3° Encontro Brasileiro de Silvicultura

19 e 20 de Maio de 2014
Campinas - São Paulo - Brasil

ANAIS

2ª edição

ORGANIZAÇÃO:

Malinovski Florestal

COORDENAÇÃO TÉCNICA:

Embrapa Florestas

Apoio de Mídia

MADEIRATOTAL.com.br

PAINELFLORESTAL
www.painelflorestal.com.br

3º Encontro Brasileiro de Silvicultura

Anais

2ª edição

Jorge Roberto Malinovski
Rafael Alexandre Malinovski
Ricardo Anselmo Malinovski
Giovana Carmine Massetto
Organizadores

Edilson Batista de Oliveira
Coordenador técnico

19 e 20 de maio de 2014
Campinas – SP – Brasil

Malinovski
Curitiba
2016

1ª edição
1ª impressão (2014): 1.000 exemplares

2ª edição
versão eletrônica (2016)

Todos os direitos reservados.
A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Catalogação na Publicação (CIP)

Encontro Brasileiro de Silvicultura (*3. : 2014 : Campinas, SP*).

Anais do 3º Encontro Brasileiro de Silvicultura, 19 a 20 de maio 2014, Campinas - SP / organizadores: Jorge Roberto Malinovski [et al.]. Coordenador técnico : Edilson Batista de Oliveira. – 2. ed. – Curitiba : Malinovski, 2016.

268 p.

ISBN: 978.85.89777-07-0

1. Manejo florestal – Evento. 2. Mecanização. 3. Automação. 4. Gestão florestal. 5. Manutenção da floresta. 6. Cadeia produtiva – Madeira. I. Malinovski, Jorge Roberto. II. Malinovski, Rafael Alexandre. III. Malinovski, Ricardo Anselmo. IV. Massetto, Giovana Carmine. V. Oliveira, Edilson Batista de.

CDD 634.9 (21. ed.)

Expediente

Coordenador técnico
Edilson Batista de Oliveira
(Embrapa Florestas)

Organizadores
Jorge Roberto Malinovski
(Malinovski Florestal)
Rafael Alexandre Malinovski
(Malinovski Florestal)
Ricardo Anselmo Malinovski
(Malinovski Florestal)
Giovana Carmine Massetto
(Malinovski Florestal)

Moderadores

Bloco 1
Germano Aguiar Vieira
(IPEF))

Bloco 2
Celso Foelkel
(Celsius Degree)

Bloco 3
Edson Balloni
(APRE))

Bloco 4
Maurício Antônio Lopes
(Embrapa)

Comissão Organizadora

Jorge Roberto Malinovski
(Malinovski Florestal)
Edilson Batista de Oliveira
(Embrapa Florestas)
Ricardo Anselmo Malinovski
(Universidade Federal do Paraná)
Alessandro Angelo
(Universidade Federal do Paraná)
Amaury Paulo de Souza
(Universidade Federal de Viçosa)
Bruno S. Dupczak
(Instituto Federal de Santa Catarina)
Carlos José Mendes
(Associação Paranaense de Empresas de Base Florestal)
Cleverson de Mello Sant'Anna
(Universidade Federal de Santa Maria)
Dionísio João Parise
(Senai-PR)
Eduardo da Silva Lopes
(Universidade Estadual do Centro Oeste - Campus Irati)
Fabio Minoru Yamaji
(Universidade Federal de São Carlos)
Guilherme de Castro Andrade
(Embrapa Florestas)
Luciane I. Malinovski
(Universidade Federal de Santa Catarina)
Luciano José Minette
(Universidade Federal de Viçosa)
Nilton Cesar Fiedler
(Universdade Federal do Esperíto Santo)
Nilton Souza
(Universidade Federal do Paraná)
Osvaldo Fernandes
(Ibati Soluções Floretais)
Patrícia Póvoa de Mattos
(Embrapa Florestas)
Patricio MacDonagh
(Universidade de Misiones)
Paulo Torres Fenner
(Universidade Estadual Paulista "Júlio Mesquita Filho")
Rafael Alexandre Malinovski
(Malinovski Florestal)
Renato Roberto
(Universidade Federal do Paraná)
Ricardo Marques Barreiros
(Unesp-Itapeva)
Susete do Rocio Chiarello Penteado
(Embrapa Florestas)
Vanderley Porfírio-da-Silva
(Embrapa Florestas)
Vitor Afonso Hoflich
(Universidade Federal do Paraná)

Apoio Institucional

Associação de Produtores de Florestas Plantadas da Bahia - ABAF
Associação Brasileira de Recursos Humanos - ABRH
Associação Brasileira de Recursos Humanos /
Integrante do Sistema Nacional - ABRH-PR
Associação Catarinense de Engenheiros Florestais - ACEF
Associação Catarinense de Empresas Florestais - ACR
Agência da Madeira
Associação Mineira de Silvicultura - AMS
Aglomerado Productivo Forestal Misiones y Corrientes - APF
Associação Paranaense de Empresas de Base Florestal - APRE
Associação de Reflorestadores de Mato Grosso - Arefloresta
Associação Sul Brasileira de Empresas Florestais - ASBR
Embrapa Florestas
Pontifícia Universidade Católica do Paraná - Centro
Acadêmico de Engenharia Florestal - PUCPR CAEF
Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná - FUPEF
Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais - IPEF
International Union of Forest Research Organizations - IUFRO
Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
Paraná - Sistema FIEP/ SENAI
Serviço Florestal Brasileiro - SFB
Universidade Estadual do Centro Oeste –
Campus Irati - UNICENTRO

Patrocinadores

Arborgen
Atta Mex-S
Bayer
Banco do Brasil
Bio Soja
Brotale Florestal
Compo
Denis Cimaf
Dinagro
Evonik
Fertiberia
FMC
F2M
Haifa
Mirex-S
Multifloresta
Multifós
Roster
Syngenta

Nota editorial

Os artigos apresentados nestes Anais são de inteira responsabilidade dos respectivos autores. As afirmações e opiniões, bem como a menção de qualquer máquina, equipamento, produto ou técnica não implicam em sua recomendação por parte da Comissão Organizadora ou pelas instituições envolvidas com a realização do Seminário. Editores e organizadores não se responsabilizam pela revisão ortográfica e gramatical, teor e forma de redação dos artigos ou por eventual ausência de resumo, traduções, citações e referências, bem como, licença para uso de imagens.

Apresentação

O Encontro Brasileiro de Silvicultura é o momento onde centenas de profissionais interagem e têm acesso a informações atualizadas, que buscam atender às demandas tecnológicas do setor brasileiro de base florestal associado às florestas plantadas. Além de importantes apresentações feitas por palestrantes de altíssimo nível e a apresentação de trabalhos científicos por parte dos participantes, o Encontro promove a integração entre profissionais de diferentes empresas e instituições, possibilitando o estabelecimento de parcerias e a troca de experiências sobre tecnologias e estratégias aplicáveis às florestas plantadas.

As florestas plantadas apresentam importância crescente na economia nacional. Segundo o Anuário Estatístico da ABRAF-2013, o valor bruto da produção (VBP) obtido pelo segmento de florestas plantadas no Brasil, no ano base 2012, totalizou R$ 56,3 bilhões. Os tributos arrecadados corresponderam a R$ 7,6 bilhões. Os postos de trabalho ocupados foram 4,73 milhões sendo 621 mil diretos, 1,31 milhão indiretos e 2,42 milhões resultantes do efeito renda. E a área com florestas plantadas atingiu 7,2 milhões de hectares.

