exóticas) que possibilitaram inverter a lógica da lotação dos pastos: área por cabeça para cabeças por área. Dada a estacionalidade e a redução do valor nutritivo da forragem das pastagens na época seca, especial atenção recaiu sobre as leguminosas nativas (herbáceas e arbustivas). Além disso, como os sistemas de produção animal eram de baixo aporte de insumos, as recomendações de uso de leguminosas propiciariam aporte de nitrogênio para o solo, além de proteína para alimentação animal.

Nesta jornada, além da interação com as diversas unidades da Embrapa, a Embrapa Cerrados contou com a parceria de centros internacionais de pesquisa, notadamente o Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), que teve um braço operacional do *Programa de Pastos Tropicais* abrigado na unidade desde os anos 1980 até meados dos anos 1990. Nesse período, houve uma rápida expansão do banco de germoplasma forrageiro e uma intensa atividade de caracterização e avaliação de plantas forrageiras e formas de inserção nos sistemas de produção da região, bem como a implementação de programas de melhoramento genético (Embrapa Cerrados, 1976, 1980, 1982, 1985, 1991, 1994, 1997; CIAT, 1981, 1984, 1989, 1991, 1994, 1996, 1997; Pizarro, 1992).

Até a criação da Embrapa (1973), as pastagens tropicais cultivadas do Brasil eram baseadas em cultivares ou ecotipos de forrageiras naturalizadas ou que tinham sido selecionadas ou melhoradas no exterior, notadamente

na porção tropical da Austrália. (Exemplos: *Panicum maximum* – Capim-colonião; *Hyparrhenia rufa* – Capim-jaraguá; *Melinis minutiflora* – Capim-gordura; *Macroptilium atropurpureum* Siratro). Introduzidas no Brasil e minimamente avaliadas em coleções multigenéricas, eram poucas as opções de cultivares, sendo recomendadas para diversas regiões, tendo como fator chave para a adoção a disponibilidade e o preço das sementes.

Com o conhecimento já existente e o esforço colaborativo, coube à Embrapa Cerrados, criada em 1975, o lançamento formal das primeiras cultivares de gramíneas e de leguminosas forrageiras tropicais do Brasil e da Embrapa já no começo dos anos 1980 (ver capítulo sobre cultivares de gramíneas e leguminosas forrageiras). Desde então, estabeleceram-se demandas tecnológicas atreladas às cultivares de plantas forrageiras, seja no transcurso de seu desenvolvimento (avaliação e seleção) ou após o seu lançamento. Essas demandas envolveram especialmente questões ligadas ao manejo e ao seu uso nos diferentes sistemas de produção agropecuário, as quais são tipificadas atualmente como experimentação de apoio ao desenvolvimento e à adoção de cultivares. Assim, as tecnologias geradas ou adaptadas têm suas cronologias associadas àquelas dos programas de seleção e melhoramento de forrageiras da Embrapa e aos lançamentos das cultivares.

Na década de 1970, as pastagens cultivadas no Cerrado tinham sua expansão baseada na *B. decumbens* cv. Basilisk, capim africano selecionado na Austrália com grande adaptação aos solos de baixa fertilidade da América Latina. No entanto, essa cultivar é altamente susceptível às cigarrinhas-das-pastagens (*Deois* e *Notozulia*). O aumento da incidência e da severidade dos ataques de cigarrinhas tornou-se um sério problema para a pecuária brasileira devido à indisponibilidade de cultivares resistentes. Nesse contexto, a demanda por cultivares resistentes à cigarrinha pôde ser atendida pela liberação, em 1980, do capim-andropogon cv. Planaltina (*Andropogon gayanus*), em parceria com o CIAT, e, em 1984, do capim Marandu (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu), juntamente com a Embrapa Gado de Corte (Andrade et al., 1980; Nunes et al., 1984). No início dos anos 1980, visando a aumentar a oferta de forragem de maior qualidade para os rebanhos na

época seca, a Embrapa Cerrados lançou as primeiras cultivares de leguminosas forrageiras tropicais da Embrapa e do Brasil: *Stylosanthes guianensis* cv. Bandeirante e *S. macrocephala* cv. Pioneiro (espécies nativas) (Souza et al., 1983). Desde então, a Embrapa tem lançado no mercado diversas cultivares de gramíneas e leguminosas forrageiras com o propósito de diversificação das pastagens e de promover ganhos incrementais na produtividade animal e na sustentabilidade das cadeias de pecuária do bioma Cerrado. Na década de 1990, por exemplo, o capim-vencedor (*Panicum maximum*), além ter sido a primeira cultivar dessa espécie, foi a primeira cultivar de forrageira da Embrapa desenvolvida por melhoramento genético lançada como opção para sistemas pastoris mais intensificados. Na esteira dos lançamentos de outras cultivares da espécie *Panicum maximum* (Tanzânia-1, Mombaça), foram necessários esforços no sentido de desenvolver recomendações de manejo em lotação rotacionada. Da mesma forma, forrageiras cujas cultivares eram as primeiras daquela espécie a chegarem ao mercado (ex. *Paspalum atratum* cv. Pojuca – primeira cultivar de capim nativo do Brasil) ou que apresentassem particularidades (ex. *Arachis pintoi*, *Leucaena*, *Cratylia argentea*) também foram contempladas com a experimentação de apoio voltada para o seu cultivo e uso.

Mais recentemente, as tecnologias relacionadas à agronomia e ao manejo associadas às novas cultivares de forrageiras tropicais estão em menor número nos sistemas corporativos, a despeito da experimentação de apoio ser contínua no âmbito da Embrapa Cerrados. Isso decorre do fato de que os conhecimentos derivados destes esforços já não serem disponibilizados de forma tão segmentada como no passado, haja vista as práticas e recomendações (novas ou adaptadas) de cultivo e de uso estarem embutidas e descritas de forma documentada no pacote tecnológico mais amplo representado pela cultivar.

Ampliando-se a escala das tecnologias para o âmbito das pastagens e dos sistemas de produção, uma grande preocupação recaiu sobre o desenvolvimento e a promoção de tecnologias voltadas para a sustentabilidade e para o restabelecimento da capacidade produtiva das pastagens da região.

Nesse sentido, dois grandes temas preponderaram e se caracterizaram por serem integradores de diversas tecnologias: a recuperação de pastagens degradadas e a consorciação de gramíneas e leguminosas forrageiras. Elas apresentam caráter dinâmico e grande abrangência por conta da diversidade de contextos e de alternativas, seja pelas possibilidades de recuperação direta e indireta das pastagens ou pelas opções de cultivares de gramíneas e de leguminosas forrageiras para os consórcios. Nesses dois temas, o esforço tem sido contínuo e sobre eles a Embrapa Cerrados guarda grande identidade e protagonismo desde a sua criação.

Principais tecnologias geradas

As tecnologias desenvolvidas pela Embrapa Cerrados neste período correspondem tão somente a práticas agropecuárias aplicadas em duas escalas. Em maior escala, têm-se as tecnologias de manejo (sentido amplo) voltadas para as pastagens em geral e para a otimização de sistemas de produção (exemplos: recuperação de pastagens degradadas e consorciação de leguminosas com gramíneas) (Tabela 1, itens 13 e 14). Noutra escala, a da planta forrageira, há um conjunto de tecnologias visando a aperfeiçoar o cultivo e o uso em seus vários propósitos (produção de forragem ou de sementes), estando atreladas ao desenvolvimento de cultivares e à cronologia de seus lançamentos (Tabela 1, itens 1 a 12). Essas tecnologias representam a integração de vários resultados de pesquisa e o fato de cada uma delas ser apresentada de forma mais agregada explica em parte o atual número reduzido de soluções tecnológicas. Por outro lado, essa integração resultou em maior amplitude e atemporalidade às recomendações (Tabela 1).

Tabela 1. Tecnologias desenvolvidas pela Embrapa Cerrados relacionadas ao tema agronomia e manejo de plantas forrageiras e de pastagens.

| Nº | Solução tecnológica* |
|----|--|
| 1 | Pastejo diferido ou feno-em-pé para a alimentação na época de seca de bovinos no Cerrado: orientações para a implementação |

Continua...

Tabela 1. Continuação.

| Nº | Solução tecnológica* |
|----|--|
| 2 | Uso e manejo de pastagens de capim Pojuca (<i>Paspalum atratum</i>) |
| 3 | Bancos de proteína para alimentação suplementar de bovinos em pastejo no Cerrado |
| 4 | Recomendações para a semeadura em plantio convencional do amendoim-forrageiro (<i>Arachis pintoi</i>) para o estabelecimento de pastagens puras no Cerrado |
| 5 | Recomendações alternativas para a realização do teste de tetrazólio para uso na análise da qualidade fisiológica e do vigor em sementes de leucena (<i>Leucaena</i>) |
| 6 | Orientações básicas acerca da produção e armazenamento de sementes de <i>Cratylia argentea</i> para fins de conservação e de multiplicação no Cerrado |
| 7 | Orientações básicas para a produção e colheita mecanizada de sementes de capim Pojuca (<i>Paspalum atratum</i> cv. Pojuca) no Brasil Central |
| 8 | Orientações básicas para o cultivo e manejo do capim <i>Andropogon gayanus</i> cv. Planaltina para a produção de forragem, animal e de sementes no Cerrado |
| 9 | Orientações básicas para o cultivo e manejo da leguminosa <i>Stylosanthes guianensis</i> cv. Mineirão para uso em pastagens ou como adubo verde no Cerrado |
| 10 | Orientações básicas para o cultivo e manejo do capim Vencedor (<i>Panicum maximum</i> cv. Vencedor) para a produção de forragem e animal no Cerrado |
| 11 | Dimensionamento das áreas de pastejo em sistemas baseados em forrageiras tropicais manejadas com lotação rotacionada no Cerrado |
| 12 | Propagação vegetativa de estilosantes (<i>Stylosanthes guianensis</i>) cv. Mineirão |
| 13 | Estratégias de recuperação de pastagens degradadas no Cerrado |
| 14 | Pastagens consorciadas |

* Tecnologias cadastradas no Sistema de Gestão de Tecnologias da Embrapa. Algumas delas poderão não estar disponibilizadas no Portal de Tecnologias da Embrapa por necessitarem de atualização ou de requalificação das mesmas. Todas são práticas agropecuárias.

Fonte: Embrapa, 2015.

Diversas estratégias voltadas para a recuperação e a renovação de pastagens degradadas foram estudadas no âmbito da pesquisa na Embrapa Cerrados, abrangendo diversos cenários regionais e perfis dos sistemas de produção, envolvendo métodos diretos ou indiretos para o restabelecimento da capacidade produtiva dos pastos. Assim, foram estabelecidos critérios e procedimentos para o diagnóstico do processo e das causas da degradação; para o emprego de técnicas de preparo do solo; para as recomendações de correção e de adubação, bem como, para escolha, o cultivo e o uso de forrageiras em monocultivo ou em consórcio com culturas anuais (Barcellos, 1986; Barcellos et al., 1999; Barcellos; Vilela, 2001; Carvalho et al., 1990; Vilela et al., 1998; Souza et al., 2001; Sano et al., 2002; Vilela; Ayarza, 2002; Martha Jr. et al., 2007; Vilela et al., 2011; Cordeiro et al., 2015). Esse esforço contou com grande apoio colaborativo de outras unidades da Embrapa para o aprimoramento e integração do conjunto de conhecimento acerca da recuperação de pastagens degradadas ou de baixa produtividade. Essas informações ofertadas subsidiaram programas de transferência de tecnologia, bem como, políticas públicas e definição de coeficientes técnicos para análise da viabilidade de financiamentos, que resultaram em maior produtividade animal e maior eficiência bioeconômica da atividade pastoril.

Em relação às pastagens consorciadas de gramíneas com leguminosas, grande ênfase recaiu no uso do germoplasma nativo (*Stylosanthes*, *Arachis*) para as leguminosas herbáceas e no germoplasma exótico (*Leucaena*, *Cajanus*) para leguminosas arbustivas e arbóreas. Essa tecnologia também envolve inúmeras variantes dependentes do perfil do sistema de produção, do ambiente e da capacidade de investimento e de controle do manejo do pastejo. Assim, foram estabelecidos os contextos, as espécies de maior compatibilidade e as recomendações para o estabelecimento e manejo visando à maior estabilidade e longevidade produtiva (Barcellos et al., 2000; Barcellos et al., 2001; Vilela; Ayarza, 2002; Barcellos, 2006; Barcellos et al., 2008a, 2008b). Os impactos decorrentes do uso de pastagens consorciadas são observados na atenuação da estacionalidade da produção de forragem e da produção animal, particularmente no ganho por animal na época seca (20%–0% acréscimo), na redução no uso de insumos (adubo nitrogenado,

suplementos proteicos), na incidência de queimadas intencionais e no melhor aproveitamento da forragem (Barcellos et al., 2001; Barcellos, 2006; Barcellos et al., 2008a).

As primeiras tecnologias de apoio ao cultivo e ao uso das cultivares de forrageiras iniciaram com o lançamento pela Embrapa em 1980 da cv. Planaltina (*Andropogon gayanus* cv. Planaltina). Foram necessários estudos sobre o estabelecimento e o seu manejo, além de orientações para o cultivo de pastagens destinadas à produção de sementes no Cerrado. A divulgação dessas informações teve como objetivo minimizar os riscos para a formação da pastagem dessa cultivar, e otimizar a produção e a utilização da forragem (Andrade et al., 1980; Andrade et al., 1983; Andrade et al., 1984; Vilela et al., 1998; Leite et al., 1999; Leite et al., 2000; Souza et al., 2001).

O lançamento da cultivar Mineirão (*Stylosanthes guianensis*), em 1983, suscitou a necessidade de informações sobre formação da pastagem, manejo em consórcio com gramíneas e seu uso como banco de proteína. Por ser uma planta multipropósito, também foram divulgadas orientações para o seu cultivo como adubo verde ou planta de cobertura em consórcio com culturas anuais. As informações permitiram minimizar os riscos para a formação da pastagem com esta leguminosa, proporcionando uma forragem de alto valor proteico. Como adubo verde, a cultivar Mineirão permitiu economia de fertilizantes nitrogenados e acúmulo de biomassa para cobertura do solo. Esse trabalho permitiu agregar conhecimento derivado das primeiras cultivares de leguminosas do mesmo gênero desenvolvidas pela Embrapa Cerrados (*S. guianensis* cv. Bandeirante; *S. macrocephala* cv. Pioneiro) (Souza, 1996; Embrapa Cerrados, 1997; Embrapa Cerrados, 1998; Vilela et al., 1998; Barcellos; Vilela, 2001; Barcellos et al., 2001; Vilela e Ayarza, 2002; Barcellos et al., 2008).

Em 1990, a Embrapa lançou a cultivar Vencedor (*Panicum maximum* cv. Vencedor) e as informações para o seu estabelecimento e manejo permitiram minimizar os riscos para o estabelecimento da pastagem, proporcionando elevada produção de forragem para sistemas de produção mais intensivos. Sendo uma cultivar de porte mais baixo e folhosa, apresentava

grande versatilidade de uso e vários aspectos básicos do seu manejo foram desenvolvidos (Barcellos et al., 1991; Leite et al., 1996; Leite et al., 1998; Vilela et al 1998).

A cultivar Pojuca (*Paspalum atratum*), lançada em 2000, foi a primeira cultivar de gramínea nativa desenvolvida pela Embrapa. Adaptada a solos com drenagem deficiente, quando manejada incorretamente, apresenta rápido declínio no valor nutritivo da forragem e no seu consumo. Desse modo, recomendações foram publicadas no tocante ao manejo do pastejo, de modo a propiciar melhor aproveitamento da forragem produzida e evitar a perda do valor nutritivo e a rejeição da forragem madura pelos bovinos (Leite; Fernandes, 1999; Fernandes et al., 2002; Leite et al., 2002; Ramos et al., 2002). Ainda em relação ao capim Pojuca, foram publicadas informações para o estabelecimento de campos de produção de sementes, seu manejo cultural e alguns aspectos relevantes da colheita mecanizada e do manejo inicial pós-colheita (Carvalho et al., 2000; Andrade; Karia, 2001; Andrade et al., 2005; Souza et al., 2009).

Prática amplamente utilizada na pecuária de corte para atenuar a estacionalidade da produção de forragem, o diferimento da pastagem (feno em pé) consiste na interrupção do pastejo numa área da fazenda antes do final da estação chuvosa, visando ao acúmulo de forragem para uso no período seco. O diferimento é recomendado para uso especialmente com forrageiras do gênero *Brachiaria* de ciclo mais precoce. O regime hídrico da localidade e o correto dimensionamento da área a ser diferida (vedada) são fundamentais na eficácia de seu uso. O diferimento está associado à suplementação alimentar (ração ou concentrado) para melhor aproveitamento da forragem disponível que, em geral, tem baixo conteúdo proteico. Em razão da necessidade dessa prática na pecuária conduzida no bioma Cerrado, orientações acerca das gramíneas, da época mais adequada, do dimensionamento das áreas e de estratégias de utilização e suplementação foram desenvolvidas (Leite et al., 1998; Leite; Zoby, 1999; Lopes, 1998; Martha Junior et al., 2003).

Com o objetivo principal de oferecer forragem de maior valor nutritivo durante o período da seca, compensando o maior declínio observado nas gramíneas diferidas ou não, tanto em pastagens cultivadas como em pastagens nativas, os bancos de proteína foram objeto de estudo na Embrapa Cerrados, estando associados aos lançamentos de cultivares de leguminosas, especialmente aquelas do gênero *Stylosanthes*. Na estação chuvosa, o seu uso também favorece o consumo e o desempenho animal. Independentemente da estação, o banco de proteína se apresenta como uma estratégia de suplementação proteica de baixo custo. A escolha das espécies e cultivares de leguminosas forrageiras (p. ex. *Stylosanthes*, *Leucaena*, *Cajanus*) está condicionada à localidade, ao tipo de solo e à época do ano em que se pretende fazer o uso do banco (Zoby et al., 1985; Zoby et al., 1990; Barcellos; Vilela, 1994; Embrapa Cerrados, 1997; Embrapa Cerrados, 1998; Barcellos et al., 2000; Barcellos et al., 2001; Barcellos et al., 2008).