A magnitude deste segmento exige proporcionalidade nos avanços em ciência e tecnologia. A pesquisa científica viabiliza soluções, com sustentabilidade, para o aumento da produtividade florestal e para a melhoria da qualidade dos produtos e processos. Ela permitiu que, nos últimos 30 anos, o Brasil se tornasse o país que mais ganhou produtividade com florestas plantadas e conseguisse progressos de elevada significância em diversos componentes da cadeia produtiva. Foram e continuam sendo gerados vários bilhões de dólares ao País, mas os desafios são muitos. É com a incorporação continua de novas tecnologias e processos que o setor poderá aumentar sua eficiência e competitividade.

A Embrapa Florestas, coordenadora técnica do 3º Encontro Brasileiro de Silvicultura, juntamente com a Malinovski Florestal, organizadora da III Semana Florestal Brasileira (XVII Seminários de Atualização Sistemas de Colheita de Madeira e Transporte Florestal, 3º Encontro Brasileiro de Silvicultura e Expoforest – Feira Florestal

Brasileira), manifestam seus agradecimentos ao apoio de empresas, mídia, associações e instituições que representam o setor produtivo, às organizações, fundações e institutos de pesquisa públicos ou privados, às universidades e faculdades, às empresas florestais, mas acima de tudo, à dedicação dos palestrantes, que trazem temas relevantes de cunho técnico-prático-científico, e dos autores dos trabalhos voluntários, desde renomados profissionais até estudantes em início de promissoras carreiras nas ciências florestais.

Edson Tadeu Iede
Chefe Geral da Embrapa Florestas

Sumário

Volume I

Bloco 1
Mecanização e automação na silvicultura

Impactos das operações de colheita de madeira na compactação do solo: prevenção e recuperação 15
Moacir de Souza Dias Junior, Paula Cristina Caruana Martins , Sebastião Fonseca

Mudança no processo de colheita florestal com interação na silvicultura 33
Sérgio da Silveira Borenstain

Técnicas modernas de preparo do solo na busca do aumento de produtividade florestal e redução do custo operacional 45
Edésio P. Bortolas, João Batista Rosa

Bloco 2
Bases para a tomada de decisão na silvicultura

Indicadores para a tomada de decisão na silvicultura 55
Marcelo Santos Ambrogi

Fatores hídricos e as decisões silviculturais de melhoramento e de proteção na Eucaliptocultura 65
Jose Luiz Stape, Dan Binkley, Dario Grattapaglia, Otávio Campoe, Clayton Alvares, Francides Gomes, Eduardo Mattos, Marina Otto, Rodrigo Hakamada, Mário T. Moraes

Status atual da genômica aplicada ao melhoramento florestal e o novo paradigma da seleção genômica ampla 83
Dario Grattapaglia

Melhoramento genético de Eucalyptus:
desafios e perspectivas.....113
Teotônio Francisco de Assis

Nutrição e sustentabilidade de plantações florestais.....135
José Henrique Tertulino Rocha, José Leonardo de Moraes Gonçalves, Eduardo Resende Girardi Marques,Carolina Braga Brandani

Bloco 3
Manutenção de florestas e manejo integrado de pragas

Uso de tecnologia de precisão na silvicultura da
Suzano papel e celulose.....165
Lindenberg Rodrigues Perpétuo

Manejo integrado de pragas em florestas de Eucalipto 173
Carlos Frederico Wilcken

Manejo integrado de pragas em plantios de Pínus.....179
Edson Tadeu Iede,Susete do Rocio Chiarello Penteado, Wilson Reis Filho

Redução de custos no combate às formigas cortadeiras em plantios florestais.....199
Wilson Reis Filho, Mariane Aparecida Nickele

Manejo de plantas daninhas em florestas planadas.....207
Rudolf Woch

Bloco 4
Cadeia produtiva da madeira

Silvicultura, mercado e a qualidade da madeira
pau que nasce torto, morre torto? 221
Armando José Giacomet

Integração lavoura-pecuária-florestas na cadeia produtiva da madeira 231
Vanderley Porfírio-da-Silva

Formação de um cluster florestal 257
Manoel Francisco Moreira

Volume II
Resumos expandidos

Bloco 1

Mecanização e automação na silvicultura

Impactos das operações de colheita de madeira na compactação do solo: prevenção e recuperação

Moacir de Souza Dias Junior[1], Paula Cristina Caruana Martins[2], Sebastião Fonseca[3]

Introdução

O aumento da produtividade das florestas plantadas está associado ao clima e solos favoráveis, a utilização de tecnologia silvicultural avançada e ao rápido crescimento da área de plantações florestais (Carvalho et al., 2010; Souza et al., 2010). Além disso, observa-se que o crescimento das exportações, está associado à adoção da colheita florestal, tecnologicamente avançada (Fernandes & Souza, 2003; Lopes et al., 2006), devido à importação de maquinários (Machado & Lopes, 2000; Minette et al., 2008) o que resultou em um maior rendimento das operações de colheita florestal.

Devido às importações destes equipamentos, as operações mecanizadas de colheita florestal intensificaram-se no início da década de 90 promovendo em consequência a degradação física acelerada do solo, devido ao aumento do tráfego de máquinas (Fernandes & Souza, 2003; Lopes et al., 2006) prejudicando as produções destes solos ao longo do tempo (Dias Junior et al., 2007). Portanto, o desenvolvimento florestal sustentável está relacionado às operações mecanizadas de colheita florestal (Dias Junior et al., 2007). Assim, a principal fonte de degradação da estrutura do solo é o tráfego das máquinas utilizadas na colheita florestal.

[1] Engenheiro Agrícola, Ph.D em Crop and Soil Science – Professor Associado do Departamento de Ciência do Solo. Universidade Federal de Lavras. Bolsista CNPq e Pesquisador Mineiro FAPEMIG. E-mail: msouzadj@dcs.ufla.br

[2] Engenheira Agrônoma – Pós-doutoranda do Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo – Bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Departamento de Ciência do Solo – Universidade Federal de Lavras -37200-000 -Lavras, MG. E-mail: pccaruana@hotmail.com.

[3] Engenheiro Florestal. Fibria E-mail: sf@fibria.com.br

O número de passadas das máquinas (Lopes et al., 2006; Ampoorter et al., 2007; Silva et al., 2007; Debiase et al., 2008; Ampoorter et al., 2010) de colheita e baldeio da madeira é uma informação importante para que o desenvolvimento florestal sustentável seja atingido (Dias Junior et. al., 2002), pois estas operações podem causar compactação do solo afetando o desenvolvimento da floresta (Dias Junior et al.; 2008).

A compactação do solo provoca diminuição do crescimento das árvores devido a redução na permeabilidade do solo à água, ao espaço reduzido para o desenvolvimento das raízes, pobre aeração e aumento da resistência do solo à penetração (Grigal, 2000), que podem limitar o crescimento e penetração das raízes (Römkens & Miller, 1971; Jordan et al., 2003; Ampoorter et al., 2010). Apesar de Römkens & Miller (1971) terem sugerido que a pressão que o sistema radicular deve aplicar ao solo para desenvolver seja maior do que a pressão de pré-consolidação estes autores não especificaram os valores de umidades restritivos ao desenvolvimento do sistema radicular. Considerando que a pressão de pré-consolidação depende da umidade (Ajayi et al., 2009; Severiano et al., 2010a,b; Araujo-Junior et al., 2011; Pacheco & Cantalice, 2011; Figueiredo et al., 2011; Julião et al., 2011) passa ser importante, portanto, considerar em estudos do ambiente físico do solo às raízes, os modelos de capacidade de suporte de carga, pois estes permitem estimar as pressões de pré-consolidação em função da umidade do solo.

A compactação do solo pode ser avaliada usando várias propriedades do solo, como: densidade do solo, porosidade, resistência à penetração, condutividade hidráulica (Martins et al., 2002; Mendes et al., 2006; Lopes et al., 2006; Silva et al., 2006; Debiase et al., 2008; Dias Junior et al., 2008; Ampoorter et al., 2010) e, atualmente, a pressão de pré-consolidação (Dias Junior et al., 2008; Ajayi et al., 2009; Ajayi et al., 2010; Severiano et al., 2010a,b; Araujo-Junior et al., 2011; Pacheco & Cantalice, 2011; Figueiredo et al., 2011). Nestes estudos a pressão de pré-consolidação foi considerada como: (1) um indicador da resistência mecânica do solo (Horn & Fleige, 2003); (2) a máxima pressão que deve ser aplicada ao solo para evitar que a compactação ocorra (Ajayi et al., 2009; Severiano et al., 2010ab; Araujo-Junior et al., 2011); e (3) a pressão que o sistema radicular deve aplicar ao solo para permitir o alongamento (Römkens & Miller, 1971).

Considerando-se estes aspectos, o uso da pressão de pré-

consolidação, como um indicador da sustentabilidade da estrutura do solo sob o ponto de vista mecânico, baseia-se no fato de que esta divide a curva de compressão do solo em duas regiões: uma de deformações elásticas e recuperáveis (região onde não ocorre compactação adicional do solo) e uma região de deformações plásticas e não recuperáveis (região onde ocorre compactação adicional do solo) (Holtz & Kovacs, 1981; Dias Junior & Pierce, 1996). Assim, a maior pressão que deve ser aplicada aos solos para evitar a sua compactação adicional é a pressão de pré-consolidação (Silva et al., 2007; Araujo-Junior et al., 2011; Keller et al., 2011; Pacheco & Cantalice, 2011).

Para minimizar o risco de ocorrer compactação adicional do solo, o tráfego das operações de colheita florestal deve ser feito considerando a pressão de préconsolidação que é uma medida da capacidade de suporte de carga do solo (Dias Junior et al., 2005; Debiase et al., 2008; Pacheco & Cantalice, 2011). Além disso, a determinação das variações na pressão de pré-consolidação do solo em função do conteúdo de água pode ajudar a planejar o tráfego de máquinas visando evitar que a compactação adicional do solo ocorra (Severiano et al., 2010a; Araujo-Junior et al., 2011; Pacheco & Cantalice, 2011).

Modelos de capacidade de suporte de carga

Nos estudos de compressibilidade do solo em laboratório, tem sido usado o ensaio de compressão uniaxial. Os resultados deste ensaio permitem obter a curva de compressão do solo (Figura 1) que permite quantificar as reduções de volume do solo e estimar, portanto, a susceptibilidade do solo à compactação. O ensaio de compressão uniaxial consiste basicamente em aplicar sucessiva e continuamente pressões crescentes e pré-estabelecidas (25, 50, 100, 200, 400, 800 e 1600 kPa) a uma amostra indeformada de material de solo na condição parcialmente saturada. A curva de compressão do solo representa graficamente a relação entre o logaritmo da pressão aplicada e a densidade do solo ou o índice de vazios.

Quando o solo não sofreu nenhuma pressão prévia, esta relação é linear e a aplicação de qualquer pressão resultará em deformações não recuperáveis, causando, portanto compactação adicional do solo. Entretanto, quando o solo já experimentou pressões prévias ou ciclos de secagem e umedecimento, a variação das pressões atuando sobre

o solo determinará a formação de duas regiões distintas na curva de compressão do solo: a curva de compressão secundária (região de deformações pequenas, elásticas e recuperáveis) e a curva de compressão virgem (região de deformações plásticas e não recuperáveis) (Figura 1). A curva de compressão secundária representa os níveis de pressões experimentadas pelo solo no passado sendo, portanto, função do manejo do solo, enquanto que a curva de compressão virgem representa as primeiras pressões aplicadas ao solo. É na região da curva de compressão secundária, que o solo deve ser cultivado ou trafegado, sem que ocorra compactação adicional. É este componente da curva de compressão que reflete a história do manejo do solo e que tem sido quantificado através da determinação da pressão de pré-consolidação do solo (σ_p).

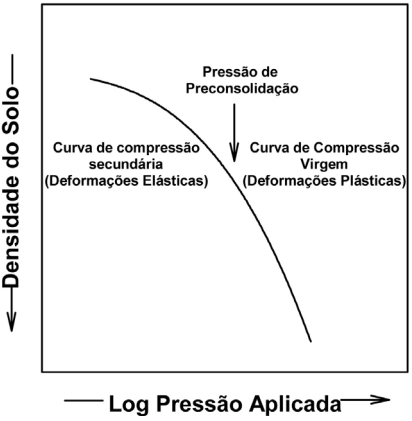


Figura 1. Curva de compressão do solo.

A pressão de pré-consolidação é, portanto, a pressão que divide a curva de compressão do solo nestas duas regiões. Na agricultura, a aplicação de pressões maiores do que a pressão de pré-consolidação deve ser evitada, para que não ocorra compactação adicional do solo.

A pressão de pré-consolidação depende de vários fatores como: mudanças na tensão total devido a erosão e escavações, processos de secagem e umedecimento, textura, estrutura e densidade do solo, sistema de manejo, matéria orgânica, alterações químicas devido ao intemperismo, precipitações, agentes cimentantes, pH, troca de íons, etc.

Para uma mesma condição, o fator que governa a quantidade de deformação que poderá ocorrer no solo é o conteúdo de água (Figura 2)

e sua densidade inicial que reflete o estado de compactação inicial do solo (Dias Junior & Pierce, 1995). Assim, quando os solos estão mais secos, a pressão de pré-consolidação pode ser alta, condicionando ao solo uma maior capacidade de suporte de carga que pode ser suficiente para aguentar as pressões aplicadas e a compactação do solo pode não ser significativa. Entretanto, quando o conteúdo de água é alto, a pressão de préconsolidação é pequena condicionando uma baixa capacidade de suporte de carga do solo tornando-o mais suscetível à compactação. Dessa forma, o estudo da compressibilidade do solo pode servir como subsídio na tomada de decisão sobre executar ou não uma operação mecanizada ou até mesmo de trafegar ou não uma determinada área.

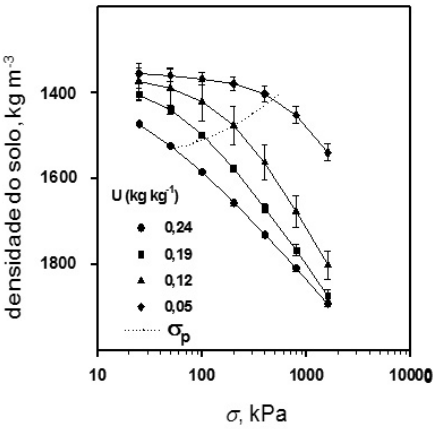


Figura 2. Curvas de compressão do solo.