O aumento do uso de plantas forrageiras altamente produtivas e responsivas à adubação (p. ex. *Panicum maximum*) e à maior fertilidade do solo de áreas agrícolas (e.g. sistemas integrados ILP) exigiu práticas de manejo do pastejo mais elaboradas, no intuito de evitar a perda de forragem e otimizar a eficiência do pastejo. Nesse contexto, a lotação rotacionada é uma estratégia de manejo que facilita o gerenciamento do estoque de forragem produzida, de acordo com as peculiaridades de cada espécie e cultivar, ainda que os custos com cercas sejam mais elevados comparado aos métodos convencionais de lotação. Entre as recomendações produzidas pela equipe da Embrapa Cerrados, foram publicadas orientações para o dimensionamento de piquetes, com base na demanda de forragem, na planta forrageira, na categoria animal, na eficiência de pastejo e na intensidade de uso do fator terra (Martha Júnior et al., 2003; Barioni et al., 2007).

O amendoim-forrageiro (*Arachis pintoi*) é uma leguminosa herbácea nativa do Brasil, de elevado valor nutritivo e persistência, que pode ser propagada por sementes e por material vegetativo. A velocidade de estabelecimento e a capacidade de colonização são críticas para a boa formação da pastagem. Além disso, as suas sementes têm um custo mais elevado em

comparação com outras forrageiras. Assim, foram estabelecidas recomendações de taxas e de profundidades de semeadura mais adequadas para a formação de pastagens exclusivas de amendoim em áreas submetidas ao preparo convencional (Vilela et al., 1998; Carvalho, 1999; Sousa et al., 2001; Carvalho et al., 2009; Carvalho et al., 2010; Ramos et al., 2010).

Ainda com relação ao desenvolvimento de cultivares de leguminosas para o Cerrado, a Embrapa Cerrados divulgou procedimentos, ingredientes ativos e aparatos destinados à propagação vegetativa de *Stylosanthes guianensis* como alternativa à propagação por sementes da cv. Mineirão, de elevado custo devido à baixa produtividade. A técnica pode ser utilizada visando à produção de mudas para a formação de pequenas áreas de pastagens ou de campos de produção de sementes. Também pode ser útil em programas de melhoramento da espécie ao possibilitar acelerar a clonagem (propagação vegetativa) e a multiplicação de indivíduos ao longo de todo o ano (Leite et al., 1996). Também foram divulgados procedimentos alternativos às regras oficiais para análises de sementes para a realização do teste de tetrazólio, técnica comumente utilizada na avaliação rápida da qualidade fisiológica e do vigor de sementes da leguminosa *Leucaena leucocephala*. Os procedimentos descritos propiciam maior intensidade e uniformidade de coloração das sementes, necessárias à adequada observação e análise visual das sementes; menor tempo de coloração; e menor quantidade de sal a ser utilizada (Costa et al., 2009; Costa; Santos, 2010).

Informações a respeito das características das sementes da leguminosa *Cratylia argentea*, assim como da sua fenologia reprodutiva e das variações na produtividade em decorrência da idade, genótipo, arranjo e/ou manejo, foram disponibilizadas como subsidiárias à sua domesticação, multiplicação e/ou regeneração. A *Cratylia argentea* é uma leguminosa arbustiva nativa do Cerrado com potencial para alimentação animal e recuperação de áreas degradadas. Informações adicionais sobre o comportamento das sementes estocadas em diferentes condições também foram disponibilizadas, visando subsidiar o armazenamento e a conservação (Pizarro; Coradin, 1995; Ramos et al., 2003).

Tecnologias geradas que necessitam de maiores informações e ações de comunicação e transferência de tecnologia

As práticas de manejo de pastagens e do pastejo estão associadas a uma determinada cultivar. Logo, a necessidade de informações ou conhecimentos adicionais e das ações de comunicação para a transferência dependem da continuidade da demanda pela cultivar no mercado de sementes. Assim, por exemplo, tecnologias associadas a cultivares como o capim Vencedor, que por diversas razões não é mais comercializado, não necessitam de aperfeiçoamento e/ou de ações de comunicação para a transferência de tecnologia e sua adoção. Por outro lado, práticas como o diferimento do pastejo (pastagem diferida ou feno em pé) e a lotação rotacionada, por sua importância e abrangência, deverão necessariamente incorporar as peculiaridades e o potencial das cultivares recém-lançadas. Para as cultivares de forrageira em catálogo (ex. *Andropogon gayanus* cv. Planaltina), faz-se necessário incorporar novas informações disponíveis e atualizar inúmeros coeficientes (ex. taxas de semeadura, alturas de manejo) que passaram por ajustes desde o seu lançamento, à luz de novos contextos da disponibilidade e custo dos insumos e do novo perfil da produção animal a pasto na região. Ao mesmo tempo, índices e coeficientes gerados no passado e não necessariamente vinculados a uma única cultivar, como os cálculos para dimensionamento de piquetes, poderão ser divulgados sem maiores ajustes nas informações.

Práticas como o diferimento de pastagens, condicionadas ao calendário e regime hídricos locais, deverão ser revisitadas no intuito de atualizar e/ou corrigir recomendações em um cenário de mudanças climáticas, com especial ênfase no aumento do período de seca e à luz das características das novas cultivares forrageiras em relação à estacionalidade da produção e valor nutritivo de sua forragem.

Com a rápida transformação do perfil dos sistemas agropecuários no tempo e no espaço, as forrageiras têm adquirido outras finalidades que necessariamente deverão pautar os estudos em manejo das mesmas e de suas

pastagens. Destaca-se o uso dessas forrageiras em sucessão ou em consórcio em sistemas integrados voltados para a produção de grãos, de volumosos suplementares (feno, pré-secado, silagem) ou como plantas de cobertura. Até porque constituem alternativas relevantes para a recuperação de pastagens degradadas e a intensificação do uso da terra e demais fatores de produção.

O potencial de uso de forrageiras como adubos verdes ou plantas de cobertura reforça a necessidade de redirecionamento da promoção de certas espécies, como o *Stylosanthes guianensis*, inicialmente para uso em pastagens consorciadas ou como banco de proteína, que agora poderão se constituir em alternativas para uso na agricultura e na recuperação de pastagens degradadas.

Para as tecnologias catalogadas no GESTEC e que agregam inúmeros conhecimentos (ex. recuperação de pastagens, pastagens consorciadas, cultivo e uso de capim-andropogon), há necessidade premente de um esforço de síntese das informações num único documento ou meio para facilitar a sua promoção tecnológica, uma vez que o conjunto das informações ainda está disperso em várias publicações ou veículos.

Sendo o mau manejo (sentido amplo) a principal causa da baixa produtividade e/ou da degradação das pastagens no Cerrado, todo o conjunto atualizado de práticas (validadas) associadas às cultivares de forrageiras deverá estar acoplado às iniciativas de promoção tecnológica delas. Para tanto, é crucial a apresentação integrada e não segmentada da informação. Novamente, o esforço voltado para organização da informação deverá ser contínuo e não somente por ocasião do lançamento da cultivar.

A rigor, são poucas as tecnologias elencadas cujos recursos disponíveis sejam suficientes para a adequada promoção tecnológica. Nesse sentido, aquelas atemporais e de aplicação em maior escala deverão ser priorizadas quanto à atualização de seu conteúdo para a promoção tecnológica.

Produtos, processos e serviços descritos no portfólio de tecnologias da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos

- 1) Avaliação da Emergência e Crescimento Inicial de Cultivares de *Urochloa* em Diferentes Profundidades de Semeadura
- 2) Dimensionamento das Áreas de Pastejo em Sistemas Baseados em Forrageiras Tropicais Manejadas com Lotação Rotacionada no Cerrado
- 3) Orientações Básicas para o Cultivo e Manejo da Leguminosa *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão para uso em Pastagens ou como Adubo Verde no Cerrado
- 4) Orientações Básicas para o Cultivo e Manejo do Capim *Andropogon gayanus* cv. Planaltina para a Produção de Forragem, Animal e de Sementes no Cerrado
- 5) Orientações Básicas para o Cultivo e Manejo do Capim Vencedor (*Panicum maximum* cv. Vencedor)
- 6) Pastejo Diferido ou Deno-em-pé para a Alimentação na Época de Seca de Bovinos no Cerrado: orientações para a implementação
- 7) Recomendações para a Semeadura em Plantio Convencional do Amendoim-forrageiro (*Arachis pintoi*) para o Estabelecimento de Pastagens Puras no Cerrado
- 8) Uso e Manejo de Pastagens de Capim-pojuca (*Paspalum atratum*)

Referências

ANDRADE, R. P. de; SANZONOWICZ, C.; GOMES, D. T.; ROCHA, C. M. C. da; COUTO, W.; THOMAS, D.; MOORE, C. P. **Recomendações preliminares para a formação de pastagens de capim *Andropogon***. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1980. 3 p. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado Técnico, 11).

ANDRADE, R. P. de; THOMAS, D.; ROCHA, C. M. C. da; GOMES, D. T.; COUTO, W.; COSENZA, G. W.; MOORE, C. P. **Formação e manejo de pastagens de capim *andropogon***. 3. ed. atual. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1984. 5 p. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado Técnico, 34).

ANDRADE, R. P. de; KARIA, C. T. **Produção e colheita mecanizada de sementes de capim Pojuca**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. 4 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 63).

ANDRADE, R. P. de; SANZONOWICZ, C.; GOMES, D. T.; ROCHA, C. M. C. da; COUTO, W.; THOMAS, D.; MOORE, C. P. **Recomendações preliminares para a formação de pastagens de capim Andropogon**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1980. 3 p. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado Técnico, 11).

ANDRADE, R. P. de; SOUZA, F. H. Dom de; KARIA, C. T.; RAMOS, A. K. B. Efeito de épocas de semeadura e densidade de plantas na produção de sementes de capim Pojuca. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **A Produção animal e o foco no agronegócio**: anais. Goiânia: SBZ, 2005. 1 CD-ROM.

AYARZA, M. A.; VILELA, L.; PIZARRO, E. A.; COSTA, P. H. da. Sistemas agropastoriles basados en leguminosas de usos multiples. In: GUIMARAES, E.P.; SANZ, J. I.; RAO, I. M.; AMEZQUITA, M. C.; AMEZQUITA, E. (ed.). **Sistemas agropastoriles en sabanas tropicales de America Latina**. Cali: CIAT; Brasília, DF: Embrapa, 1999. p.175-193.

AYARZA, M.; VILELA, L.; ALVES, B. J. R.; OLIVEIRA, O. C. de; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. **Introdução de *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão em pastagem de *Brachiaria ruziziensis***: influência na produção animal e vegetal. Seropédica: EMBRAPA-CNPAB, 1997. 16 p. (EMBRAPA-CNPAB. Boletim Técnico, 1).

BARCELLOS, A. de O. ; RAMOS, A. K. B.; VILELA, L.; MARTHA JÚNIOR, G. B. Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 51-67, 2008.

BARCELLOS, A. de O. **Avaliação agrônômica de híbrido interespecífico de *Leucaena* e sua qualidade em associação com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu**. 2006. 217 f. Tese (Doutorado em Zootecnia)- Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.

BARCELLOS, A. de O. **Recuperação de pastagens degradadas**. [Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1986], 38 p.

BARCELLOS, A. de O. **Recuperação de pastagens degradadas**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1998. 2 p. (Embrapa Cerrados. Guia Técnico do Produtor Rural, 9).

BARCELLOS, A. de O.; ANDRADE, R. P. de; KARIA, C. T.; VILELA, L. Potencial e uso de leguminosas forrageiras do gênero *Stylosanthes*, *Arachis* e *Leucaena*. In: SIMPOSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 17., 2000, Piracicaba. **Anais**: a planta forrageira no sistema de produção. Piracicaba: FEALQ, 2000. p. 297-357.

BARCELLOS, A. de O.; ANDRADE, R. P. de; ZOBY, J. L. F.; VILELA, L. **Bancos de proteína de *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão**: maneira simples de baixo custo para fornecer proteína ao gado na seca. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. 6 p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 14).

BARCELLOS, A. de O.; LEITE, G. G.; VILELA, L.; HUTTON, E. M.; SOUZA, F. B.; ANDRADE, R. P. de; ZOBY, J. L. F.; FRANCA DANTAS, M. S.; SOUZA, M. A. de; KARIA, C. T. **Recomendações para a formação e utilização de pastagens de capim vencedor**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1990. 6 p. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado Técnico, 58).

BARCELLOS, A. de O.; RAMOS, A. K. B.; VILELA, L.; MARTHA JÚNIOR, G. B. Leguminosas para utilização em pastagens. In: ENCONTRO TÉCNICO SOBRE LEGUMINOSAS FORRAGEIRAS, 2., 2008, Nova Odessa. **Desafios e perspectivas**. Nova Odessa: APTA, 2008a. p. 125-162.

BARCELLOS, A. de O.; RAMOS, A. K. B.; VILELA, L.; MARTHA JÚNIOR, G. B. Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 51-67, 2008b. Suplemento.

BARCELLOS, A. de O.; VIANNA FILHO, A.; BALBINO, L. C.; OLIVEIRA, I. P. de; OKOYAMA, L. P. **Restabelecimento da capacidade produtiva e desempenho animal em pastagens renovadas na região do cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1999. 4 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 22).

BARCELLOS, A. de O.; VILELA, L. Leguminosas forrageiras tropicais: estado de arte e perspectivas futuras. In: REUNIAO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE FORRAGICULTURA, 1994, Maringá. **Anais...** Maringá: EDUEM, 1994. p.1-56.

BARCELLOS, A. de O.; VILELA, L. **Restabelecimento da capacidade produtiva de pastagens por meio de introdução de *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. 5 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 65).

BARIONI, L. G.; FERREIRA, A. C.; RAMOS, A. K. B.; MARTHA JÚNIOR, G. B.; SILVA, F. A. M.; LUCENA, D. A. C. Planejamento alimentar e ajustes de taxa de lotação em fazendas de pecuária de corte. In: OLIVEIRA, R. L.; BARBOSA, M. A. A. F. (org.). **Bovinopecuária de corte: desafios e tecnologias**. Salvador: EDUFBA, 2007. p. 324-355.

CARVALHO, M. A. ***Arachis pintoi***: leguminosa forrageira de múltiplo uso. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1999. 2 p. (Embrapa Cerrados. Guia Técnico do Produtor Rural, 55).

CARVALHO, M. A.; RAMOS, A. K. B.; KARIA, C. T.; FERNANDES, F. D. **Profundidade de semeadura para o estabelecimento de pastagens de amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*)**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2009. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 162).

CARVALHO, M. A.; RAMOS, A. K. B.; KARIA, C. T.; FERNANDES, F. D. **Densidade de semeadura para o estabelecimento de pastagens de amendoim-forrageiro (*Arachis pintoi*)**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010. 4 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 167).

CARVALHO, M. A.; SOUSA, M. A. de; DINIZ, A. M. F. **Profundidade da semeadura de *Paspalum atratum* cv. Pojuca**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2000. 3 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 40).

CARVALHO, S. I. C. de; VILELA, L.; KARIA, C. T.; SPAIN, J. M. **Estratégias de recuperação de pastagem degradada de *Brachiaria decumbens***. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1990. 4 p. (EMBRAPA-CPAC. Pesquisa em Andamento, 29).

CHAKRABORTY, S. (ed.). **High-yielding anthracnose-resistant *Stylosanthes* for agricultural systems**. Canberra: CSIRO, ACIAR, 2004. 266 p.

CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; KLUTHCOUSKI, J.; MARCHÃO, R. L. (ed.). **Integração lavoura-pecuária-floresta: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 393 p. il. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

COSTA, C. J.; SANTOS, C. P. dos Teste de tetrazólio em sementes de leucena. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 2, p. 66-72, 2010.

COSTA, C. J.; SANTOS, C. P. dos; ROSSI, P. **Recomendações para o teste de tetrazólio em sementes de leucena (*Leucaena leucocephala* e *L. leucocephala* x *L. diversifolia*)**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2009. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 160).

EMBRAPA CERRADOS. **Estabelecimento e utilização do estilosantes Mineirão**. Planaltina, DF, 1998. 6 p. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado Técnico, 74).

EMBRAPA CERRADOS. **Estilosantes Mineirão**: leguminosa forrageira para os cerrados. Planaltina, DF, 1997. 2 p. (Embrapa Cerrados. Guia Técnico do Produtor Rural, 7).

EMBRAPA CERRADOS. **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1978-1979**. Planaltina, DF, 1980. 172 p.

EMBRAPA CERRADOS. **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1976**. Planaltina, DF, 1976. 150 p.

EMBRAPA CERRADOS. **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1977-1978**. Planaltina, DF, 1979. v. 3 192 p.

EMBRAPA CERRADOS. **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1979-1980**. Planaltina, DF, 1981. 190 p.

EMBRAPA CERRADOS. **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1980-1981**. Planaltina, DF, 1982. v. 6. 163 p.

EMBRAPA CERRADOS. **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1981-1982**. Planaltina, DF, 1985. v. 7. 177 p.

EMBRAPA CERRADOS. **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1985/1987**. Planaltina, DF, 1991. 339 p.

EMBRAPA CERRADOS. **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1987/1990**. Planaltina, DF, 1994. 368 p.

EMBRAPA CERRADOS. **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1991 a 1995**. Planaltina, DF, 1997. 370 p.

FERNANDES, F. D.; BARCELLOS, A. de O.; ANDRADE, R. P. de; BATISTA, L. A. R.; GOMES, A. C.; SANTOS JUNIOR, H. L. **Qualidade da forragem do capim Pojuca em diferentes idades de rebrotação**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 19 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 52).

GOMES, D. T.; ROCHA, C. M. C. da; COSENZA, G. W. ; COUTO, W.; THOMAS, D.; MOORE, C. P.; SANZONOWICZ, C. **Recomendações para a formação de pastagens de capim andropogon cv. Planaltina**. 2. ed. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1983. 6 p. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado Técnico, 25).

LEITE, G. G.; ANDRADE, R. P. de; RAMOS, A. K. B.; BATISTA; L. A. R. Capim Jaraguá- *Hyparrhenia rufa* (Ness) Stapf. - e *Andropogon gayanus* Kunth. In: SIMPOSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 17., 2000, Piracicaba. **Anais**: a planta forrageira no sistema de produção. Piracicaba: FEALQ, 2000. p.157-190.