Considerando estes aspectos, Dias Junior (1994) desenvolveu um modelo denominado modelo de capacidade de suporte de carga, para solos de clima temperado, que prediz a máxima pressão que o solo pode suportar para diferentes conteúdos de água, sem causar compactação adicional, em função da pressão de pré-consolidação e do conteúdo de água no solo. Modelos semelhantes a este (Figura 3), tem sido encontrados para diversos solos brasileiros. Espera-se que com o desenvolvimento da pesquisa, os modelos de capacidade de suporte de carga, sejam desenvolvidos e usados como uma ferramenta preventiva da compactação adicional do solo e na geração de mapas de suscetibilidade do solo à compactação, de resistência

olos.

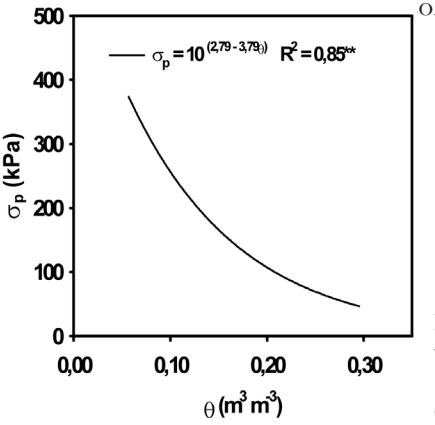


Figura 3. Pressão de pré-consolidação versus o conteúdo de água do solo. (Representação gráfica do modelo de capacidade de suporte de carga).

Os modelos de capacidade de suporte de carga têm sido usados para:

1) Estimar a máxima pressão que pode ser aplicada aos solos para evitar que a compactação adicional ocorra.

Para determinar a máxima pressão a ser aplicada ao solo para evitar que a compactação adicional ocorra em um determinado conteúdo de água, deve-se substituir na equação do modelo de capacidade de suporte de carga o valor do conteúdo de água, determinado o valor da pressão de pré-consolidação correspondente ou então no gráfico do modelo, entrar com o conteúdo de água desejada e determinar o valor da pressão de pré-consolidação que corresponderá ao valor da pressão máxima a ser aplicada ao solo para evitar que a compactação adicional ocorra (Figura 4).

Por exemplo, para a umidade volumétrica igual a 0,20 $m^3 m^{-3}$ a pressão máxima a ser aplicada ao solo para evitar que a compactação adicional do solo ocorra é igual a 316 kPa.

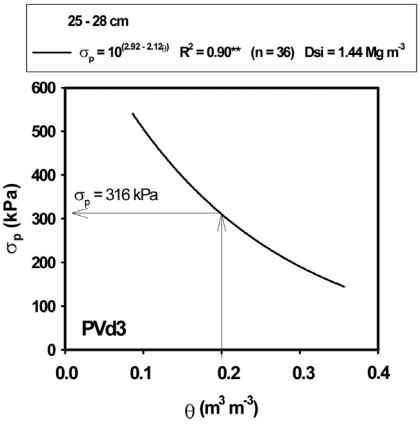


Figura 4. Deter minação da pressão máxima a ser aplicada ao solo para evitar que a compactação adicional do solo ocorra.

2) Avaliar a suscetibilidade à compactação de diferentes classes de solo

Para avaliar a suscetibilidade à compactação de diferentes classes de solo através dos modelos de capacidade de suporte de carga utilizou-se um Plintossolo (FX) situado no município de Aracruz, ES, um Argissolo Amarelo (PA) situado no município de Eunápolis, BA e um Latossolo Amarelo (LA) situado no município de Aracruz, ES.

O horizonte A do Plintossolo apresentou valores de pressão de pré-consolidação maiores do que o horizonte A do Latossolo Amarelo e do Argissolo Amarelo que apresentou os menores valores de pressão de pré-consolidação (Figura 5), indicando ser o horizonte A do Plintossolo o mais resistente à compactação e o horizonte A do Argissolo Amarelo o mais susceptível.

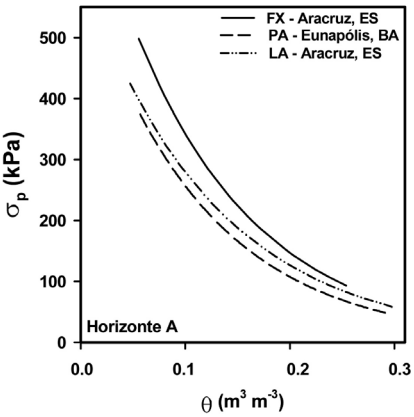


Figura 5. Modelos de capacidade de suporte de carga do horizonte A de um Plintossolo (FX), de um Argissolo Amarelo (PA) e de um Latossolo Amarelo (LA) situados nos municípios de Aracruz, ES, Eunápolis, BA e Aracruz, ES, respectivamente.

3) Avaliar a suscetibilidade a compactação de diferentes horizontes

Para avaliar a suscetibilidade à compactação de diferentes horizontes através dos modelos de capacidade de suporte de carga utilizou-se um Argissolo Amarelo (PA), situado nos município de Aracruz, ES. Os modelos de capacidade de suporte de carga da camada 0-0,03 m foram diferentes dos modelos da camada 0,35-0,38 m no Argissolo Amarelo (Figura 6). O modelo de capacidade de suporte de carga da camada 0,35-0,38 m do Argissolo Amarelo, apresentaram valores de pressão de pré-consolidação (σ_p) maiores do que os da camada 0-0,03 m para qualquer conteúdo de água (θ) (Figura 6).

Portanto, a camada 0,35-0,38 m é a mais resistente à compactação e a mais restritiva ao desenvolvimento do sistema radicular.

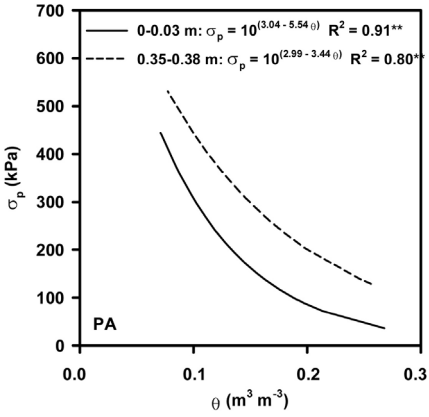


Figura 6. Modelos de capacidade de suporte de carga das camadas 0-0,03 e 0,35-0,38 m de um Argissolo Amarelo (PA), situado no município de Aracruz, ES.

4) Avaliar o efeito do tráfego sobre a pressão de pré-consolidação

Para avaliar o efeito do tráfego sobre a pressão de pré-consolidação, o modelo de capacidade de suporte de carga (Figura 7) foi dividido em três regiões: (a) uma região onde as pressões de pré-consolidação determinadas após o tráfego são maiores do que as do intervalo de confiança superior, sendo considerada como a região onde a compactação adicional do solo já ocorreu; (b) uma região onde os valores das pressões de pré-consolidação determinadas após o tráfego estão entre os intervalos de confiança superior e inferior. Esta região indica que não houve compactação do solo. Entretanto, ela é importante, pois indica que a compactação do solo poderá ocorrer em uma próxima operação mecanizada, se as pressões aplicadas forem maiores do que as do intervalo de confiança superior e (c) uma região onde os valores das pressões de préconsolidação determinadas após o tráfego são menores do que as do limite inferior de confiança. Esta região indica que não houve compactação.