- LEITE, G. G.; COSTA, N. de L.; GOMES, A. C. Curvas de crescimento e composição química de *Panicum maximum* cv. Vencedor. **Pasturas Tropicales**, v. 18, n. 3, p. 37-41, 1996.
- LEITE, G. G.; COSTA, N. de L.; GOMES, A. C. **Épocas de Diferimento e Utilização de Gramíneas Cultivadas na Região do Cerrado**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1998. 23 p. (EMBRAPA-CPAC. Boletim de Pesquisa, 40).
- LEITE, G. G.; FERNANDES, F. D. **Qualidade da forragem do capim *Paspalum atratum* cv. Pojuca**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1999. 4 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 9).
- LEITE, G. G.; FIALHO, J. de F.; JUNQUEIRA, N. T. V.; SOUZA, M. A. de; VILELA, L. **Produção de mudas de *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirao por meio de enraizamento de hastes**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1996. 4 p. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado Técnico, 70).
- LEITE, G. G.; SILVEIRA, L. F. da; FERNANDES, F. D.; GOMES, A. C. **Crescimento e composição química do capim *Paspalum atratum* cv pojuca**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. 22 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 19).
- LEITE, G. G.; SPAIN, J. M.; VILELA, L.; GOMIDE, C. C. C.; ROCHA, C. M. C. da. Efeito de sistemas de pastejo sobre a produtividade de pastagens consorciadas nos cerrados do Brasil. In: REUNION SABANAS, 1., 1992, Brasília, DF. **Red Internacional de Evaluacion de Pastos Tropicales**- RIEPT. Brasília, DF: EMBRAPA-CPAC / [Cali]: CIAT, 1992. p. 539-545.
- LEITE, G. G.; SPAIN, J. M.; VILELA, L.; GOMIDE, C.; ROCHA, C. M. C. Estratégias de manejo de pastagens consorciadas nos cerrados. In: EMBRAPA CERRADOS. **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1987/1990**. Planaltina, DF, 1994. p. 301-304.
- LEITE, G. G.; ZOBY, J. L. F. **Utilização integrada de pastagens de *Andropogon gayanus* cv. Planaltina e *Brachiaria brizantha* cv. Marandu**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1999. 4 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 6).
- LOPES, H. O. da S. **Suplementação de baixo custo para bovinos: mineral e alimentar**. Brasília, DF: Embrapa Produção da Informação; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1998. 107 p.
- MARTHA JUNIOR, G. B.; BARIONI, L. G.; VILELA, L.; BARCELLOS, A. de O. **Área do piquete e taxa de lotação no pastejo rotacionado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 8 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 101).
- MARTHA JÚNIOR, G. B.; BARIONI, L. G.; VILELA, L.; BARCELLOS, A. de O. **Uso de pastagem diferida no cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 6 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 102).
- MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L.; SOUSA, D. M. G. de Ed.). **Cerrado: uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. 224 p.
- NUNES, S. G.; BOOCK, A.; PENTEADO, M. I. de O.; GOMES, D. T. ***Brachiaria brizantha* cv. Marandu**. Campo Grande, MS: EMBRAPA-CNPGC, 1984. 31 p. (EMBRAPA-CNPGC. Documentos, 21).
- OLIVEIRA, I. P. de; KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L. P.; BALBINO, L. C.; FARIA, M. P.; MAGNABOSCO, C. de U.; SCARPATI, M. T. V.; PORTES, T. de A.; BUSO, L. H. **Sistema Barreirão: utilização de fosfatagem na recuperação de pastagem degradada**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA-CNPAP, 1998. 51 p. (EMBRAPA-CNPAP. Circular técnica, 31).

OLIVEIRA, I. P. de; KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L. P.; DUTRA, L. G.; PORTES, T. de A.; SILVA, A. E. da; PINHEIRO, B. da S.; FERREIRA, E.; CASTRO, E. da M. de; GUIMARÃES, C. M.; GOMIDE, J. de C.; BALBINO, L. C. **Sistema Barreirão**: recuperação/renovação de pastagens degradadas em consórcio com culturas anuais. Goiânia: EMBRAPA-CNPAC, 1996. 87 p. (EMBRAPA-CNPAC. Documentos, 64).

PEREIRA, L. V.; ANDRADE, R. P.; KARIA, C. T. Efeitos do policarpo e do tratamento de sementes no estabelecimento de *Arachis pintoi*. In: REUNIAO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33., 1996, Fortaleza, CE. **Anais...** Fortaleza: SBZ, 1996. v. 2. p. 392-394.

PIZARRO, E. A.; CORADIN, L. (ed.). Potencial del género *Cratylia* como leguminosa forrajera. In: TALLER DE TRABAJO SOBRE CRATYLIA, 1995, Brasília, DF. Memórias. Cali: CIAT, 1995. 118 p. (CIAT. Documento de Trabajo, 158).

PIZARRO, E. A. (ed.) Red Internacional de evaluación de pastos tropicales. In: REUNION SABANAS, 1., 1992, Brasília, DF. **Red Internacional de Evaluacion de Pastos Tropicales**- RIEPT. Brasília, DF: EMBRAPA-CPAC / [Cali], Colômbia: CIAT, 1992. 686 p. (CIAT. Documento de Trabajo, 117).

RAMOS A. K. B.; BARCELLOS A. O.; FERNANDES F.D. Gênero *Arachis*. In: FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A. (ed.). **Plantas forrageiras**. Viçosa, MG: Editora da UFV, 2010. p. 249-293.

RAMOS, A. K. B.; LEITE, G. G.; FERNANDES, F. D.; VILELA, L.; BARCELLOS, A. de O.; FRANCO, G. L. **Uso e manejo de pastagens de capim Pojuca**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 7 p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 21).

RAMOS, A. K. B.; SOUZA, M. A. de; PIZARRO, E. A. **Algumas informações sobre a produção e o armazenamento de sementes de *Cratylia argentea***. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 4 p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 25).

SANO, E. E.; BEZERRA, H. da S.; BARCELLOS, A. de O.; ROSA, R. **Metodologias para mapeamento de pastagens degradadas no cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 22 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 70).

SOUSA, D. M. G. de; VILELA, L.; LOBATO, E.; SOARES, W. V. **Uso de gesso, calcário e adubos para pastagens no cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. 22 p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 12).

SOUSA, F. B. de; ANDRADE, R. P. de; THOMAS, D. **Dois novas cultivares de estilosantes para os cerrados**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1983. 7 p. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado Técnico, 27).

SOUZA, F. H. D. de. **Preparo das sementes de estilosantes "Mineirão" para semeadura**. Campo Grande, MS: EMBRAPA-CNPAG, 1996. 10 p. (EMBRAPA-CNPAG. Comunicado Técnico, 53).

SOUZA, F. H. D. de; ANDRADE, R. P. de; KARIA, C. T. Técnicas de estabelecimento da cultura sobre a produção de sementes de capim-pojuca. **Ciência Rural**, v. 39, n. 3, p. 705-710, maio/jun. 2009.

VILELA, L.; AYARZA, M. A. **Ganho de peso de novilhas em pastagem de *Brachiaria decumbens* recuperada com *stylosanthes guianensis* cv. Mineirão**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 16 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 69).

VILELA, L.; BARCELLOS, A. de O.; SANZONOWICZ, C.; ZOBY, J. L. F.; SPAIN, J. M. **Recuperação de pastagem de *Brachiaria ruziziensis* através do uso de grade aradoura, nitrogênio e**

introdução de leguminosas. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1989. 4 p. (EMBRAPA-CPAC. Pesquisa em Andamento, 27).

VILELA, L.; GUIMARAES JUNIOR, R.; MARCHAO, R. L.; PULROLNIK, K.; SANTOS, D. DE C.; MACIEL, G. A.; OLIVEIRA, P. de. A integração lavoura-pecuária-floresta como estratégia para sustentabilidade da pecuária. In: CONGRESSO DE MANEJO DE PASTAGENS DO SUL DO PARÁ, 2.; SEMANA ACADÊMICA DO CURSO DE ZOOTECNIA FESAR, 4., 2011, Redenção, PA. **[Anais]**. Redenção, PA: FESAR, 2011a. 1 DVD.

VILELA, L.; GUIMARAES JUNIOR, R.; MARCHAO, R. L.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G. A. O papel da integração lavoura-pecuária na recuperação de pastagens degradadas. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 8., 2011, Lavras. **As forragens e suas relações com o solo, ambiente e o animal:** anais. Lavras: UFLA, 2011b. p. 37-51.

VILELA, L.; SOARES, W. V.; SOUSA, D. M. G. de; MACEDO, M. C. M. **Calagem e adubação para pastagens na região do cerrado.** Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1998. 16 p. (EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 37).

VILELA, L.; SPAIN, J. M.; SOARES, W. V.; GOMIDE, C. C. C. Adaptação de gramíneas e leguminosas forrageiras a níveis de acidez e fósforo em um solo de cerrado: primeira coleção. In: REUNION SABANAS, 1., 1992, Brasília, DF. **Red Internacional de Evaluacion de Pastos Tropicales**- RIEPT. Brasília, DF: EMBRAPA-CPAC; [Cali]: CIAT, 1992. p. 431-438.

VILELA, L.; SPAIN, J. M.; SOARES, W. V.; GOMIDE, C. C. C. Efeito de gramíneas e níveis de fertilidade na estabilidade de pastagens consorciadas. In: EMBRAPA CERRADOS. **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1987/1990.** Planaltina, DF, 1994. p.310-312.

VILELA, L.; SPAIN, J. M.; SOARES, W. V.; GOMIDE, C. C. C. Efeito de gramíneas e níveis de fertilidade na estabilidade de pastagens consorciadas. In: REUNION SABANAS, 1., 1992, Brasília, DF. **Red Internacional de Evaluacion de Pastos Tropicales** - RIEPT. Brasília, DF: EMBRAPA-CPAC; [Cali]: CIAT, 1992. p. 425-430.

VILELA, L.; SPAIN, J. M.; SOARES, W. V.; GOMIDE, C. C. C. Efeito de gramíneas e níveis de fertilidade na estabilidade de pastagens consorciadas. In: EMBRAPA CERRADOS. **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1991 a 1995.** Planaltina, DF, 1997. p.242-244.

VILELA, L.; SPAIN, J. M.; SOARES, W. V.; PENALOZA, A. del P. S.; GOMIDE, C. C. C. Adaptação de gramíneas e leguminosas forrageiras a níveis de acidez e fósforo em um solo de cerrado: segunda coleção. In: REUNION SABANAS, 1., 1992, Brasília, DF. **Red Internacional de Evaluacion de Pastos Tropicales** - RIEPT. Brasília, DF: EMBRAPA-CPAC; [Cali]: CIAT, 1992. p. 439-449.

YOKOYAMA, L. P.; VIANA FILHO, A.; BALBINO, L. C.; OLIVEIRA, I. P. de; BARCELLOS, A. de O. Avaliação econômica de técnicas de recuperação de pastagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 8, p. 1335-45, ago. 1999.

ZOBY, J. L. F.; KORNELIUS, E.; SAUERESSIG, M. G. **Banco de proteína como complemento de pastagem nativa de cerrado na recria de fêmeas.** Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1985. 4 p. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado Técnico, 46).

ZOBY, J. L. F.; KORNELIUS, E.; SAUERESSIG, M. G. **Banco de proteína de leucena e estilosantes.** Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1990. 6 p. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado Técnico, 54).



Melhoramento Genético de Forrageiras

Gustavo José Braga

Claudio Takao Karia

Giovana Alcantara Maciel

Allan Kardec Braga Ramos

Marcelo Ayres de Carvalho

Francisco Duarte Fernandes

Introdução

Nas últimas décadas, a área total de pastagem no Brasil permaneceu relativamente inalterada, em contraste com o aumento do rebanho bovino. Esse dado revela um aumento de eficiência nas cadeias produtivas de carne e leite, embora ainda distante de atingir todo o seu potencial. Essa estabilidade na evolução da área das pastagens esconde uma diminuição das áreas de pastagens nativas de baixa produtividade e um simultâneo aumento de pastagens cultivadas de produtividade mais elevada (Dias-Filho, 2014). Assim, é razoável supor que o aumento na taxa de lotação esteve fortemente associado ao aumento das áreas cultivadas, ainda que a adoção de novas tecnologias em genética, sanidade, reprodução e nutrição animal também tenha ocorrido nesse período. Nas décadas de 1960 e 1970, no Brasil Central, a formação de pastagens cultivadas se deu quase que exclusivamente com gramíneas africanas, especialmente do gênero *Brachiaria*, trazidas de países como a Austrália. A partir da década de 1980, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) dá início a uma série de lançamentos de cultivares de plantas forrageiras, visando solucionar deficiências obser-

vadas nas forrageiras mais utilizadas na época, principalmente em relação ao ataque de insetos sugadores como a cigarrinha-das-pastagens, além de ampliar a oferta de cultivares para as diversas regiões do país (Valle et al., 2009).

O lançamento da cultivar Planaltina (*Andropogon gayanus* cv. Planaltina), em 1980, e da Marandu (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu), em 1984, foi marcante para a pecuária bovina do Cerrado e emblemático do êxito inicial dos programas de melhoramento genético de plantas forrageiras da Embrapa. De características distintas, mas com o mesmo propósito inicial de resistir aos ataques da cigarrinha-das-pastagens, essas cultivares ainda são utilizadas pelos pecuaristas em todo o Brasil Central e na região Norte e, no caso do capim Marandu, sua penetração no Cerrado extrapolou a expectativa inicial e atualmente é cultivada em cerca de 50 milhões de hectares (Sano et al., 2010). Ao mesmo tempo, outras gramíneas passaram a fazer parte dos estudos da Embrapa, visando o seu uso na pecuária, como as espécies *Panicum maximum*, *Pennisetum purpureum* e *Paspalum* spp. Também foram priorizados trabalhos de seleção e melhoramento de leguminosas forrageiras, valendo-se do potencial produtivo das espécies nativas do Cerrado, no qual, os principais destaques pertencem aos gêneros *Stylosanthes* spp. e *Arachis* spp.

Contexto das pesquisas com forrageiras na Embrapa

Desde a sua criação, em 1973, a Embrapa tem entre suas prioridades a pesquisa e o desenvolvimento em plantas forrageiras. Desde então foram estruturados programas de seleção e melhoramento de gramíneas e leguminosas para o uso comercial de novas cultivares. Esses programas seguem um esquema de avaliação sistemática, sequencial e organizada em redes de pesquisa, cuja seleção de cultivares tem como principais objetivos: adaptação a condições de solo e clima, resistência a pragas e a doenças e alta produtividade de forragem de boa qualidade (Karia e Andrade, 1996; Jank et al., 2014).

Até a década de 1970, grande parte das pastagens no Brasil era formada com cultivares de plantas forrageiras selecionadas nas condições da porção tropical do território australiano. Essa situação persistiu até o final daquela década, quando os ataques da cigarrinha-das-pastagens se tornaram um sério problema para a pecuária brasileira devido à indisponibilidade de cultivares resistentes. A demanda por cultivares resistentes à cigarrinha pôde ser atendida pelos programas de pesquisa em melhoramento e seleção de plantas forrageiras da Embrapa por meio da liberação, em 1980, do capim *Andropogon* cv. Planaltina (*Andropogon gayanus*) e, em 1984, do capim Marandu (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu). A cultivar Marandu, também conhecida como Braquiarão ou Brizantão, tornou-se o capim mais plantado no Brasil, tendo ainda expressão comercial em outros países, principalmente da América Latina (Jank et al., 2014).

Dada a grande extensão das áreas cultivadas com pastagens e da diversidade de sistemas de produção animal, os programas de melhoramento de forrageiras também têm se preocupado em disponibilizar novas cultivares de gramíneas e de leguminosas visando atender novos segmentos ou modalidades de uso e, sobretudo, à diversificação ecológica das pastagens. Essa diversificação, além de minimizar os riscos decorrentes do monocultivo, permite, com as cultivares mais especializadas, um melhor aproveitamento do mosaico de oferta ambiental e de modalidades de uso e manejo, que ocorrem tanto no âmbito da propriedade como em escala regional. Uma outra consequência é a integração ou complementaridade de atributos das diversas cultivares no tempo e no espaço, otimizando e conferindo maior estabilidade para a produção animal ao longo do ano na propriedade rural. Nesse sentido, o catálogo de forrageiras desenvolvidas pela Embrapa está em franca expansão e em sintonia com os desafios dos sistemas de produção. Para tanto, têm sido chave as redes de pesquisa e as parcerias estratégicas com instituições públicas e privadas voltadas para o desenvolvimento e transferência de tecnologias e conhecimentos. Desse modo, em 2000, a Embrapa estabelece uma parceria com a Associação para o Fomento à Pesquisa de Melhoramento de Forrageiras (Unipasto), visando o desenvolvimento e lançamento de novos cultivares de forrageiras.

Principais tecnologias geradas

Em 1980, a Embrapa Cerrados lançou a cultivar Planaltina da espécie *A. gayanus*, considerada a sua primeira cultivar de planta forrageira (Tabela 1). Com o intuito de desenvolver uma cultivar forrageira com resistência à cigarrinha-das-pastagens, que, na época, dizimava extensas áreas de pastagens de *B. decumbens* cv. Basilisk, a Embrapa Cerrados também apostou na rusticidade da espécie *A. gayanus* como forma de garantir o cultivo de pastagens em áreas de fertilidade baixa e com seca prolongada. Comercializada até os dias atuais, a cultivar Planaltina permanece como uma das poucas opções de forrageira para regiões de clima seco e solos muito pobres do Cerrado. Em 1984, num esforço conjunto da Embrapa Cerrados com a Embrapa Gado de Corte, foi lançada a cultivar Marandu da espécie *Brachiaria brizantha*, ainda hoje considerada a cultivar de maior penetração nas áreas de Cerrado e na região Norte do país (Tabela 1). Apresentando alta resistência à cigarrinha das pastagens, aliada a uma elevada produtividade e versatilidade de uso, a cultivar Marandu foi amplamente adotada e, assim como a cultivar Planaltina, é comercializada e permanece como uma das forrageiras mais demandadas pelos pecuaristas. Ao longo dos anos, a falta de reposição de nutrientes causou a degradação de grande parte dessas áreas. Associado a isso, o aparecimento da Síndrome da Morte Súbita do Braquiário (Pedreira et al., 2014), além do ataque de cigarrinhas do gênero *Mahanarva*, começou a preocupar os profissionais da Embrapa envolvidos no desenvolvimento de espécies forrageiras. A diversificação do uso de forrageiras passa a ser um dos objetivos perseguidos pela Embrapa, visando diminuir a dependência gerada com o uso praticamente exclusivo da cultivar Marandu. Na primeira década de 2000, em conjunto com a Embrapa Gado de Corte, novas cultivares de *Brachiaria brizantha* foram desenvolvidas tendo como um dos principais apelos a diversificação das pastagens. O advento das cultivares Xaraés, Arapoty, Capiporã e Piatã (*Brachiaria brizantha*) ampliou a oferta de forrageiras ao pecuarista, que a partir de então passa a contar com mais opções para compor seu sistema de produção de forragem. A cultivar

Xaraés, de produção mais elevada que a cultivar Marandu e de florescimento tardio, e a cultivar Piatã, recomendada para uso em sistemas integrados, são exemplos de cultivares que possuem peculiaridades que as tornaram demandadas atualmente. Já as cultivares Arapoty e Capiporã não foram lançadas e por isso não foram oferecidas pela Embrapa.

Uma outra linha de atuação dos programas de melhoramento genético da Embrapa foi o desenvolvimento de cultivares forrageiras da espécie *Panicum maximum*. A partir da década de 1990, cresce a necessidade de intensificação dos sistemas produtivos da pecuária bovina no Brasil e, dessa maneira, cultivares mais produtivas foram desenvolvidas procurando atender essa demanda, como foi o caso da cultivar Vencedor, hoje não mais comercializada. A sua adoção na década de 1990, juntamente com as cultivares Mombaça e Tanzânia-1 (Embrapa Gado de Corte), despertou a necessidade de estudos mais detalhados a respeito do manejo do pastejo, a fim de evitar o crescimento excessivo de suas hastes, causa da diminuição da eficiência do pastejo e de grandes perdas de forragem. Mais recentemente, a cultivar Tanzânia-1 começou a apresentar lesões nas folhas causadas pelo fungo *Bipolaris maydis*, deprimindo a produção de forragem. Em 2014, a Embrapa lançou a cultivar Zuri, resistente ao fungo. No ano seguinte, em 2015, uma nova cultivar, o capim Tamani, foi lançada para, entre outros benefícios, atenuar a dificuldade de manejo observada nas demais cultivares da espécie. De porte mais baixo, alta quantidade de folhas em detrimento de hastes, a cultivar Tamani facilita o manejo do pastejo (Tabela 1).

Largamente utilizado em propriedades leiteiras para uso como capineira, o capim Elefante (*Pennisetum purpureum*) também é objeto de seleção e de melhoramento pela Embrapa, que aposta na sua elevada capacidade produtiva e valor nutritivo como uma das alternativas mais tradicionais de assegurar o fornecimento de forragem ao rebanho ao longo do ano. Em 2013, foram lançadas duas novas cultivares com propósitos de uso específicos. A cultivar Canará, de porte alto e altamente produtiva, recomendada para uso como capineira, e a cultivar Kurumi, de porte mais baixo, para uso em pastejo (Tabela 1).

Por serem consideradas estratégicas para a sustentabilidade dos sistemas de produção animal a pasto, tanto sob a perspectiva econômica como a ambiental, as leguminosas forrageiras também têm sido objeto dos programas de melhoramento da Embrapa, com ênfase para os recursos genéticos nativos da nossa flora (Tabela 1). Como produtos deste esforço, algumas cultivares de leguminosas já foram lançadas na década de 1980 (*Stylosanthes* cv. Pioneiro e cv. Bandeirante) e na década de 1990 (*Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão). Recomendadas para uso em consórcio com capins ou em monocultivo (bancos de proteína), como fonte de proteína para dieta animal e de nitrogênio para o solo e para gramínea acompanhante, o nível de adoção das cultivares de leguminosas forrageiras ainda é menor que o dos capins, sendo vários os motivos (processo de transferência, insucessos no passado, custos e complexidade de manejo entre outros).

Tabela 1. Gramíneas e leguminosas forrageiras desenvolvidas pela Embrapa com participação da Embrapa Cerrados.

| Espécie | Cultivar | Unidade envolvida | Bioma | Ano |
|------------------------------|-------------|---|---------------------|------|
| <i>Andropogon gayanus</i> | Planaltina | Embrapa Cerrados | Cerrado Amazônia | 1980 |
| <i>Brachiaria brizantha</i> | Marandu | Embrapa Gado de Corte Embrapa Cerrados | Cerrado Amazônia | 1984 |
| <i>Brachiaria brizantha</i> | Xaraés* | Embrapa Gado de Corte Embrapa Cerrados | Cerrado Amazônia | 2001 |
| <i>Brachiaria brizantha</i> | Arapoty* | Embrapa Cerrados Embrapa Gado de Corte | Cerrado | 2004 |
| <i>Brachiaria brizantha</i> | Capiporã* | Embrapa Cerrados Embrapa Gado de Corte | Cerrado | 2004 |
| <i>Brachiaria brizantha</i> | BRS Piatã** | Embrapa Gado de Corte Embrapa Cerrados | Cerrado Amazônia | 2006 |
| <i>Brachiaria humidicola</i> | BRS Tupi** | Embrapa Gado de Corte Embrapa Cerrados Embrapa Acre | Cerrado Amazônia | 2012 |

Continua...

Tabela 1. Continuação.

| Espécie | Cultivar | Unidade envolvida | Bioma | Ano |
|----------------------------------|--------------|---|------------------------------|------|
| <i>Panicum maximum</i> | Vencedor | Embrapa Cerrados | Cerrado | 1990 |
| <i>Panicum maximum</i> | BRS Zuri** | Embrapa Gado de Corte Embrapa Cerrados Embrapa Acre | Cerrado Amazônia | 2014 |
| <i>Panicum maximum</i> | BRS Tamani** | Embrapa Gado de Corte Embrapa Cerrados | Cerrado | 2015 |
| <i>Paspalum atratum</i> | Pojuca | Embrapa Cerrados | Cerrado Amazônia | 2000 |
| <i>Pennisetum purpureum</i> | BRS Canará | Embrapa Gado de Leite Embrapa Cerrados Embrapa Acre Embrapa Clima Temperado | Cerrado Mata Atlântica | 2013 |
| <i>Pennisetum purpureum</i> | BRS Kurumi | Embrapa Gado de Leite Embrapa Cerrados Embrapa Acre Embrapa Clima Temperado | Cerrado Mata Atlântica | 2013 |
| <i>Stylosanthes macrocephala</i> | Pioneiro | Embrapa Cerrados | Cerrado | 1983 |
| <i>Stylosanthes guianensis</i> | Bandeirante | Embrapa Cerrados | Cerrado | 1983 |
| <i>Stylosanthes guianensis</i> | Mineirão | Embrapa Cerrados | Cerrado | 1983 |
| <i>Arachis pintoi</i> | BRS Mandobi* | Embrapa Acre Embrapa Cerrados | Amazônia Cerrado | 2010 |

* Cultivares desenvolvidas em parceria com a Unipasto; ** Cultivares desenvolvidas em parceria com a Unipasto e protegidas.

Tecnologias geradas que necessitam de maiores informações e ações de comunicação e transferência de tecnologia

Em razão da baixa produtividade média da pecuária bovina no Brasil, são necessários maiores esforços no intuito de promover o acesso das tecnologias disponíveis ao produtor. A carência e a inadequação de cultivares, o manejo impróprio e a falta de reposição de nutrientes do solo são alguns dos motivos que levam à baixa produtividade e à degradação das pastagens. As ações de comunicação e marketing devem ser priorizadas para que as cultivares de forrageiras disponíveis possam alcançar os pecuaristas, de modo a oferecer o produto e todas as demais informações do seu sistema de produção.

Das cultivares listadas neste documento (Tabela 1), algumas delas, como é o caso da cultivar Marandu, dado ao grande volume de informações gerado pela comunidade científica desde o seu lançamento até os dias atuais, não necessitam, a priori, de mais ações de divulgação e transferência de tecnologia, à exceção de se reforçar a inviabilidade de uso desta cultivar em solos com problemas de drenagem. Já o capim *Andropogon* cv. Planaltina, por exemplo, apesar do tempo decorrido de seu lançamento, ainda carece de mais informações sobre o plantio e o manejo do pastejo, e conseqüente atualização do material de divulgação. Mais informações sobre o uso em sistemas integrados, manejo do pastejo e manejo do plantio são necessários para as cultivares Piatã, Xaraés e Tupi. Dado o seu lançamento mais recente, as cultivares Zuri e Tamani carecem de um material de divulgação mais detalhado. Para as cultivares de *P. purpureum*, Canará e Kurumi, informações específicas sobre seu desempenho no Cerrado também seriam necessárias. A cultivar Mineirão, por sua vez, carece ainda de informações sobre o sistema de produção de sementes e manejo.

Em um esforço para ampliar a visibilidade das cultivares com o produtor rural foram inseridos, no Gestec da Embrapa, as cultivares mencionadas neste documento ainda não disponibilizadas no sistema (Tabela 2). Em complemento a isso, foram reunidas em tabelas (Tabelas 3 e 4) as recomen-

dações atuais de uso para as gramíneas e leguminosas desenvolvidas pela Embrapa com a participação da Embrapa Cerrados, no intuito de constituir um painel de opções de forrageiras considerando a diversidade ambiental e de sistemas produtivos do bioma Cerrado, e além do mais, subsidiar ações de pesquisa para o provimento de novos cultivares em função das carências percebidas.

Tabela 2. Produtos desenvolvidos na área de melhoramento genético de plantas forrageiras apresentados na *Reunião Anual de Apresentação de Resultados da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos*, inseridos no Sistema Gestec e disponibilizados para a sociedade por meio do portal da Embrapa.

| Nº | Solução tecnológica | Tipo |
|----|--|------------------|
| 1 | <i>Andropogon gayanus</i> cv. Planaltina | Produto/Cultivar |
| 2 | <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Arapoty | Produto/Cultivar |
| 3 | <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Capiporã | Produto/Cultivar |
| 4 | <i>Panicum maximum</i> cv. Vencedor | Produto/Cultivar |
| 5 | <i>Paspalum atratum</i> cv. Pojuca | Produto/Cultivar |
| 6 | <i>Stylosanthes macrocephala</i> cv. Pioneiro | Produto/Cultivar |
| 7 | <i>Stylosanthes guianensis</i> cv. Bandeirante | Produto/Cultivar |
| 8 | <i>Stylosanthes guianensis</i> cv. Mineirão | Produto/Cultivar |

Fonte: Embrapa, 2015.

Tabela 3. Recomendações de uso para as gramíneas forrageiras desenvolvidas pela Embrapa com a participação da Embrapa Cerrados.

| GRAMÍNEAS | Tipo de solo | | Exigência em fertilidade solo | | Grau de intensificação | | Época p/ uso | | Manejo/ fornecimento | | Espécie/ categoria animal | | Resistência | | | | | | | | | | | | |
|------------|--------------|---------|-------------------------------|------------|------------------------|-------|--------------|-------|----------------------|------|---------------------------|-------|-------------|-------------|-----------|------|-------|-------|--------|---------|-------------|----------|----------|-----------|---|
| | Argiloso | Arenoso | Cascalho | Encharcado | Baixa | Média | Alta | Baixa | Média | Alta | Seca | Águas | Rotacionado | Diferimento | Capineira | Feno | Corte | Leite | Ovinos | Equinos | Deois/Zulia | Mahanara | Sucessão | iLP/ iLPF | |
| Planaltina | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Marandu | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Arapoty | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Capiporã | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Piatã | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Xaraés | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Tupi | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Vencedor | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Zuri | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Tamani | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Pojuca | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Canará | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Kurumi | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |

✓ = recomendado; ✓✓ = fortemente recomendado; iLP = integração lavoura-pecuária; iLPF = integração lavoura-pecuária-floresta.

Tabela 4. Recomendações de uso para as leguminosas forrageiras desenvolvidas pela Embrapa com a participação da Embrapa Cerrados.

| | Tipo de solo | | Exigência em fertilidade solo | Grau de intensificação | Época p/uso | Manejo/forneimento | Espécie/categoria animal | Resistência às doenças | iLP/iLPF |
|-------------|-------------------|---|-------------------------------|------------------------|-------------|--------------------|--------------------------|------------------------|----------|
| LEGUMINOSAS | Argiloso | V | V | Baixa | Alta | Alta | Baixa | Média | V |
| | Arenoso | V | V | Baixa | Alta | Baixa | Baixa | Média | V |
| | Cascalho | V | V | Baixa | Alta | Baixa | Baixa | Média | V |
| | Encharcado | V | V | Baixa | Alta | Baixa | Baixa | Média | V |
| | Mandobi | V | V | Baixa | Alta | Baixa | Baixa | Média | V |
| | Pioneiro | V | V | Baixa | Alta | Baixa | Baixa | Média | V |
| | Bandeirante | V | V | Baixa | Alta | Baixa | Baixa | Média | V |
| | Mineirão | V | V | Baixa | Alta | Baixa | Baixa | Média | V |
| | Conjunctivo | V | V | Baixa | Alta | Baixa | Baixa | Média | V |
| | Banco de Proteína | V | V | Baixa | Alta | Baixa | Baixa | Média | V |
| | Corte | V | V | Baixa | Alta | Baixa | Baixa | Média | V |
| | Corte | V | V | Baixa | Alta | Baixa | Baixa | Média | V |

V = recomendado; vV = fortemente recomendado; iLP = integração lavoura-pecuária; iLPF = integração lavoura-pecuária-floresta.

Produtos, processos e serviços descritos no portfólio de tecnologias da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos

- 1) *Andropogon gayanus* cv. Planaltina
- 2) Avaliação da Resistência Genética de Genótipos de *Panicum maximum* ao Fungo *Tilletia ayresii*
- 3) Avaliação de Acessos de *Stylosanthes* spp. em Relação à Antracnose, em Condições de Campo, no Distrito Federal, Brasil
- 4) *Brachiaria brizantha* cv. Arapoty
- 5) *Brachiaria brizantha* cv. Capiporã
- 6) Orientações Básicas Acerca da Produção e Armazenamento de Sementes de *Cratylia argentea*
- 7) Orientações Básicas para a Produção e Colheita Mecanizada de Sementes de Capim Pojuca (*Paspalum atratum* cv. Pojuca) no Brasil Central
- 8) *Panicum maximum* cv. Vencedor
- 9) *Paspalum atratum* cv. Pojuca
- 10) Propagação Vegetativa de Estilosantes (*Stylosanthes guianensis*) cv. Mineirão
- 11) *Stylosanthes guianensis* cv. Bandeirante
- 12) *Stylosanthes macrocephala* cv. Pioneiro
- 13) Teste de Patogenicidade de Mancha Foliar em Capim-elefante no Cerrado do Brasil Central Causada por *Bipolaris maydis*

Referências

DIAS-FILHO, M. B. **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. 36 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 402).

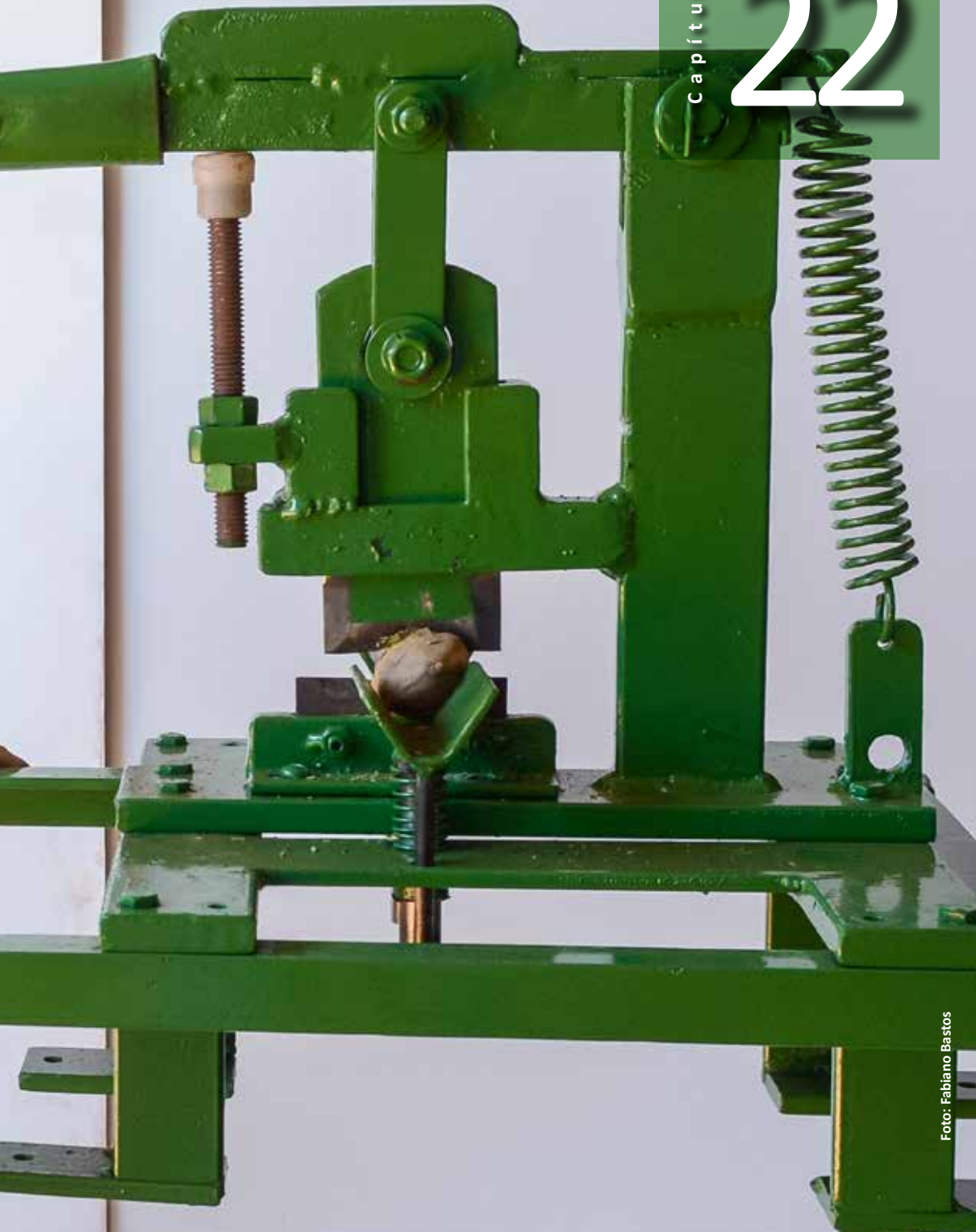
JANK, L.; BARRIOS, S. C.; VALLE, C. B.; SIMEÃO, R. M.; ALVES, G. F. The value of improved pastures to Brazilian beef production. **Crop and Pasture Science**, v. 65. p. 1132-1137, 2014.