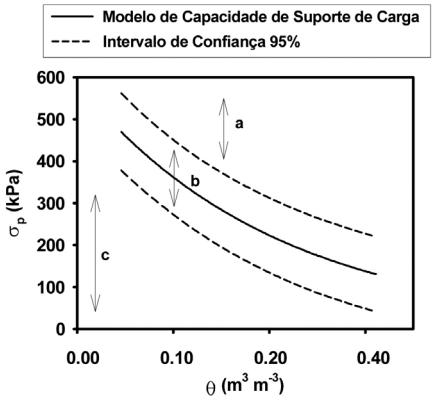


Figura 7. Modelo de capacidade de suporte de carga com as regiões (a), (b) e (c) usadas na análise dos efeitos do tráfego sobre a pressão de pré-consolidação.

Na **Figura 8**, observa-se que de acordo com os critérios apresentados na Figura 7, a operação realizada com o Harvester não causou compactação na profundidade de 45 cm em um Argissolo Amarelo, pois os pontos que representam as pressões de pré-consolidação induzidas ao solo por esta operação de corte das árvores encontram-se entre os limites de confiança superior e inferior do modelo de capacidade de suporte de carga do solo.

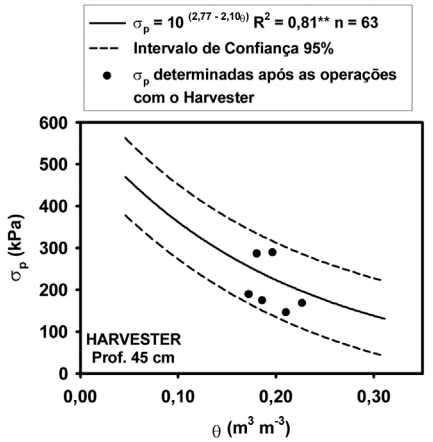


Figura 8. Modelo de capacidade de suporte de carga e pressões induzidas pelo Harvester na profundidade de 45 cm em um Argissolo Amarelo.

O baldeio da madeira, realizado com um Forwarder de pneus em um Argissolo Amarelo de acordo com os critérios apresentados na Figura 7, causou na profundidade de 20 cm, compactação em 25, 50 e 100% das amostras coletadas após 8, 16 e 40 passadas, respectivamente (Figura 9). Estes resultados indicaram que a compactação do solo aumentou com o aumento da intensidade do tráfego do Forwarder de pneus.

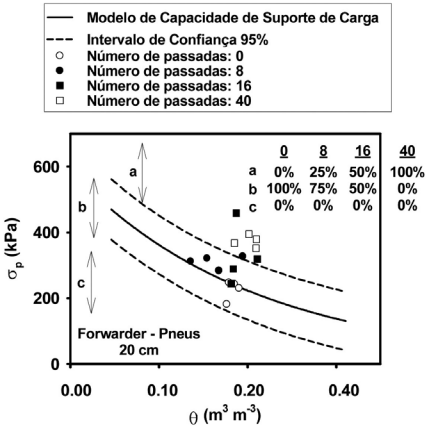


Figura 9. Modelo de capacidade de suporte de carga e pressões induzidas pelo Forwarder na profundidade de 20 cm em um Argissolo Amarelo.

5) Avaliar a eficiência da disposição dos resíduos na dissipação das pressões aplicadas pelo tráfego

Para avaliar a eficiência da disposição dos resíduos na dissipação das pressões aplicadas por um Forwarder carregado com 9 m de madeira, quando este trafegou duas e oito vezes na mesma linha de tráfego, foi realizado um estudo utilizando galhada e casca de eucalipto como resíduo florestal. De acordo com os critérios apresentados na Figura 7, quando o *Forwarder* trafegou duas vezes sobre a Galhada mais casca (GC) e sobre a galhada (G), o solo não sofreu compactação e na condição de solo sem resíduo (SR), 30% das amostras foram compactadas (Figura 10). Para o número de passadas igual a oito, observou-se que o tráfego realizado sobre a galhada mais casca (GC), não promoveu compactação. Na condição galhada (G) e solo sem resíduo (SR), o tráfego promoveu compactação em 10% e 50% das amostras, respectivamente (Figura 10), evidenciando o efeito dissipador das pressões aplicadas pelos resíduos com consequente preservação da estrutura e minimizando a compactação do solo. A condição mais suscetível à compactação foi a condição onde o tráfego foi realizado sobre o solo sem resíduo (SR).

	Condições de disposição de resíduos		
	2 passadas do Forwarder		
	---------- (%) ----------		
	GC	G	SR
Amostras compactadas	0	0	30
	8 passadas do Forwarder		
	---------- (%) ----------		
	GC	G	SR
Amostras compactadas	0	1 0	50

GC = Tráfego sobre Galhada + Casca; G = Tráfego sobre a Galhada; SR = Tráfego sobre o solo Sem Resíduo.

Figura 10. Porcentagem de amostras compactadas de acordo com os critérios apresentados na Figura 7, após 2 e 8 passadas do Forwarder em diferentes condições de disposição de resíduos, na camada de 10-13 cm de um Latossolo Vermelho. GC = Tráfego sobre Galhada + Casca; G = Tráfego sobre a Galhada; SR = Tráfego sobre o solo Sem Resíduo.

6) Avaliar a recuperação natural da estrutura do solo

Para avaliar a recuperação natural da estrutura de um Argissolo Amarelo através das pressões de pré-consolidação foram determinadas em função dos conteúdos de água de dois em dois anos a partir 1996 até 2004, na linha de tráfego de um Forwarder, quando este realizou o baldeio da madeira em 1996. As porcentagens das amostras compactadas e sem compactação foram determinadas de acordo com os critérios apresentados na Figura 7 e os resultados estão apresentados no (Figura 11).

% de amostras	1996	1998	2000	2002	2004
Compactadas	44	22	11	4	7
Não compactadas	56	78	89	96	93

Figura 11. Porcentagens de amostras compactadas e não compactadas devido às operações de baldeio da madeira realizado com um Forwarder em 1996 em um Argissolo Amarelo na camada de 0-3 cm.

No Figura 11, observa-se que houve uma redução nas porcentagens das amostras compactadas de 1996 a 2004, com um aumento nas porcentagens das amostras não compactadas indicando que ao final de 8

anos, mesmo não havendo nenhuma operação de preparo, observou-se um alívio natural da compactação do solo evidenciado pela redução nos valores das pressões de pré-consolidação.

Considerações finais

As causas e os efeitos da compactação do solo já foram demonstrados por vários pesquisadores. Estes estudos demonstraram que a compactação do solo tem sido identificada como um dos principais processos causadores da degradação da estrutura dos solos. Os atributos físicos do solo convencionalmente monitorados, não têm sido capazes de quantificar a capacidade de suporte de carga dos solos, não permitindo prever quais os níveis de pressões que podem ser aplicados para diferentes conteúdos de água sem que a compactação adicional ocorra. Por este motivo, os modelos de capacidade de suporte de carga têm sido usados para prever os níveis de pressões que podem ser aplicados aos solos para diferentes conteúdos de água sem que a compactação adicional ocorra e para quantificar os efeitos das operações mecanizadas sobre a estrutura dos solos. Devido a isso, estes modelos têm sido usados como um critério auxiliar no planejamento das operações mecanizadas, no monitoramento do efeito das operações mecanizadas sobre a estrutura dos solos, na determinação da suscetibilidade à compactação de classes e horizontes de solos e no monitoramento do alívio natural da compactação do solo.

Referências

AJAYI, A. E.; DIAS JUNIOR, M. S.; CURI, N.; ARAUJO-JUNIOR, C. F.; SOUZA, T. T. S.; VASCONCELOS JUNIOR, A. I. Strength attributes and compaction susceptibility of Brazilian Latosols. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 105, n. 1 p. 122-127, Sept. 2009.

AJAYI, A. E.; DIAS JUNIOR, M. S.; CURI, N.; OKUNOLA, A; SOUZA, T. T. S.; PIRES, B. S. Assessment of vulnerability of Oxisols to compaction in the Cerrado region of Brazil. **Pedosphere**, v. 20, p. 252-260, 2010.

AMPOORTER, E.; GORIS, R.; CORNELIS, W. M.; VERHEYEN, K. Impact of mechanized logging on compaction status of sandy forest soils. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 241, p. 162-174, 2007.
AMPOORTER, E.; VAN NEVEL, L.; DE VOS, B.; HERMY, M.; VERHEYEN, K. Assessing the effects of initial soil characteristics, machine mass and traffic intensity on forest soil compaction. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 260, p. 1664-1676, 2010.

ARAUJO-JUNIOR, C. F.; DIAS JUNIOR, M. S.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALCÂNTARA, E. N. Capacidade de suporte de carga e umidade crítica de um Latossolo induzida por diferentes manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 35, p. 115-131, 2011.

CARVALHO, K. H. A.; COSTA, C. C. M.; SOARES, N. S.; SILVA, M. L. Desempenho das exportações brasileiras de papel. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, p. 263-271, 2010.

DEBIASE, H.; LEVIEN, R.; TREIN, C. R.; CONTE, O.; MAZURANA, M. Capacidade de suporte e compressibilidade de um Argissolo, influenciadas pelo tráfego e por plantas de cobertura de inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, p. 2629-2637, 2008.

DIAS JUNIOR, M. S. **Compression of three soils under long-term tillage and wheel traffic**. 1994. 114 f. Thesis (Ph. D.) - Michigan State University, East Lansing.

DIAS JUNIOR, M. S.; FONSECA, S.; ARAUJO-JUNIOR, C. F.; SILVA, A. R. Soil compaction due to forest harvest operations. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, p. 257-264, 2007.

DIAS JUNIOR, M. S.; GOMES, A. N.; ANDRADE, S. C.; AZEVEDO, M. R. Avaliação da sustentabilidade da estrutura de Argissolos em sistemas florestais. **Cerne**, Lavras, v. 8, p. 103-114, 2002.

DIAS JUNIOR, M. S.; LEITE, F. P.; LASMAR JUNIOR, E.; ARAUJO-JUNIOR, C. F. Traffic effects on the preconsolidation pressure due to eucalyptus harvest operations. **Scientia Agricola**, v. 62, p. 248-255, 2005.

DIAS JUNIOR, M. S.; PIERCE, F. J. A simple procedure for estimating preconsolidation pressure from soil compression curves. **Soil Technology**, Piracicaba, v. 8, p. 139-151, 1995.
DIAS JUNIOR, M. S.; PIERCE, F. J. Revisão de literatura: o processo de compactação do solo e sua modelagem. **Revista Brasileira Ciência Solo**, Viçosa, MG, v. 20, p. 175-182, 1996.

DIAS JUNIOR, M. S.; SILVA, S. R.; SANTOS, N. S.; ARAUJO-JUNIOR, C. F. Assessment of the soil compaction of two Ultisols caused by logging operations. **Revista Brasileira Ciência Solo**, Viçosa, MG, v. 32, p. 2245-2253, 2008.

FERNANDES, H. C.; SOUZA, A. P. Compactação de um Latossolo Vermelho causada pelo tráfego do "Forwarder". **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, p. 279-284, 2003.

FIGUEIREDO, G. C.; SILVA, A. P.; TORMENA, C. A.; GIAROLA, N. F. B.; MORAES, S. O.; ALMEIDA, B. G. Desenvolvimento de um consolidômetro pneumático: modelagem da compactação, penetrometria e resistência tênsil de agregados de solo. **Revista Brasileira Ciência Solo**, Viçosa, MG, v. 35, p. 389-402, 2011.

GRIGAL, D. F. Effects of extensive forest management on soil productivity. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 138, p. 167-185, 2000.

HOLTZ, R. D.; KOVACS, W. D. **An introduction to geotechnical engineering**. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1981. 733 p.

HORN, R.; FLEIGE, H. A method for assessing the impact of load on mechanical stability and on physical properties of soil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 73, p. 89-99, 2003.

JORDAN, D.; PONDER, F. J.; HUBBARD, V. C. Effects of soil compaction, Forest leaf litter and nitrogen fertilizer on two oak species and microbial activity. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 23, p. 33-41, 2003.

JULIÃO, L. G. F.; LIMA, J. M.; DIAS JUNIOR, M. S.; OLIVEIRA, G. C.; RIBEIRO, B. T.; MAGALHÃES, C. A. S. Atributos mecânicos e erosão por salpicamento em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo sob efeito de vinhaça. **Ciência Agrotecnologia**, v. 35, p. 19-27, 2011.

LOPES, S. E.; FERNANDES, H. C.; VIEIRA, L. B.; MACHADO, C. C.; RINALDI, P. C. N. Compactação de um solo de uso florestal submetido ao tráfego de arraste de madeira. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, p. 369-376, 2006.

KELLER, T.; LAMANDÉ, M.; SCHJøNNING, P.; DEXTER, A. R. Analysis of soil compression curves from uniaxial confined compression tests. **Geoderma**, v. 163, p. 13-23, 2011.

MACHADO, C. C.; LOPES, E. S. Análise da influência do comprimento de toras de eucalipto na produtividade e custo da colheita e transporte florestal. **Cerne**, Lavras, v. 6, p. 124-1129, 2000.

MARTINS, S. G.; SILVA, M. L. N.; FERREIRA, M. M. Avaliação de atributos físicos de um Latossolo Vermelho distroférrico sob diferentes povoamentos florestais. **Cerne**, Lavras, v. 8, v. 32-41, 2002.

MENDES, F. G.; MELLONI, E. G. P.; MELLONI, R. Aplicação de atributos físicos do solo no estado da qualidade de áreas impactadas, em Itajubá/MG. **Cerne**, Lavras, v. 12, p. 211-220, 2006.

MINETTE, L. J.; SILVA, E. N.; FREITAS, K. E.; SOUZA, A. P.; SILVA, E. P. Análise técnica e econômica da colheita florestal mecanizada em Niquelândia, Goiás. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 12, p. 659-665, 2008.

PACHECO, E. P.; CANTALICE, J. R. B. Compressibilidade, resistência a penetração e intervalo hídrico ótimo de um Argissolo Amarelo cultivado com cana-de-açúcar nos tabuleiros costeiros de Alagoas. **Revista Brasileira Ciência Solo**, Viçosa, MG, v. 35, p. 403-415, 2011.

RÖMKENS, M. J. M.; MILLER, R. D. Predicting root size and frequency from one-dimensional consolidation data – A mathematical model. **Plant and Soil**, The Hague, v. 35, p. 237-248, 1971.

SEVERIANO, E. C.; OLIVEIRA, G. C. DIAS JUNIOR, M. S.; CASTRO, M. B.; OLIVEIRA, L. F. C.; COSTA, K. A. P. Compactação de solos cultivados com cana-de-açúcar: I – modelagem e quantificação da compactação adicional após as operações de colheita. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, p. 404-413, 2010a.