KARIA, C. T.; ANDRADE, R. P. Avaliação preliminar de espécies forrageiras no Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados: perspectivas futuras. In: SIMPOSIO SOBRE O CERRADO, 8.; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1., 1996, Brasília, DF. **Biodiversidade e produção sustentável de alimentos e fibras nos Cerrados**: Anais... Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1996. p. 471-475.

PEDREIRA, B. C. e; PITTA, R. M.; ANDRADE, C. M. S. de; DIAS FILHO, M. B. **Degradação de pastagens de Braquiarião (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) no Estado de Mato Grosso**. Sinop, MT: Embrapa Agrossilvipastoril, 2014. 24 p. (Embrapa Agrossilvipastoril. Documentos, 2).

SANO E. E.; ROSA, R.; BRITO J. L. S.; FERREIRA L. G. Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 166, p. 113-24, 2010.

VALLE, C. B.; JANK, L.; RESENDE, R. M. S. O melhoramento de forrageiras tropicais no Brasil. **Revista Ceres**, v. 56, p. 460-472, 2009.



Tecnologias em Mecanização Agrícola

Claudio Alberto Bento Franz (in memoriam)

Sergio Mauro Folle

Introdução

A crescente e constante expansão das explorações agropecuárias na região do Cerrado, demanda a utilização de sistemas mecanizados adequados às características ambientais e aos sistemas de produção utilizados. As demandas relacionadas à mecanização, às máquinas e aos equipamentos não ocorrem somente das explorações de culturas anuais e pecuária, mas também dos sistemas que envolvem atividades relacionadas à fruticultura, ao agroextrativismo, às culturas perenes, à agroindústria e à agricultura familiar. Além da disponibilidade de máquinas e de equipamentos que atendam os diferentes sistemas de produção, deve-se considerar o planejamento e a gestão dos sistemas para sua adequada eficiência na execução dos processos.

As ações de pesquisa e de desenvolvimento em mecanização agrícola na Embrapa Cerrados podem ser divididas em diferentes fases ou linhas de pesquisa. Na primeira fase, a região ainda tinha como grande demanda a

abertura de novas áreas, isso fez com que muitas atividades se caracterizassem pela capacitação de técnicos e de extensionistas em metodologias de desmatamento, de preparo inicial do solo e de plantio. Foram ministrados inúmeros cursos por meio de demandas de programas como Prodecer, instituições de assistência técnica e extensão, cooperativas e empresas ligadas ao setor agropecuário. Paralelamente a isso, surgiram demandas para o desenvolvimento de máquinas e equipamentos, bem como a necessidade de estudos sobre aproveitamento de fontes de energias renováveis, atendendo também a agricultura familiar.

Em outra fase, surgiram trabalhos com tráfego de máquinas, descompactação dos solos, demanda energética nas operações, desenvolvimento de coletores de dados e sistemas de instrumentação para máquinas agrícolas aliados às demandas em agricultura de precisão.

Em mais uma fase, que perdura até os dias atuais, os esforços se concentraram em trabalhos de pesquisa e desenvolvimento relacionados à eficiência de máquinas, ao dimensionamento de parques mecanizados, à relação máquina-solo e melhores condições disponíveis para o trabalho, à eficiência energética e à gestão de operações mecanizadas.

História das pesquisas em mecanização agrícola e principais tecnologias desenvolvidas

As pesquisas em mecanização agrícola na Embrapa Cerrados tiveram início na década de 1970, ainda com a região como uma nova fronteira agrícola. Na expansão das áreas e sistemas de produção, muitas eram as demandas por desmatamento, correções do solo e seu preparo, exigindo um grande tráfego de máquinas (Folle; Seixas, 1986). Devido às características de distribuição de chuvas na região, as janelas operacionais para trabalho com o solo em adequadas condições de teor de água são curtas. Como consequência já naquela época de exploração inicial de áreas de lavoura, esses solos eram manejados em muitas situações com excesso de água, causando

problemas de compactação. Em outra condição, com solos extremamente secos, com operações muitas vezes ineficientes e com alta demanda energética. Já neste período, os primeiros trabalhos de pesquisa e avaliação da compactação do solo tiveram seu início (Shyoia; Folle, 1981) com equipe da Embrapa Cerrados em parceria com a Jica.

A crise do petróleo e a crise energética, nas décadas de 1970 e início de 1980, demandaram fontes de energias alternativas e incentivaram programas como o Proálcool. Em atendimento a essas demandas, foram realizados trabalhos e recomendações como: aproveitamento de energia renovável na propriedade agrícola; produção e consumo de energia na agricultura; construção de coletor solar de baixo custo; construção e funcionamento de biodigestores (Figura 1).

Na agropecuária, é frequente a utilização de máquinas auxiliares nas operações de carga e de descarga. Visando tornar essas operações mais eficientes e melhorar o transporte, a Embrapa Cerrados desenvolveu uma carreta basculante rebatível (Seixas; Folle, 1982), que permite elevar ou baixar cargas, por meio de bascular para trás a partir de sua posição de transporte, ou baixar seu piso ao nível do solo, aproveitando o sistema hidráulico dos tratores (Figura 2).

Atendendo a demandas do setor de hortaliças, a Embrapa Cerrados desenvolveu uma plantadeira de alho (Seixas; Folle, 1982) (Figura 3), composta por uma espiral separadora dos bulbilhos, mesa circular e coletor cônico (Figura 3b). Esta máquina foi adotada como opção para uma semeadora adubadora para operação manual (Figura 3c). Essa máquina, além do plantio de alho, permite a distribuição de grande variedade de produtos independente de sua forma e tamanho. Nessa mesma linha de trabalho e de demandas, foram adaptadas as máquinas para semeadura e adubação, com utilização manual ou tração animal (Figura 4), que também atendem agricultura familiar e pequenas áreas, bem como, para parcelas experimentais na Embrapa e demais instituições de pesquisa agropecuária.

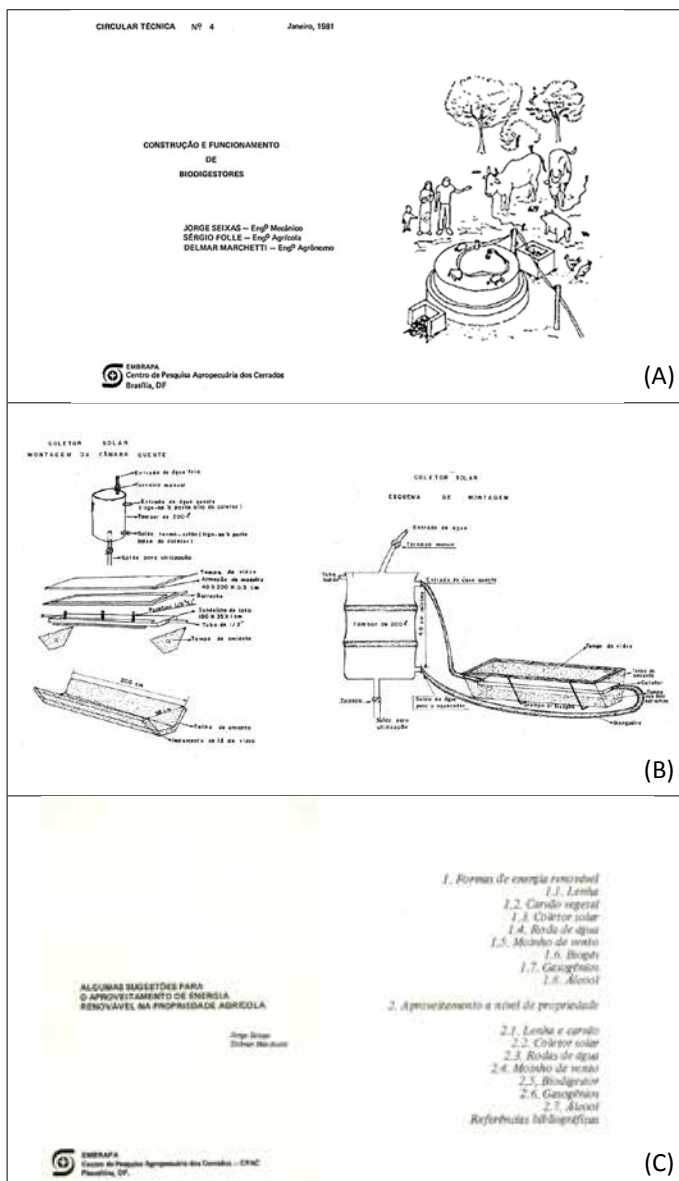


Figura 1. Primeiros trabalhos sobre energias renováveis na agricultura na Embrapa Cerrados. (A) Construção e funcionamento de biodigestores. (B) Coletor solar de baixo custo. (C) Sugestões para aproveitamento de energia renovável na propriedade agrícola.

Fonte: Seixas et al., 1981 (A); Seixas e Folle, 1981 (B); Seixas e Marchetti, 1982 (C).

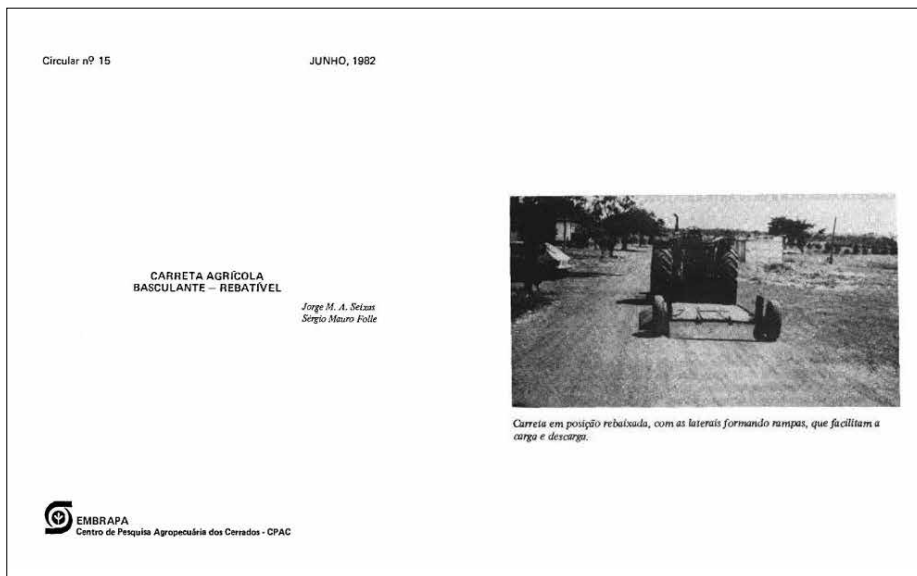


Figura 2. Carreta agrícola basculante-rebatível.

Fonte: Circular técnica nº 15 – Seixas e Folle (1982b).

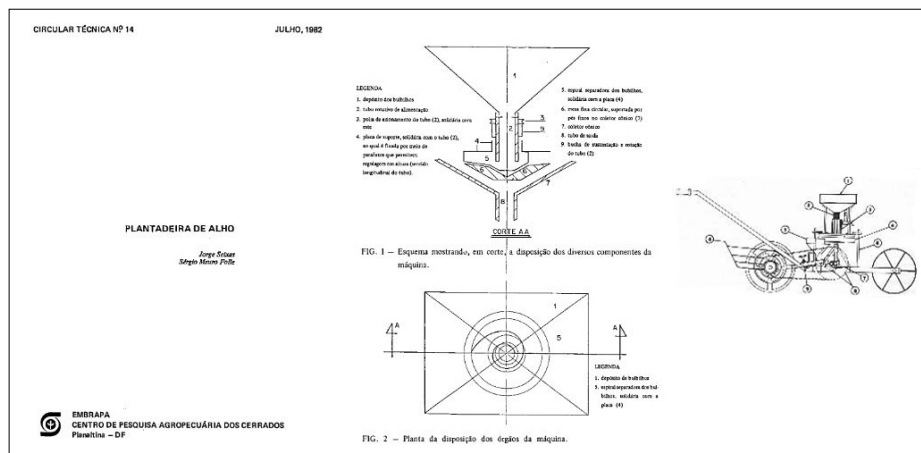
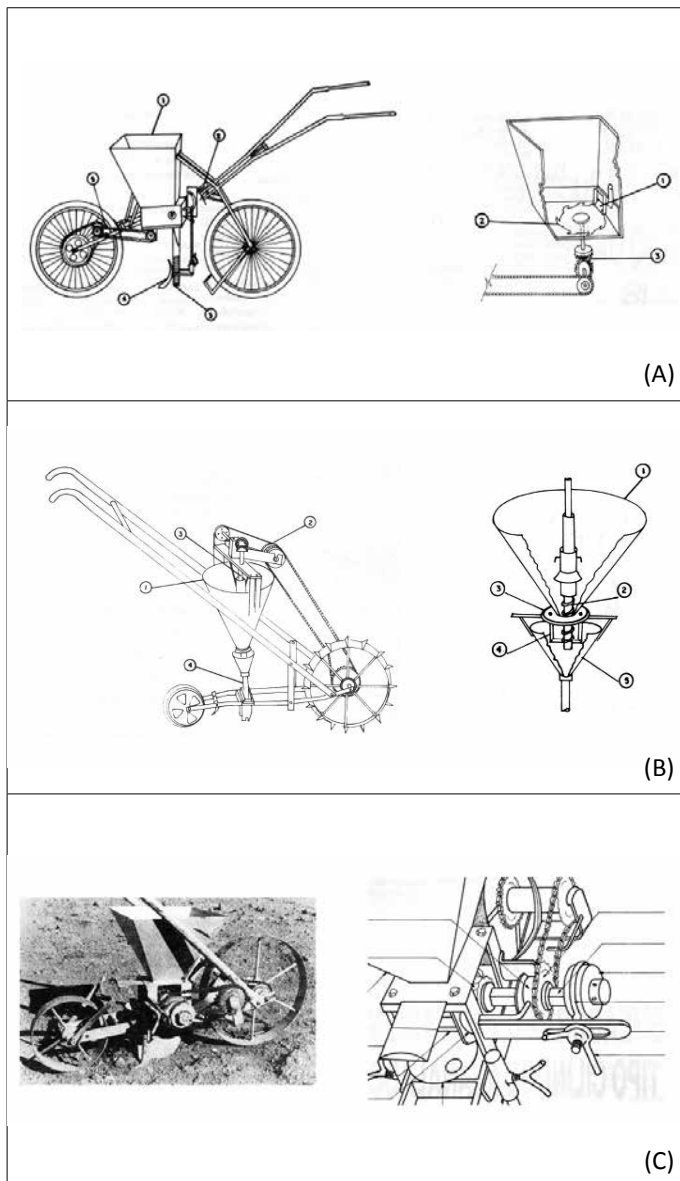


Figura 3. Plantadeira de alho. (A) Publicação da tecnologia. (B) Mesa circular e coletor cônico. (C) Esquema da semeadora (ou adubadora) de operação manual.

Fonte: Circular técnica nº 14 – Seixas e Folle (1982a).



Figuras 4. Semeadoras – adubadoras para pequenas áreas e parcelas experimentais. (A) Adubadora com sistema de disco dentado; (B) Adubadora com sistema tipo rosca sem fim vertical; (C) Semeadora com mecanismo tipo cilindro acanalado.

Fonte: Rocha et al., 1991.

A pecuária acompanhou o desenvolvimento das explorações nos Cerrados, promovendo demandas relacionadas ao plantio e ao manejo das pastagens. Problemas específicos de plantio de gramíneas com sementes pilosas ou aristadas, como o caso do capim andropógon cv. Planaltina, resultaram no desenvolvimento de uma semeadeira para gramíneas e forrageiras (Seixas; Folle, 1982) que possui a capacidade de dosar a quantidade de sementes no solo, a lançar, em faixas ou em linhas. O dispositivo de dosificação, que possui sistema de aspiração constituído por aspirador/compressor, colaborou para a pesquisa e o desenvolvimento industrial de semeadeiras no país. Essa máquina (Figura 5) constituiu no primeiro processo de patente da Embrapa (INPI nº PI 810.6532).

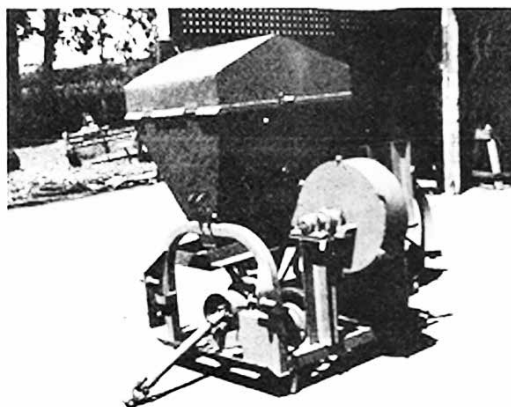


Figura 5. Semeadeira para gramíneas e forrageiras.

Fonte: Seixas e Folle (1982).

Devido a características das sementes de forrageiras e ao sistema empregado na formação de pastagens, foi adaptado e construído na Embrapa Cerrados um rolo para compactação pós-semeadura de forrageiras (Franz et al., 1991; Franz et al., 2005). O equipamento é constituído por estrutura metálica, que pode ser adaptado de outros equipamentos, como estrutura de grades, eixo com vergalhões ou barras de ferro e pneus usados (carecas), o que a torna uma tecnologia de baixo custo e, por isso, bastante adotada (Figura 6).

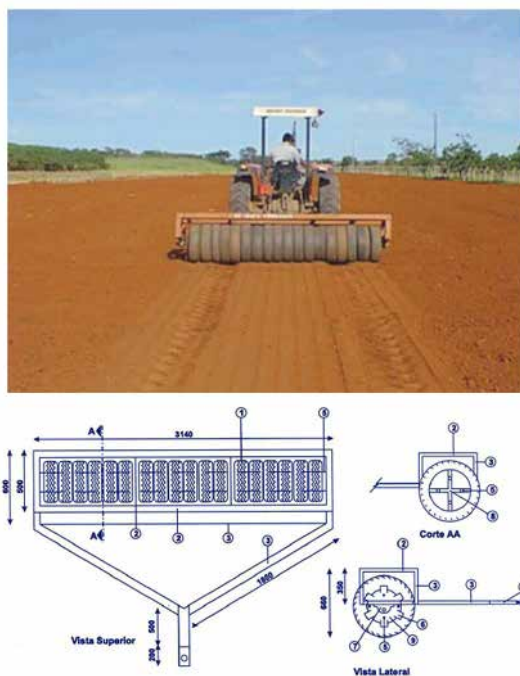


Figura 6. Rolo compactador para formação de pastagens.

Fonte: (Franz et al., 1991, 2005).

Em consonância com as demandas pela viabilização de diferentes tecnologias para a melhor exploração da região, os diferentes sistemas de irrigação necessitavam de equipamentos que facilitasse sua utilização ou mesmo tornasse a irrigação em pequenas áreas mais eficiente, como no caso, a irrigação por sulcos. Para isso, foram adaptados e construídos sulcadores acopláveis a diversos modelos de semeadoras-adubadoras, permitindo a operação simultânea da semeadura e abertura dos sulcos para irrigação (Franz; Alonço, 1986) (Figura 7). Atendendo a demandas por equipamentos em sistemas de irrigação, Rocha et al. (1998) desenvolveram equipamento de deslocamento linear para irrigação (Figura 8) de baixo custo inicial para atender as pequenas propriedades, além de permitir uso de conjuntos de motobombas de baixa potência, de fontes alternativas de energia, baixo custo de manutenção e possibilidade de atender com a precisão necessária os experimentos de pesquisa.

Foto: Claudio Franz

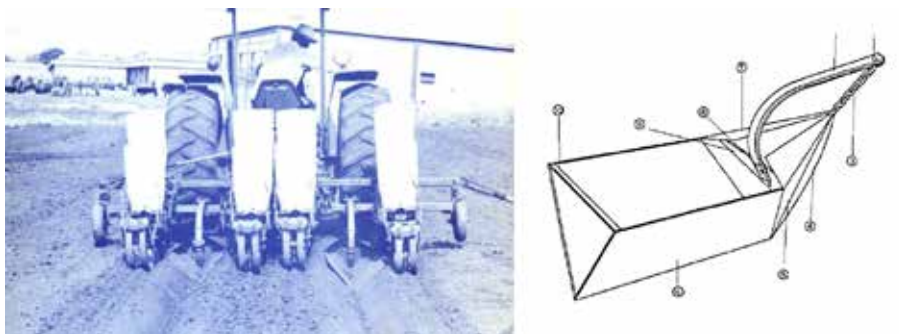
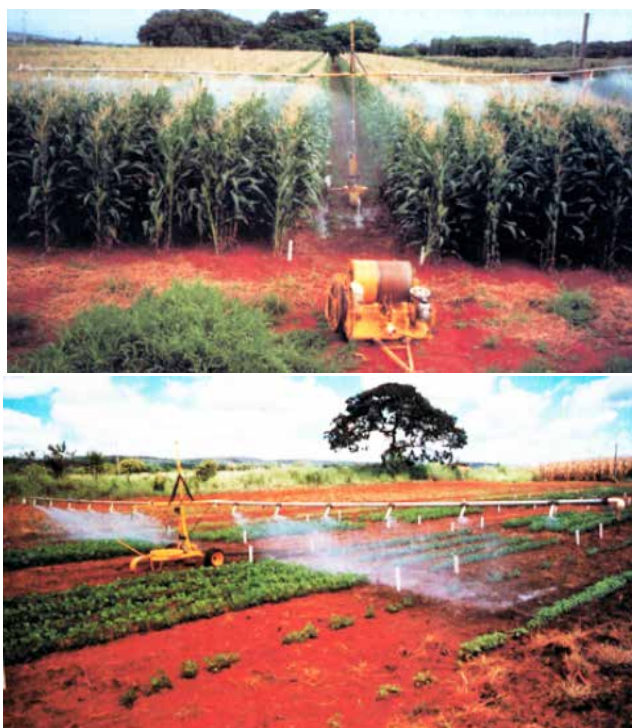


Figura 7. Sulcador acoplável a semeadeiras adubadeiras para implantação de lavouras irrigadas por sulcos.

Fonte: Franz e Alonço (1986).

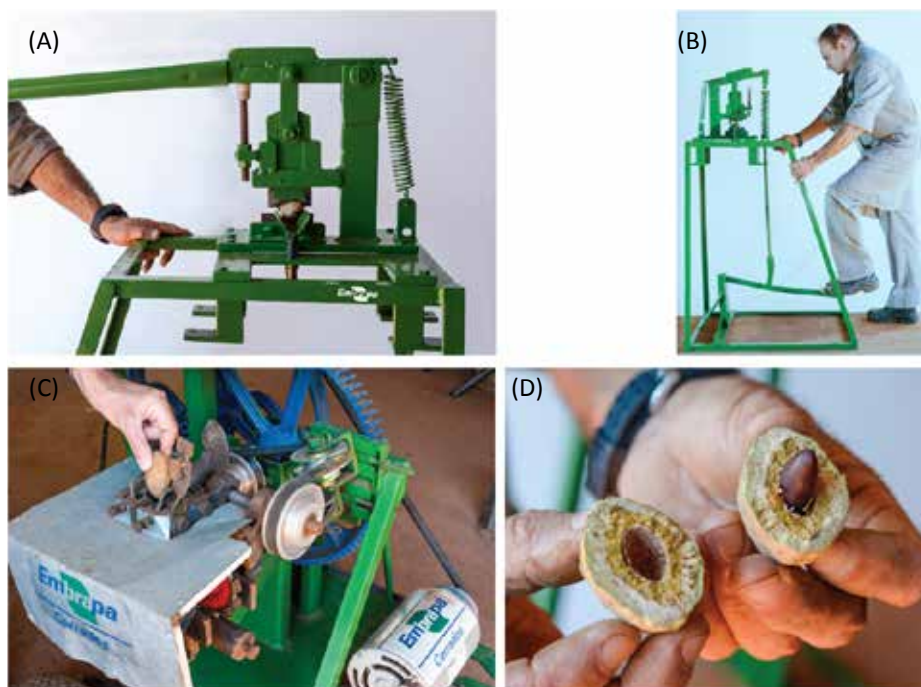


Fotos: Francisco Rocha

Figura 8. Equipamento de deslocamento linear para irrigação.

Máquinas e equipamentos têm sido demandados por diversos setores agrícolas nas mais diversas escalas, bem como no extrativismo de espécies de potencial econômico, entre as quais cita-se o baru (*Dipteryx alata*). A extração da amêndoa do baru é normalmente realizada com martelo ou foices adaptadas para quebra e corte, o que causa dano e quebra das amêndoas. Essa técnica é pouco eficiente, porque dificulta o trabalho, traz risco de acidente e o produto extraído é de baixa qualidade.

Com o objetivo de melhorar a eficiência do trabalho e a qualidade do produto, a Embrapa Cerrados, em parceria com agricultores familiares extrativistas, desenvolveu um equipamento para extração da amêndoa do baru de forma mais simples, eficiente e de baixo custo em relação a outros equipamentos (Franz; Sano, 2015) (Figura 9).



Fotos: Fabiano Bastos

Figura 9. Equipamento para quebra de baru e extração de amêndoas. (A) equipamento por acionamento manual; (B) equipamento com acionamento por pedal; (C) equipamento acionado por motor elétrico; (D) fruto aberto com amêndoa intacta.

As características edafoclimáticas do bioma Cerrado reduzem as janelas ideais para operações mecanizadas e, por questões econômicas ou falta de planejamento adequado, os solos são trabalhados em condições altas de umidade, favorecendo sua compactação e prejudicando o desenvolvimento das culturas.

Os primeiros trabalhos sobre compactação na Embrapa Cerrados incluem a avaliação da compactação dos solos nos campos dos cerrados (Shyoia; Folle, 1981) e trabalhos relacionados à descompactação e incorporação profunda de fertilizantes (Alonço, 1990), aos efeitos da umidade do solo na resistência a penetração (Franz et al., 1997), aos estados de consistência do solo como parâmetros adequados para determinação das melhores condições para operações de movimentação e trafegabilidade do solo (Folle et al., 1990).

Os trabalhos de Alonço (1990), Folle et al. (1990) e Franz et al. (1997) tiveram sequência com a avaliação de implementos de preparo de solo e semeadoras de plantio direto em diferentes estados de consistência do solo (Franz et al., 2010) (Figura 10), além do planejamento e do dimensionamento de parque de máquinas considerando dias disponíveis para as operações mecanizadas (Folle et al., 1994).



Figura 10. Avaliação do desempenho de um subsolador vibratório com instrumentação do convênio Embrapa Cerrados/JICA, para coleta de dados de demanda energética.

Fonte: Franz et al. (1998).

Os tratores representando a principal fonte de potência nas atividades e propriedades rurais foram alvo de uma publicação que objetivou sua adequada seleção e uso (Folle; Franz, 1990) (Figura 11).

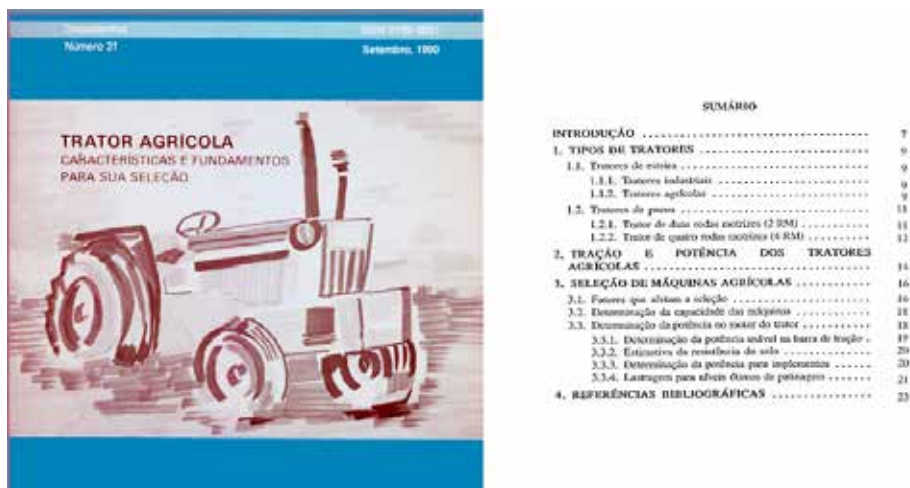


Figura 11. Publicação sobre Trator agrícola – características e fundamentos para sua seleção.

Fonte: Folle e Franz (1990).

Dando sequência às demandas em trabalhos de pesquisa envolvendo a relação máquina solo, trafegabilidade, compactação do solo e seus efeitos, por meio do convênio Embrapa Cerrados/Jica, foram realizados trabalhos relacionados aos efeitos da destruição da camada de solo compactada por máquinas e implementos agrícolas (Ogawa et al., 2000, 1997) (Figura 12). Neste mesmo assunto, foi estudado o efeito na resistência ao cisalhamento do solo em diferentes condições de manejo (Silva et al., 2001, 2015).

Parcerias, como a realizada com a Universidade Federal do Mato Grosso, permitiram uma maior abrangência e participação com outras instituições da região do Cerrado para seu desenvolvimento agropecuário (Maia, 1996). O conjunto dessas ações e trabalhos de pesquisa resultou em recomendações de tecnologias para redução de problemas de compactação dos solos.



Foto: Sérgio Mauro Folle

Figura 12. Experimento e parte da equipe nos trabalhos sobre efeito de máquinas agrícolas na descompactação de solos de Cerrado, Convênio Embrapa Cerrados/Jica, 1996.

Com o incremento de tecnologias em mecanização, a própria automação dos sistemas e das operações exigiu maior eficiência na coleta de dados de pesquisa com máquinas agrícolas. Trabalhos que permitissem estudos sobre demanda energética em operações, como alguns resultados apresentados anteriormente, desempenho de máquinas e seus efeitos no solo, sempre foram objeto das pesquisas desenvolvidas no Centro. As primeiras instrumentações se deram por meio de convênio e consultoria Embrapa Cerrados/Jica, na década de 1980, com a utilização das primeiras células de carga para medições de esforços de tração de implementos e dinamômetro para tomada de potência de tratores. Por meio do convênio com a Jica, foi possível dar outro impulso aos trabalhos em instrumentação para coleta de dados no mesmo período (Figuras 13 e 14). Outra parceria na linha de trabalhos com sistemas para coleta de dados foi com a Embrapa Instrumentação (Inamasu et al., 1992), também com participação da Jica, para o desenvolvimento de coletor de dados e utilização de células de carga na medição de esforços em tratores e implementos. No ano de 1996, por meio de recursos Embrapa/Promoagro, foi possível a aquisição de Sistema de Aquisição de Dados de Máquinas Agrícolas desenvolvido na Unicamp, Faculdade de Engenharia Agrícola. Tal sistema permite a coleta de dados de

esforços requeridos por implementos, efeitos no solo, dados de desempenho e demandado pelo conjunto trator-implemento, o que possibilitou estudos com mais precisão na avaliação dos sistemas mecanizados em campo e sua demanda energética (Figura 15).



Foto: Acervo Embrapa Cerrados

Figura 13. Entrega de instrumentação pela Jica para coleta de dados de máquinas em campo.



Foto: Claudio Franz

Figura 14. Coleta de dados durante avaliação de desempenho de um arado de discos com equipamento construído através do convênio Embrapa Cerrados/Jica.



Foto: Claudio Franz

Figura 15. Coleta de dados durante avaliação de desempenho de um arado de discos com equipamento desenvolvido pela Unicamp.

Com o incremento da instrumentação, tanto na pesquisa como na indústria, a utilização de eletrônica embarcada em máquinas agrícolas e a agricultura de precisão se tornaram realidade na agricultura brasileira no final dos anos 1990, melhorando constantemente até os dias de hoje. Esse desenvolvimento veio a colaborar também em trabalhos para o planejamento da necessidade de máquinas, dimensionamento, seleção de parques de máquinas e sua gestão.

A maior adoção de sistemas integrados de produção como a Integração Lavoura Pecuária Floresta, veio a demandar sistemas mecanizados ainda mais eficientes. Trabalhos em campo são dependentes de clima e, por consequência, suas variações tem grande impacto sobre as condições do solo (Folle et al., 1994, 2001). Os autores consideraram dias prováveis para os trabalhos com máquinas os dias sem chuva, especializados para a região do Cerrado (Assad et al., 1994), salientando a necessidade de considerar os estados de consistência do solo como limites a serem avaliados. Pinheiro (2016) e Pinheiro et al. (2016) avaliaram os estados de consistência do solo e utilizaram tais resultados em metodologia para o dimensionamento e planejamento de um parque de máquinas para operações em um sistema

de integração lavoura pecuária. Neste trabalho, também usaram dados climáticos e balanço hídrico do solo, com metodologia e dados processados por meio de software que permitiram a identificação dos dias disponíveis adequados, aqueles com o solo em seu estado friável ou abaixo do limite de plasticidade. Na Figura 16, pode ser observado um exemplo das condições e as metodologias utilizadas, em que o ponto de corte foi considerado o limite de plasticidade, abaixo do qual o solo encontrou-se em seu estado friável em 17 dias no mês de fevereiro, tomando-se média histórica de 29 anos.

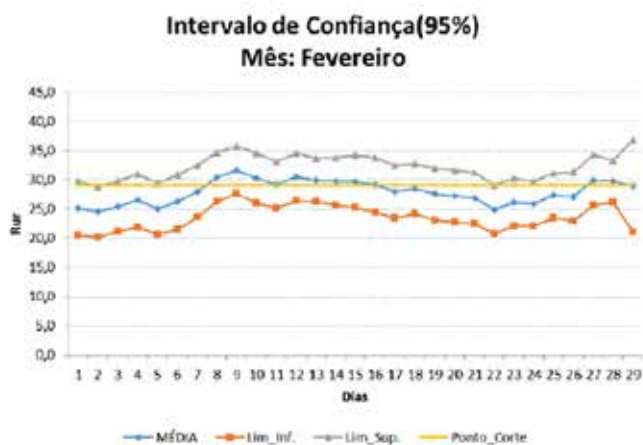


Figura 16. Determinação dos dias disponíveis para o trabalho com máquinas no mês de fevereiro para um Latossolo vermelho com 55% de argila, em Goiás, GO.

Fonte: Pinheiro et al., 2016.

Com as demandas citadas anteriormente, o tráfego se tornou mais intenso com maior número de passadas dos tratores e máquinas na lavoura. Uma das alternativas para minimizar os problemas é o tráfego controlado de máquinas na lavoura. Trabalhos nesse tema começaram a ser fomentados e iniciados em 2015 por equipe da Embrapa Cerrados e parceiros (Associação de Plantio Direto no Cerrado, Federação Brasileira de Plantio Direto e Irrigação, Universidade de Brasília, COOPA-DF, agricultores e fabricantes de máquinas). A tecnologia consiste na eliminação de tráfegos aleatórios na lavoura, o que, em alguns casos, já é realizado em operações de pulverizações,

repetindo o tráfego do equipamento no mesmo rastro da aplicação anterior e também na safra posterior. Busca-se que todas as operações e máquinas (trator, pulverizador, colhedora, carretas, etc.) trafeguem com rodados no mesmo rastro, possuindo bitolas múltiplas (Figura 17). Inúmeros benefícios podem ser obtidos, tais como diminuição da compactação do solo por permitir faixas permanentes sem tráfego pelos rodados, melhores condições de tração e menor resistência ao rolamento para os rodados, menor resistência do solo para semeadoras, melhoria nas propriedades físicas do solo e seus benefícios, menor potência requerida e consumo de combustível pelas máquinas, maior eficiência na logística e gestão das operações.