SEVERIANO, E. C.; OLIVEIRA, G. C. DIAS JUNIOR, M. S.; CASTRO, M. B; OLIVEIRA, L. F. C.; COSTA, K. A. P. Compactação de solos cultivados com cana-de-açúcar: II – quantificação das restrições às funções edáficas do solo em decorrência da compactação prejudicial. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, p. 414-423, 2010b.

SILVA, S. R.; BARROS, N.; COSTA, L. M. Atributos físicos de dois Latossolos afetados pela compactação do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 10, p. 842-847, 2006.

SILVA, A. R.; DIAS JUNIOR, M. S.; LEITE; F. P. Camada de resíduos florestais e pressão de preconsolidação de dois latossolos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, p. 89-93, 2007.

SOUZA, E. P.; SOARES, N. S.; SILVA, M. L.; VALVERDE, S. R. Desempenho do setor florestal para a economia brasileira: uma abordagem da matriz insumo-produto. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 34, p. 1129-1138, 2010.

Mudança no processo de colheita florestal com interação na silvicultura

Sérgio da Silveira Borenstain[1]

Resumo

Com importância crescente da indústria de base florestal, a cadeia produtiva do setor, em especial de celulose e papel, busca melhoria continua em seus processos produtivos, seja por plantas industriais modernas e de alta tecnologia ou sustentabilidade de seu processo de formação de florestas plantadas e beneficiamento da madeira, matéria-prima de sua indústria. Áreas operacionais bem definidas dentro das empresas, a silvicultura e colheita florestal, interagem de forma significativa, sendo clientes uma da outra. Pensando nesta relação, a Veracel adotou a partir de 2013 um sistema misto de colheita florestal, onde emprega o *feller buncher* para derrubada das árvores, *harvesters* para processamento e *forwarder* para o baldeio das toras. Manutenção de resíduos distribuídos na área colhida, ganhos de produtividade dos equipamentos, rebaixamento total dos troncos, ergonomia operacional e melhor aproveitamento das árvores foram os principais ganhos encontrados nesta mudança.

Summary

The growing importance of the forestry industry, the sector´s productive chain, pulp and celulose in particular, seeks continuous improvement in their production processes, whether through high technology industrial plants or sustainability of its process of planted forests formation and wood processing, raw material of its industry. Well defined operational areas within the company, the silviculture and forest harvesting, interact significantly, being each other's customers. Thinking about this relation, Veracel has adopted in 2013 a mixed system of forest harvesting, which counts with the *feller buncher* for felling of trees, *harvesters* for processing and *forwarders* for logs extraction. Maintenance of residues in harvested area, gains in productivity of equipments, total relegation of trunks, operating ergonomics and better use of trees were the main gains found in this change.

1 Diretor Florestal da Veracel

Introdução

O Brasil atualmente é reconhecido como um dos grandes players agrícolas do mundo, tendo forte destaque nos setores de pecuária, grãos e florestal. Todo este reconhecimento deve-se principalmente à combinação de grandes áreas agricultáveis, condições edafoclimáticas satisfatórias e constante melhoria de tecnologia aplicada, sendo mercado estratégico das maiores companhias do mundo de equipamentos, fertilizantes e defensivos químicos.

Inserido no setor produtivo do setor agrícola, está o setor de celulose papel, que no ano de 2010 foi responsável por USD 6,8 bilhões em exportações e quase 700 mil empregos diretos e indiretos segundo o Anuário 2011 Base 2010 da BRACELPA – Associação brasileira de celulose e papel. O plantio de espécies florestais no Brasil totalizou cerca de 7,2 milhões de hectares em 2012, com produtividade média de 40,7 m^3 ha-1 ano-1 (ABRAF, 2013). Entre as espécies plantadas, o eucalipto é a que se destaca em maior área de plantio.

A busca por melhorias e inovações em processos florestais, procedimentos operacionais e equipamentos de trabalho é o objeto de todas as empresas de base florestal na busca de redução de custos, aumento de produtividade e qualidade de trabalho e segurança. Sendo assim, a realização de estudos que aperfeiçoem as operações e reduzam os custos operacionais torna-se cada vez mais importante (BRAMUCCI e SEIXAS, 2002).

Para as atividades de colheita florestal são amplamente usados os equipamentos do sistema Full Tree, feller buncher e skidder, ou sistema Cut-To-Lenght, harvester e forwarder, sendo a escolha do sistema geralmente definida pelo uso final da madeira.

O processo Cut-To-Lenght tem como principais etapas a derrubada, o deslocamento entre as arvores e o processamento desta em toras com comprimento padrão e sem casca. Dentre as etapas, a derrubada é a que desencadeia mais impactos na manutenção mecânica, pois com a queda da árvore estando esta suportada pelo cabeçote, o choque da queda provoca vibrações em todo o sistema estrutural e hidráulico do equipamento.

O cabeçote processador, independente de modelo e fabricante, possui uma estrutura metálica que envolve o conjunto de corte chamado "caixa do sabre" podendo ter outros nomes dependendo da região do

país. Tal estrutura tem como uma de suas funções, suportar e proteger o sabre com corrente quando apoiado no solo para realizar o corte da árvore. Assim, a distância do sabre somada à massa de resíduo vegetal sobre o solo e perfil do terreno, não permitem que a operação seja feita normalmente rente ao solo sem que haja danos à estrutura do cabeçote e sua ferramenta de corte.

Já no processo Full-Tree, as árvores são derrubadas, arrastadas até estradas ou carreadores, onde são cortadas em toras de tamanhos variados ou únicos, podendo ser descascadas ou não por um processador. Na seqüência são empilhadas e disponibilizadas para a etapa de carregamento.

O feller buncher, equipamento florestal responsável pela primeira etapa deste sistema, no Brasil é geralmente com uma máquina base de esteira e um cabeçote de corte, onde são acumuladas as árvores colhidas, sendo estas depois dispostas em forma de feixes sobre o solo.

O cabeçote acumulador do feller buncher é usualmente equipado com ferramenta de corte tipo disco, onde neste estão distribuídas os "dentes" que podem ser fabricados em material de aço e revestidos com outro metal de maior dureza comumente chamado de "vídia" (Figura 1). Estes possuem alta resistência a abrasividade e esforço de trabalho, o que permite este tipo de equipamento colher áreas com grandes diâmetros como também áreas de segunda rotação, principalmente do gênero Eucalyptus.

Nas atividades da Veracel Celulose S/A predomina o sistema CUT-TO-LENGHT com descascamento direto no campo durante o processamento das árvores ficando assim o resíduo disperso sobre a área colhida, sendo isto parte de uma estratégia de sustentabilidade definida pela empresa.

Figura 1. Equipamento *Feller Buncher* e detalhe da ferramenta de corte disco com vídias.

Interação colheita silvicultura

O processamento das árvores no local, deixando dentro dos talhões as ponteiras, galhadas, tocos e raízes têm um importante papel conservacionista e imprescindível para a manutenção da qualidade do solo, fator determinante da produtividade florestal em longo prazo.

O manejo de resíduos adotado pela Veracel deste o início de seu processo de colheita adiciona em média 14 t/ha de matéria seca de casca (florestas colhidas aos sete anos de idade) que, juntamente com outros resíduos deixados no campo, como folhas (2,5 t/ha) e galhos (6,87 t/ha), é a principal fonte de material orgânico para a formação futura de matéria orgânica do solo, por meio da ação decompositora dos microorganismos. Além disso, estes resíduos servem como cobertura e proteção do solo contra a incidência direta da irradiação solar e o impacto das gotas de chuva sobre o solo.