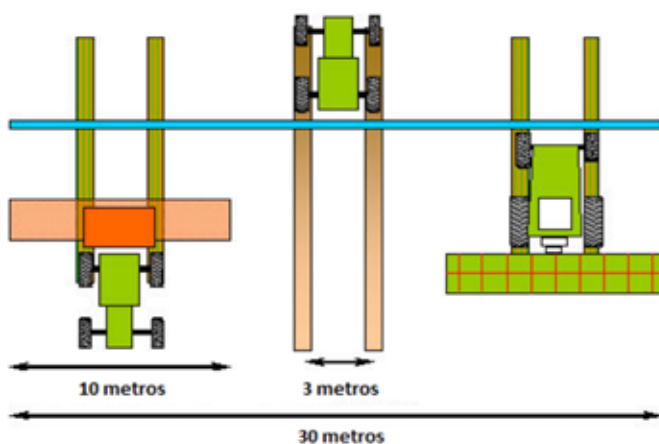


Figura 17. Exemplo de operações com tráfego controlado na lavoura.

Fonte: Faggion et al., 2016.

Na Tabela 1, são listados alguns dos principais produtos tecnológicos desenvolvidos e caracterizados pelo grupo de trabalho *Mecanização agrícola*, inseridos no Sistema Gestec e apresentados na Reunião Anual de Apresentação de Resultados da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos.

Tabela 1. Processos, produtos e serviços desenvolvidos na área relacionada à mecanização agrícola inseridos no Sistema Gestec e disponibilizados por meio do portal da Embrapa.

| Nº | Solução tecnológica | Tipo |
|----|---|--------------------------------|
| 1 | Semeadeira para gramíneas e forrageiras | Produto: máquina/ equipamento |
| 2 | Trator Agrícola – Características e Fundamentos Para Sua Seleção | Processo: metodologia |
| 3 | Rolo Compactador para Formação de Pastagens | Produto: máquina/ equipamento |
| 4 | Equipamento para quebra do baru e extração da amêndoa | Produto: máquina/ equipamento |
| 5 | Parâmetros para mecanização agrícola na região do Cerrado | Processo: metodologia |
| 6 | Plantadeira de Alho | Produto: máquina/ equipamento |
| 7 | Carreta agrícola basculante-rebatível | Produto: máquina/ equipamento. |
| 8 | Irrigação: equipamento de deslocamento linear | Produto: máquina/ equipamento. |
| 9 | Mecanização agrícola | Processo: metodologia |
| 10 | Dias prováveis para o dimensionamento de parques de máquinas na região dos Cerrados | Processo: metodologia |
| 11 | Ajubadora com sistema tipo rosca sem-fim vertical | Produto: máquina/ equipamento. |

Homenagens e reconhecimentos

Dedicamos este capítulo à memória do colega pesquisador e autor Cláudio Alberto Bento Franz. Cláudio chegou na Embrapa Cerrados em (buscar na ficha funcional dele) como bolsista do CNPq e, contratado em XXXX como pesquisador. Com seu jeito simples, fez muitos amigos ao longo de sua caminhada na Embrapa. Dedicou-se ininterruptamente à instituição por XX anos, onde teve contribuição importante no desenvolvimento de várias tecnologias apresentadas neste portfólio.

Produtos, processos e serviços descritos no portfólio de tecnologias da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos

- 1) Equipamento para Quebra do Baru e Extração da Amêndoa
- 2) Parâmetros para Mecanização Agrícola na Região do Cerrado
- 3) Rolo Compactador para Uso em Formação de Pastagens
- 4) Semeadeira para Gramíneas e Forrageiras
- 5) Trator Agrícola – Características e Fundamentos para sua Seleção

Referências

ALONÇO, A. dos S.; FERREIRA, O. O. Incorporação In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 20., 1991, Londrina. **Anais...** Londrina: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1992. 2 v.

ALONÇO, A. dos S. **Influência da incorporação de adubos e corretivo em profundidade, na cultura do milho (Zea mays L.), sob déficit hídrico induzido em solo de cerrado.** 1990. 115 f. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1990.

ALONÇO, A. dos S.; FRANZ, C. A. B. Plantio direto nos cerrados brasileiros. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO, 3., 1985, Ponta Grossa, PR. **Anais...** Ponta Grossa: Cooperativa Central de Laticínios do Paraná / Fundação ABC, 1985. p. 56-63.

FAGGION, F.; LANDERS, J. N.; FRANZ, C. A. B.; CORREIA, T. P. S.; SÁ, M. A. C.; SOUZA, K. W.; CORSO, J. Primeiras experiências com o controle do tráfego de máquinas em lavouras na região do Distrito Federal. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 15., 2016, Goiânia. Anais... Federação Brasileira de Plantio Direto Irrigação. **Palha, ambiente e renda**: resumos apresentados. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2016. p. 122. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 313).

FOLLE, S. M.; SEIXAS, J. M. Mecanização agrícola. In: GOEDERT, W. J. (ed.). **Solos dos cerrados**: tecnologias e estratégias de manejo. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC; São Paulo: Nobel, 1986. p. 385-408.

FOLLE, S. M.; FRANZ, C. A. B. **Trator agrícola**: características e fundamentos para sua seleção. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1990. 24 p. (EMBRAPA-CPAC. Documentos, 31).

FOLLE, S. M.; QUEIROGA, R. B.; FRANZ, C. A. B. **Influência do teor de água no solo na demanda de tração específica de implementos de preparo de solo I**. Arado de discos lisos e recortados. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1990. 3 p. (EMBRAPA-CPAC. Pesquisa em Andamento, 34).

FOLLE, S. M.; FRANZ, C. A. B.; ASSAD, E. D. Dias prováveis de trabalho para dimensionamento de parques de máquinas na região dos cerrados. In: ASSAD, E. D. (Coord.). **Chuva nos cerrados**: análise e espacialização. [Planaltina, DF] : EMBRAPA-CPAC / Brasília, DF : EMBRAPA-SPI, 1994. cap. 5. p. 55-58.

FOLLE, S. M.; ROCHA, F. E. de C.; MARTIN, U. Adubadora com sistema tipo rosca sem-fim vertical. **Informe Agropecuário**, v. 15, n. 169, p. 43-44, 1991.

FOLLE, S. M.; FRANZ, C. A. B.; ASSAD, E. D. Dimensionamento de parques mecanizados para a produção de soja nos cerrados. In: EMBRAPA CERRADOS. **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1991 a 1995**. Planaltina, DF, 1997. p. 141-142.

FOLLE, S. M.; FRANZ, C. A. B.; ASSAD, E. D. Dias prováveis de trabalho para dimensionamento de parques de máquinas na região dos cerrados. In: ASSAD, E. D. (Coord.). **Chuva no Cerrado**: análise e espacialização. 2. ed. rev. ampl. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. 1 CD-ROM.

FRANZ, C. A. B.; ALONCO, A. dos S. **Sulcador acoplável a semeadeiras-adubadeiras para implantação de lavouras irrigadas por sulcos**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1986. 22 p. (EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 24).

FRANZ, C. A. B.; PACHECO, L. A.; FOLLE, S. M.; ROCHA, F. E. C. Correlações entre resistência a penetração, umidade e densidade global em um latossolo de cerrados. In: EMBRAPA CERRADOS. **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1991 a 1995**. Planaltina, DF, 1997. p. 142-143.

FRANZ, C. A. B.; FOLLE, S. M.; INOUE, K.; ROCHA, F. E. de C. Avaliação do desempenho de um subsolador vibratório. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas, MG. **Anais...** Poços de Caldas: SBEA/UFLA, 1998. v. 3. p. 226-228.

FRANZ, C. A. B.; FOLLE, S. M.; SPAIN, J.; BARCELLOS, A. de O.; XAVIER, F. de F. B. **Rolo compactador para uso em formação de pastagens**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. 4 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 61).

FRANZ, C. A. B.; SPAIN, J.; FOLLE, S.M.; BARCELLOS, A. de O. **Rolo compactador para formação de pastagens**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1991. 3 p. (Embrapa-CPAC. Comunicado Técnico, 61).

SEIXAS, J.; FOLLE, S. M. **Plantadeira de alho**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1982. 15 p. (EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 14).

SILVA, R. B. da; DIAS JUNIOR, M. S.; SANTOS, F. L.; FRANZ, C. A. B.; FOLLE, S. M. Alteração da resistência ao cisalhamento de um latossolo vermelho diferentes sob diferentes manejos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO, 28., 2001, Londrina, PR. **Ciência do solo: fator de produtividade competitiva com sustentabilidade**. Londrina: SBCS, 2001. p. 26. Resumo.

SILVA, R. B. da; DIAS JUNIOR, M. de S.; IORI, P.; SILVA, F. A. de M.; FOLLE, S. M.; FRANZ, C. A. B.; SOUZA, Z. M. de Prediction of soil shear strength in agricultural and natural environments of the Brazilian Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 1, p. 82-9, Janeiro 2015.

TANIWAKI, K.; FOLLE, S. M.; FRANZ, C. A. B. Implementation of a system for determining tractor fuel consumption and velocity. In: EMBRAPA CERRADOS. **Relatório técnico do projeto nipo-brasileiro de cooperação em pesquisa agrícola nos cerrados 1987/1992**. [Planaltina, DF]: EMBRAPA-CPAC; JICA, 1994. p. 300-303.



Agricultura Familiar e Desenvolvimento Rural¹

José Humberto Valadares Xavier

Marcelo Leite Gastal

Luciano Mansor de Mattos

Marcelo Nascimento de Oliveira

João Roberto Correia

Herbert Cavalcante de Lima

João Paulo Guimarães Soares

Cynthia Torres de Toledo Machado

Introdução

A publicação do Censo Agropecuário 2006² identifica 4.367.902 estabelecimentos rurais de agricultura familiar, o que representa 80,25 milhões de hectares, 84,4% do número e 24,3% da área dos estabelecimentos rurais brasileiros. Com somente 24,3% das terras, a agricultura familiar brasileira colabora com 38% do Valor Bruto de Produção Agropecuária (VBPA) e 3,42% do Produto Interno Bruto (PIB), uma marca expressiva que denota a eficiência da categoria produtiva e sua capacidade de se manter ativa e estratégica na economia do país. A discriminação dos dados demonstra que a agricultura familiar participa com 87% da produção de mandioca, 70% do feijão, 67% do leite caprino, 59% da carne suína, 58% do leite bovino, 50%

¹ Os autores agradecem a colaboração dos colegas Francisco Eduardo de Castro Rocha, João Luis Dalla Corte, José Maria Rodrigues Camargos, Marco Antônio da Cruz Borba, Sônia Maria Costa Celestino, Tito Carlos Rocha de Sousa e Wellington Pereira de Carvalho.

² Este capítulo utiliza os dados do Censo Agropecuário 2006, pois naquela edição, pela primeira vez, houve um recorte específico à agricultura familiar, buscando a construção de uma série histórica dessa categoria produtiva. Entretanto, a série histórica da agricultura familiar foi rompida com a publicação do Censo Agropecuário 2017, logo, os autores optaram em manter os dados do Censo Agropecuário 2006, afinal, uma série histórica não traz mudanças tão significativas em um breve período de 10 anos.

da carne avícola, 46% do milho (fonte de alimentação animal), 38% do café, 34% do arroz e 30% da carne bovina, e ainda contabiliza 21% do trigo e 16% da soja. No âmbito geral, 70% dos alimentos consumidos pela população brasileira são produzidos pela agricultura familiar. Outra evidência da importância estratégica dessa categoria produtiva remete-se à sua participação na geração de empregos no campo. Entre os 16,5 milhões de pessoas empregadas, a agricultura familiar encampa 12,3 milhões (74,4%), com média de 2,6 pessoas com mais de 14 anos por estabelecimento rural. Portanto, a agricultura familiar brasileira cumpre papel relevante na soberania e segurança alimentar e nutricional do país, no abastecimento de alimentos e fibras ao mercado consumidor doméstico, na absorção de mão de obra familiar e na geração de emprego e renda no campo em todas as regiões do Brasil (IBGE, 2009; Mattos, 2010a; Mattos, 2010b). Na região do Cerrado, os dados do Censo³ mostram um expressivo número de estabelecimento que se enquadram nessa categoria. São 771.130 estabelecimentos, que ocupam uma área de 32.072.496 ha (IBGE, 2009). Isso equivale a 79,4% do total de estabelecimentos e 20,6% da área.

Entretanto, é importante considerar a diversidade dos estabelecimentos familiares. Segundo Anjos (2003), nas economias em desenvolvimento como o Brasil, ao contrário dos países desenvolvidos nos quais a agricultura familiar integrada ao mercado é preponderante, coexiste uma diversidade de tipos de explorações familiares. Elas vão desde aquelas com reduzida incorporação aos mercados, que praticam uma agricultura pouco dependente de recursos externos e são voltadas basicamente ao sustento da família, até explorações diretamente integradas aos mercados agrícolas com vistas à incessante busca de valorização de seus ativos.

Apesar de sua importância, muitos agricultores familiares enfrentam diversos desafios e restrições, entre os quais citam-se: a dificuldade de acesso aos mercados e aos insumos; a inserção em cadeias pouco consolidadas; a escassez de mão de obra; a baixa disponibilidade de capital de giro; a baixa capacidade de investimentos produtivos; a relação precária com o sistema

³ Foram considerados dados das seguintes Unidades da Federação: Bahia, Distrito Federal, Goiás, Maranhão, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Pará, Piauí, Paraná, Rondônia, São Paulo e Tocantins.

financeiro; o tamanho reduzido dos estabelecimentos rurais e a localização em áreas em que os recursos ambientais encontram-se degradados (Buainaim et. al., 2003). Esses desafios e restrições têm como consequência a baixa rentabilidade dos estabelecimentos familiares. Alves e Silva (2015), ao analisarem dados do censo agropecuário 2006, concluíram que o percentual de estabelecimentos familiares com renda bruta inferior a 2 salários mínimos mensais foi de 70,46%. Esses estabelecimentos foram responsáveis por apenas 10,90% da renda bruta produzida pela agricultura familiar. No outro extremo, 5,39 % dos estabelecimentos familiares com maior renda bruta (10 a 200 salários mínimos mensais) foram responsáveis por 55,50% da renda bruta total da agricultura familiar. Esses dados demonstram a pluralidade de situações da agricultura familiar e a importância de superar os desafios citados.

A diversidade de problemas e de situações dos agricultores de base familiar, os recursos existentes nos diferentes agroecossistemas e as diferentes condições socioeconômicas dos produtores têm como consequência o fato de as tecnologias de produção de forma isolada não serem suficientes para resolver os reais problemas da agricultura familiar (Zoby et al., 2003). Torna-se necessário lançar mão de enfoques de pesquisa que complementem as informações geradas nos centros e nas estações de pesquisa agrônômica, por meio dos métodos convencionais estruturados, no caso da pesquisa agropecuária, na realização de experimentos. Essa complementação consiste principalmente em agregar a abordagem de desenvolvimento rural sustentável (DRS) e de participação dos agricultores no processo de construção/adaptação dos conhecimentos com vistas à inovação.

A noção de DRS vem sendo constantemente reconstruída como resultado de um amplo processo de reflexão envolvendo diferentes atores, entre eles os agricultores (Gastal et al., 2009). O Desenvolvimento Rural Sustentável e Solidário (DRSS), segundo o Conselho Nacional de Desenvolvimento Rural Sustentável (Condraf), tem um enfoque territorial de desenvolvimento e contempla as várias dimensões da sustentabilidade (econômica, social, política, cultural, ética e ambiental); fortalece a gestão social, estimulando a organização e a participação política e ampliando as redes locais de cooperação, a fim de melhorar a qualidade de vida dos(as) agricultores(as) fa-

miliares e dos povos e comunidades tradicionais (Brasil, 2008). Para Gastal et al. (2009), há possibilidade de considerar o DRSS como um processo de inovação social (IS), concebido como o conjunto de atividades que pode englobar desde a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico até a introdução de novos métodos de gestão da força de trabalho e de organização social. Valoriza-se, portanto, a participação das organizações dos agricultores, entendendo o capital social como um dos elementos estruturantes dos processos de desenvolvimento rural sustentável, ao considerá-lo, conforme explicitado em Abramovay (2000), como a proximidade social que possibilita uma articulação entre os atores, capaz de valorizar o conjunto do ambiente em que atuam e de convertê-lo em base para ações inovadoras.

Nesse contexto, este artigo tem por objetivo apresentar um panorama geral dos trabalhos da Embrapa Cerrados sobre o tema agricultura familiar e desenvolvimento rural, assim como as linhas de ação consideradas estratégicas para a continuidade dos trabalhos. Contudo, ressalta-se que esse panorama não abrange todas as ações da Unidade de Pesquisa em relação ao tema, pois há diversos trabalhos com agricultura familiar que são relacionados a temas técnicos específicos.

As pesquisas com e para a agricultura familiar na Embrapa Cerrados

O marco inicial da pesquisa para atender às demandas da pequena agricultura no âmbito da Embrapa Cerrados iniciou-se a partir de 1985⁴ por meio da solicitação feita pela Empresa Brasileira de Extensão Rural (Embrater) para desenvolver um projeto que tratava de identificar uma metodologia de trabalho participativo de diagnósticos/intervenção junto àquela categoria produtiva, no intuito de apoiar o desenvolvimento socioeconômico de comunidades rurais. Este projeto foi intitulado *Convivência com os Cerrados* e foi instalado no início de 1986. Essa iniciativa coincidiu com a crescente inquietação por parte de pesquisadores da Embrapa Cerrados pela constata-

⁴ Nessa época, ainda não havia sido estabelecido o debate teórico e político em torno da agricultura familiar como uma categoria que representasse esse segmento.

tação de que as tecnologias geradas não atendiam às demandas da pequena agricultura, como era caracterizada na época no Brasil, e que, internacionalmente, era reconhecida como agricultura camponesa. Foi justamente essa inquietação que conduziu à sugestão de que fossem implantadas, nos diversos ecossistemas, experiências de desenvolvimento rural com a abordagem de P&D⁵ e que priorizassem esses agricultores.

Foram selecionados 15 municípios como áreas de atuação do projeto *Convivência com os Cerrados*, sendo 5 em cada um dos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás. Entre os cinco municípios do Estado de Goiás, Silvânia foi escolhido para ser objeto de um trabalho em caráter experimental, intitulado *Uso de enfoque de P&D para o desenvolvimento da pequena agricultura na região de Silvânia, GO*, que passou a ser conhecido como Projeto Silvânia. Este projeto foi liderado pelo pesquisador José Luiz Fernandes Zoby, pode ser considerado pioneiro nos trabalhos com agricultura familiar na Embrapa Cerrados.

Os resultados alcançados pelo Projeto Silvânia, a incorporação de diversos pesquisadores na reflexão sobre estratégias para apoiar o desenvolvimento da agricultura familiar e a crescente importância desse segmento na realidade brasileira levaram à reflexão sobre a relevância institucional de conduzir projetos de pesquisa participativa em meio real desenvolvidos em comunidades de agricultores familiares, agregando a pesquisa temática e a pesquisa sistêmica. Esses trabalhos, em parceria com outras instituições de pesquisa, extensão rural e organizações de agricultores, estão baseados na premissa de que o desenvolvimento rural só é possível com a participação efetiva das famílias de agricultores e de suas organizações e que não basta apenas gerar tecnologias, é preciso articular inovações técnicas e tecnologias sociais para que eles se associem aos processos de pesquisa e desen-

⁵ Neste caso, a P&D é definida como “a experimentação em escala real e em colaboração estreita com os produtores dos melhoramentos técnicos, econômicos e sociais dos sistemas de produção e das modalidades de exploração do meio” (Jouve; Mercoiret, 1992, p. 2). Nessa perspectiva, embora a pesquisa empregando o enfoque sistêmico permita gerar tecnologias e testá-las nas condições dos agricultores, seria necessário atuar também no nível das inovações sociais, consideradas fundamentais para a própria mudança tecnológica.

volvimento (P&D), transferência de tecnologias (TT), intercâmbio (I) e construção do conhecimento (CC)⁶, sendo os protagonistas do desenvolvimento.

Nesse sentido, a Embrapa Cerrados desenvolveu vários projetos, nos quais, as ações de P&D e TT foram articuladas em processos dialogados de desenvolvimento rural sustentável. Destacam-se diversos temas, em função das demandas identificadas com os agricultores (Figuras 1 e 2):

- Manejo da agrobiodiversidade com enfoque agroecológico, envolvendo as culturas de milho, feijão, mandioca e plantas de cobertura.
- Pesquisa participativa (seleção, melhoramento e avaliação) de variedades de milho e mandioca (mesa e indústria).
- Sistema plantio direto de milho.
- Manejo extrativista de recursos naturais.
- Sistemas de policultivos.
- Aproveitamento e beneficiamento de frutos da flora do Cerrado.
- Construção social de mercados pelos agricultores (feira da agricultura familiar e acesso às políticas públicas – Programa de Aquisição de Alimentos – PAA e Programa Nacional de Alimentação Escolar - PNAE).
- Métodos de apoio ao desenvolvimento da agricultura familiar.
- Estratégias de ação junto aos agricultores familiares, como redes sócio-técnicas, fazendas de referência e polos de irradiação.
- Apoio à concepção de políticas públicas e ferramentas para seu acompanhamento.
- Construção do conhecimento por meio de abordagem etnopedológica.

⁶ O Departamento de Transferência de Tecnologia (DTT) da Embrapa Sede produziu um documento institucional onde amplia sua abordagem de transferência de tecnologia (TT) para intercâmbio (I) e construção do conhecimento (CC), identificado pela nova sigla TTICC, pois nem todos os processos com a para a agricultura familiar devem ter uma lógica de TT, ainda que em alguns casos essa forma de relação seja adequada. Na realidade da categoria produtiva da agricultura familiar, é muito comum a construção coletiva do conhecimento por meio de intercâmbios e prática de tentativa e erro, com muitos testes empíricos e observações que são validadas posteriormente pelas ciências agrárias.



Fotos: José Humberto Valadares Xavier

Figura 1. Exemplos de ações relacionadas aos projetos com e para a agricultura familiar.



Fotos: Carlos Henrique Nonato Vieira (a, b); Luciano Mansor de Mattos (c, d, e, f, g, h)

Figura 2. Exemplos de ações relacionadas aos projetos com e para a agricultura familiar.

São os próprios agricultores, apoiados por atividades de P&D e TTICC embasadas em demandas locais e conduzidas de forma participativa, que promoverão o sucesso ou o fracasso das ações. Por isso, os trabalhos desenvolvidos baseiam-se nas condições reais em que se realiza a produção agrícola, considerando as dificuldades e as variáveis que determinam as estratégias dos produtores, assim como, valorizando o capital social como um dos elementos que podem ser utilizados e construídos em estratégias de promoção do desenvolvimento.

Na Tabela 1, é possível observar um aumento de projetos relacionados à agroecologia⁷. Isso se deve à noção de que a agroecologia é uma abordagem que faz bastante sentido para a agricultura familiar, desde os estágios iniciais da transição agroecológica até a consolidação da agroecologia, sendo de decisão das famílias os estágios a seguir. Dessa forma, mantém-se a diversidade de temas de trabalho que consideram as características do público e as condições locais, ou seja, as estratégias de trabalho são dependentes do contexto.

Tabela 1. Projetos com e para a agricultura familiar, liderados pela Embrapa Cerrados no período de 1985 a 2020¹.

| Projeto | Região | Período |
|--|------------------------------------|-----------|
| Uso de enfoque de P&D para o desenvolvimento da pequena agricultura na região de Silvânia, GO | Silvânia, GO e municípios vizinhos | 1985-1998 |
| Adaptação e utilização de dispositivo metodológico participativo para apoiar o desenvolvimento sustentável de assentamentos de reforma agrária | Unaí, MG | 2002-2008 |
| Fortalecimento do sistema de suporte técnico para o pequeno produtor rural do Tocantins (projeto Forter) | Tocantins | 2003-2006 |
| Manejo Sustentável da Agrobiodiversidade nos Biomas Cerrado e Caatinga | Cerrado e Caatinga | 2003-2007 |

Continua...

⁷ O tema agroecologia é tratado em capítulo específico.

Tabela 1. Continuação.

| Projeto | Região | Período |
|---|---|-----------|
| Estratégias de melhoramento participativo na adaptação de espécies cultivadas em sistemas agroecológicos utilizando o milho como espécie indicadora | Distrito Federal e Entorno | 2006-2007 |
| Avaliação participativa da aptidão agroecológica e extrativista das terras de agricultores familiares do território do Alto Rio Pardo (MG) para construção de sistemas de produção em bases ecológicas | Território da Cidadania do Alto Rio Pardo, MG | 2007-2010 |
| Sistemas diversificados de produção visando a transição agroecológica no contexto dos pequenos produtores de assentamento de reforma agrária do município de Unaí, MG | Unaí, MG | 2007-2010 |
| Transferência de tecnologias de conservação e manejo de recursos naturais do bioma Cerrado pelo uso de boas práticas agrícolas e revegetação de áreas degradadas | Alto Ribeirão Pipiripau, DF | 2007-2010 |
| Manejo da agrobiodiversidade com enfoque agroecológico em comunidades de pequenos agricultores | Catalão, Faina, Ipameri, Itaguaru, Itapuranga, Santa Terezinha, Uirapuru, Uruana, e Pirenópolis, GO | 2009-2012 |
| Transferência de tecnologias de boas práticas de manejo e aproveitamento alimentar de frutos de espécies nativas do bioma Cerrado para o desenvolvimento de processos agroindustriais sustentáveis em São Francisco, MG | São Francisco, MG | 2010-2013 |
| Monitoramento e avaliação de espaços coletivos para a construção social dos mercados pela agricultura familiar de Unaí, MG | Unaí, MG | 2010-2014 |

Continua...

Tabela 1. Continuação.

| Projeto | Região | Período |
|--|---|-----------|
| Ações de uso e manejo da sociobiodiversidade de sistemas agrícolas e extrativistas visando a segurança alimentar e geração de renda de agricultores familiares do Território do Alto Rio Pardo Projeto Rio Pardo Fase II | Território da Cidadania do Alto Rio Pardo, MG | 2011-2015 |
| Transição Produtiva e Serviços Ambientais – Fase I | Distrito Federal e Entorno | 2013-2017 |
| Estratégias para Transição Agroecológica da Agricultura Familiar: produção, agregação de valor e construção social de mercados | Unaí, MG | 2015-2018 |
| Corredores agroecológicos como estratégias para a produção de alimentos e sementes, focados no manejo da agrobiodiversidade e sustentabilidade de pequenas propriedades familiares | Pirenópolis, Vianópolis e Catalão, GO | 2016-2019 |
| Projeto Bem Diversos - Integração da Conservação da Biodiversidade e Uso Sustentável nas práticas de produção de PFM e SAF em Paisagens Florestais de Usos Múltiplos de Alto Valor para a Conservação | Território da Cidadania do Alto Rio Pardo, MG | 2016-2020 |

¹ O período se refere a projetos finalizados e em andamento.

Exemplos de tecnologias desenvolvidas/adaptadas

Os resultados dos diferentes projetos são tecnologias, entendidas como transformação de conhecimentos científicos em produtos, processos e serviços de interesse da sociedade (Embrapa, 1993). Este conceito amplo possibilita que os resultados apoiem a articulação de inovações técnicas e sociais com vistas ao desenvolvimento rural. Nesse contexto, as tecnologias podem ser enquadradas de acordo com os processos de inovação nos quais foram geradas ou que pretendem apoiar, usando para isso a classificação explicitada em Bal et al. (2002):

- Inovações técnicas: relacionam-se à maneira de produzir, de transformar produtos ou de explorar os recursos.
- Inovações sociais: são inovações organizacionais, como novas formas de organização do trabalho ou para acessar um crédito ou ainda inserir produtos no mercado.
- Inovações institucionais: relacionam-se tanto às regras que governam as relações entre os indivíduos, como às interações associadas às políticas públicas.

Na Tabela 2, são apresentados exemplos de diversas tecnologias desenvolvidas/adaptadas no âmbito dos projetos conduzidos pela Embrapa Cerrados. Conforme mencionado, uma parcela grande dessas tecnologias permite apoiar processos de inovação social. No entanto, dois aspectos devem ser ressaltados: (a) a necessidade da articulação entre as inovações técnicas e sociais, pois os trabalhos da área de agricultura familiar e desenvolvimento rural colaboram e recebem a colaboração das demais áreas técnicas de pesquisa voltadas à produção; (b) uma parcela de resultados se relaciona à contribuição na concepção e execução de políticas públicas. Nesse caso, destaca-se a participação da Embrapa Cerrados nas comissões de formulação do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF), considerada a primeira política pública brasileira específica para este público. Salienta-se, ainda, que o conjunto de resultados foi gerado na perspectiva de apoiar estratégias de desenvolvimento sustentável com e para agricultura familiar.

Tabela 2. Exemplos de tecnologias desenvolvidas/adaptadas relacionadas à agricultura familiar e desenvolvimento rural e sua associação ao tipo de inovação que podem apoiar¹.

| Inovação na produção (tecnologias adaptadas/validadas) | Inovação social | Inovação institucional (apoio às políticas públicas) |
|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Sistema plantio direto de milho grão sequeiro para agricultura familiar no Cerrado (<i>processo/prática agropecuária</i>) • Metodologia participativa para trabalhos de campo em pedologia junto a agricultores familiares (<i>metodologia</i>) • Sistemas de policultivos (<i>processo/prática agropecuária</i>) • Planejamento, coleta de sementes e produção de mudas de espécies nativas do Cerrado (<i>processo/prática agropecuária</i>) • Redesenho de sistemas de produção e construção do conhecimento para manejo de sistemas agroflorestais sucessoriais (<i>metodologia</i>) • Validação científica e participativa de indicadores de serviços ambientais para monitorar qualidade ambiental dos sistemas de produção (<i>metodologia</i>) | <ul style="list-style-type: none"> • Metodologia para apoiar o desenvolvimento sustentável de comunidades de agricultores familiares (<i>metodologia</i>). • Planejamento, instalação e administração de tanques coletivos de resfriamento de leite (<i>metodologia</i>) • Construção social de mercados: planejamento e instalação de feira da agricultura familiar (<i>metodologia</i>). • Construção social de mercados: planejamento e acesso ao Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) (<i>metodologia</i>) • Metodologia para a integração da agricultura familiar da região do Cerrado na produção de maracujá (<i>metodologia</i>) • Estruturação e fortalecimento da agroindústria familiar na produção de polpas de frutas para comercialização e autoconsumo (<i>processo/prática agropecuária</i>) • Organização dos geraizeiros do Território da Cidadania do Alto Pardo (MG) para acesso ao Programa de Aquisição de Alimentos (PAA), Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) e Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) (<i>metodologia</i>) | <ul style="list-style-type: none"> • Análise da relação entre comunidades tradicionais do Cerrado e pesquisadores formais (<i>metodologia</i>) • Análise financeira de sistemas produtivos integrados (<i>metodologia</i>) • Economia do Meio Ambiente e Serviços Ambientais: estudo aplicado à agricultura familiar, às populações tradicionais e aos povos indígenas (<i>metodologia</i>) • Metodologia quantitativa de interpretação dos processos de tomadas de decisão sobre uso da terra e de avaliação das necessidades tecnológicas (<i>metodologia</i>) |

¹ Entre parênteses e em itálico, encontra-se a classificação utilizada para soluções tecnológicas de acordo com Sistema de Gestão das Soluções Tecnológicas da Embrapa - GESTEC (GESTEC, 2016).

Esses resultados encontram-se sistematizados e disponibilizados, sobretudo, na forma de publicações (Figura 3).



Figura 3. Exemplos de publicações com resultados de projetos *com* e *para* agricultura familiar.

Perspectivas para intensificação de ações de transferência de tecnologia, intercâmbio, construção do conhecimento e comunicação

Ao considerar os principais aspectos abordados nesse capítulo, enfatiza-se a importância de estabelecer estratégias, ou seja, ações complementares e articuladas, para ampliar o uso dos resultados em outras localidades, em processos de apoio ao desenvolvimento territorial. Nesse sentido, três grandes linhas de ação são consideradas prioritárias:

- Atuar em processos de desenvolvimento rural em territórios escolhidos estrategicamente, nos quais a Embrapa Cerrados deve ser mais uma instituição de apoio.
- Reforçar a capacitação de equipes de assistência técnica e extensão rural (ATER) na perspectiva de formar agentes de desenvolvimento rural.
- Aumentar a interação com as políticas públicas focadas na agricultura familiar (Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar - PRONAF, Programa de Aquisição de Alimentos - PAA, Programa Nacional de Alimentação Escolar - PNAE, Pagamento de Serviços Ambientais, Plano Nacional de Inovação e Sustentabilidade da Agricultura Familiar – PNI, Assessoria Técnica, Social e Ambiental à Reforma Agrária- ATEs, Agência Nacional de Assistência Técnica e Extensão rural- ANATER).

Produtos, processos e serviços descritos no portfólio de tecnologias da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos

- 1) Análise da Relação entre Comunidades Tradicionais do Cerrado e Pesquisadores Formais
- 2) Análise sobre Cooperativas de Nova Geração e a Agroenergia no Brasil
- 3) Construção Social de Mercados: planejamento e acesso ao Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE)

- 4) Construção Social de Mercados: planejamento e instalação de feira da agricultura familiar
- 5) Estruturação e Fortalecimento da Agroindústria Familiar na Produção de Polpas de Frutas para Comercialização e Autoconsumo
- 6) Metodologia para Apoiar o Desenvolvimento Sustentável de Comunidades de Agricultores Familiares
- 7) Sistema Plantio Direto de Milho Grão Sequeiro para Agricultura Familiar no Cerrado

Referências

ABRAMOVAY, R. O capital social dos territórios: repensando o desenvolvimento rural. **Economia Aplicada**, v. 4, p. 379-397, 2000.

ALVES, E.; SOUZA, G. S. Pequenos estabelecimentos também enriquecem? Pedras e tropeços. **Revista de Política Agrícola**, v. 3, p. 7-21, 2015.

ANJOS, F. S. dos. **Agricultura familiar, pluriatividade e desenvolvimento rural no sul do Brasil**. Pelotas: EGUPEL, 2003. 374 p.

BAL, P.; CASTELLANET, C.; PILLOT, D. Faciliter l'émergence et la diffusion des innovations. In : CIRAD/GRET. **Memento de l'agronome**. France : Ministère des Affaires Etrangères, 2002. p. 373-405.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário. Conselho Nacional de Desenvolvimento Rural Sustentável. **1ª Conferência Nacional de Desenvolvimento Rural Sustentável e Solidário**: documento final. Brasília, DF, 2008. Disponível em: <http://www.mda.gov.br/condraf/arquivos/1372418315.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2017.

BUAINAIM, A. M.; ROMEIRO, A. R.; GUANZIROLI, C. E. Agricultura familiar e o novo mundo rural. **Sociologias**, v. 5, n. 10, p. 312-347, jul/dez 2003.

GASTAL, M. L.; ALMEIDA, S. C. R.; XAVIER, J. H. V. Pesquisa, desenvolvimento e inovação com e para a agricultura familiar. In: OLIVEIRA, M. N. de; XAVIER, J. H. V.; ALMEIDA, S. C. R. de; SCOPEL, E. (org.). **Projeto Unai**: pesquisa e desenvolvimento em assentamentos de reforma agrária. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. v. 1, p. 245-264.

GESTEC. Sistema de Gestão das Soluções Tecnológicas da Embrapa. Brasília, DF, Embrapa, DTT/CIP. 2016. Disponível em: <http://www.cpac.embrapa.br/publico/usuarios/uploads/reuniaogestec/palestrarosana.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2017.

IBGE. **Censo Agropecuário 2006 - agricultura familiar**. Rio de Janeiro, 2009.

JOUVE, P.; MERCOIRET, M. R. La Investigación/Desarrollo: una alternativa para poner las investigaciones sobre los sistemas de producción al servicio del desarrollo rural. **Revista Investigación/Desarrollo para América Latina**, n. 1, p. 01-08, 1992.

MATTOS, L. **Agricultura familiar**: um dos rumos do Brasil. Blog Rumos do Brasil. Rio de Janeiro, 2010a. Disponível em: www.rumosdobrasil.org.br. Acesso em: 13 jan. 2017.

MATTOS, L. **Decisões sobre uso da terra e dos recursos naturais na agricultura familiar amazônica**: o caso do PROAMBIENTE. 2010. Tese (Doutorado) – Unicamp, Instituto de Economia, Campinas, 2010b.

ZOBY, J. L. F.; XAVIER, J. H. V.; GASTAL, M. L. **Transferência de tecnologia, agricultura familiar e desenvolvimento local**: a experiência do Projeto Silvânia. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 45 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 101).