Apesar dos benefícios proporcionados para as novas florestas, caso o resíduo não esteja bem distribuído pela área de plantio, haverá maior dificuldade na realização da limpeza das linhas de plantio, diminuindo o rendimento da operação e aumentando o desgaste dos tratores e implementos.

Dentre todos os resíduos que permanecem na área, os tocos de eucalipto remanescentes após a colheita são os que mais dificultam a mecanização das operações silviculturais, como preparo do solo e adubação, impossibilitando o tráfego de maquinas e implementos devido ao impedimento físico.

Dentre todos os resíduos que permanecem na área, os tocos de eucalipto remanescentes após a colheita são os que mais dificultam a mecanização das operações silviculturais, como preparo do solo e adubação, impossibilitando o tráfego de maquinas e implementos devido ao impedimento físico.

Portanto, assim como a silvicultura exerce forte influência sobre as operações colheita através da qualidade dos plantios, alinhamento e sentido das árvores e carreadores, a colheita florestal tem papel fundamental na manutenção dos bons padrões de florestas, principalmente no que tange a compactação de solo pelo trafego de equipamentos, organização da área pós operação e altura de tocos resultantes do corte.

Mudança do sistema de colheita florestal na Veracel Celulose S/A

Durante visita à EXPOFOREST em 2011, dois coordenadores operacionais de colheita da Veracel, um com mais experiência no sistema Full-Tree e outro no sistema Cut-To-Lenght, iniciaram com um dos fabricantes de equipamentos em exposição um discussão técnica sobre a possibilidade de misturar os dois sistema, as vantagens de interação e os possíveis ganhos. Nasceu assim a ideia do sistema misto.

Retornando à sede da empresa, o desafio foi então realizar um estudo e testes operacionais com o modelo proposto. Com a ajuda da CATERPILLAR e da consultoria STCP, um plano de trabalho foi traçado e os testes iniciaram em fevereiro de 2012, sendo conduzido pelas partes integrantes durante aproximadamente quatro meses.

Foram realizadas tomadas de tempo das atividades, avaliações de qualidade de processamento, restrições operacionais, avaliações ergonômicas da operação, impactos ambientais e nas atividades silviculturais.

De forma resumida, foram encontrados ganhos significativos em produtividade dos equipamentos harvester e forwarder, ganhos ergonômicos nas atividades como também melhora de logística interna de trabalho.

Considerando a interação do novo sistema como as atividades silviculturais, este é ainda mais benéfica ao processo operacional de formação de florestas, sendo uma das grandes vantagens o rebaixamento total de tocos remanescentes de segunda rotação, os quais anteriormente não eram possíveis de rebaixamento devido às limitações do cabeçote processador do harvester.

As Figuras 2 e 3 ilustram a situação anterior a mudança do sistema, onde tocos remanescente de florestas de segunda rotação, dificultam a mecanização das atividades subsequentes da silvicultura como aplicação de fertilizantes e defensivos químicos. Portanto, a eliminação deste impedimento possibilita a entrada de equipamentos em toda a área auxiliando no processo de mecanização total das atividades de plantio e seus tratos culturais.

Figura 2. Imagem de tocos remanescente de segunda rotação colhidos por *harvester*.

Figura 3. Detalhe de toco de árvore colhida por *harvester* e outra colhida por *feller buncher*.

Assim, para que as atividades silviculturais permanecessem mecanizadas é necessário o rebaixamento dos tocos, operação de alto custo e de maior impacto econômico na implantação de florestas. No caso do novo sistema, a implantação fica dispensada desta necessidade.

Outro ganho de processo foi o aumento do aproveitamento de madeira da parte mais nobre da árvore: a base. Pelo procedimento

operacional da Veracel, a árvore colhida deve ser cortada em toras de 6,20 metros, sendo o menor comprimento de 3,0 metros. O toco ou cepa deve ter no máximo 13 centímetros de altura do nível do solo.

Tocos altos significam perda de madeira do tronco, exatamente no local onde o diâmetro do tronco está em seu máximo valor, que é na base da árvore. Quando deixamos cerca de 5 a 10 cm de altura de toco, perdemos entre 0,4 a 0,7% do volume útil e comercial do tronco. Quando esse toco fica alto demais, acima de 15 cm de altura, chega-se a perder até 1,5 a 2% do volume do tronco comercial da árvore (Foelkel, 2014).

Em áreas de segunda rotação, a base da árvore possui a característica de possuir alta densidade e acúmulo de areia e terra, impossibilitando o corte da cepa a uma altura menor que 15 a 20 centímetros, pois além do impedimento físico proporcionado pelas laterais inferiores dos troncos (Figura 4), há o risco de quebra do sabre por prensagem pelo peso da árvore e alto desgaste das correntes de corte, reduzindo a eficiência operacional da atividade.

Figura 4. Detalhe da lateral de tocos de segunda rotação, o qual restringe a descida do cabeçote processador.

As Figuras 5 e 6 ilustram o melhor aproveitamento da árvore colhida por feller buncher, pois este equipamento permite nivelar o ângulo de ataque como também o corte de materiais de maior densidade. Considerando um maior aproveitamento da ordem de 5 cm em uma área de 6.000 ha/ano, deixasse de perder aproximadamente 7.500 m³ de madeira, sendo esta convertida em celulose.

As Figuras 5 e 6 ilustram o melhor aproveitamento da árvore colhida por feller buncher, pois este equipamento permite nivelar o ângulo de ataque como também o corte de materiais de maior densidade. Considerando um maior aproveitamento da ordem de 5 cm em uma área de 6.000 ha/ano, deixasse de perder aproximadamente 7.500 m³ de madeira, sendo esta convertida em celulose.

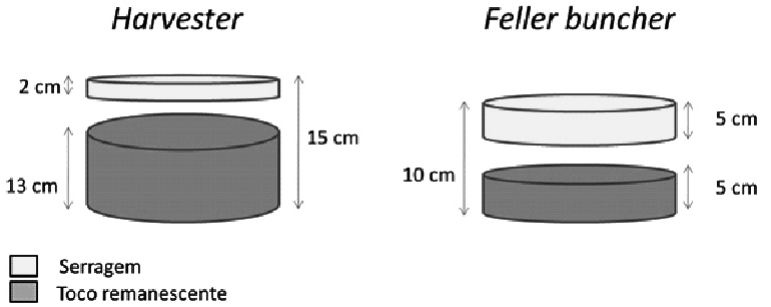


Figura 5. Exemplo de melhor aproveitamento de madeira em áreas colhidas com o novo sistema.

Comum na área florestal, a roçada pré-corte é uma atividade extremamente necessária, pois reduz o volume do sub-bosque presente na área, permitindo que as atividades de corte sejam feitas de maneira segura e produtiva.

Dimensionado para atividades de grande impacto e dificuldade, o feller buncher possui estrutura de material rodante heavy duty, proteções frontais e estruturais além de isolamento completo dos compartimentos de potência: hidráulico e motor, reduzindo de forma significativa o risco de incêndio por acumulo de material vegetal, diferente dos equipamentos harvesters sobre esteiras, que convivem até os dias de hoje sob este risco. Com tal vantagem estrutural, o corte com sistema misto permitir colher florestas sem a necessidade de realizar a roçada pré-corte do local, antes necessária à colheita com harvester (Figura 7), restringindo esta operação a áreas com risco particular como afloramentos rochosos, os quais podem danificar os discos de corte.

Figura 6. Comparativo de altura de toco entre sistemas.

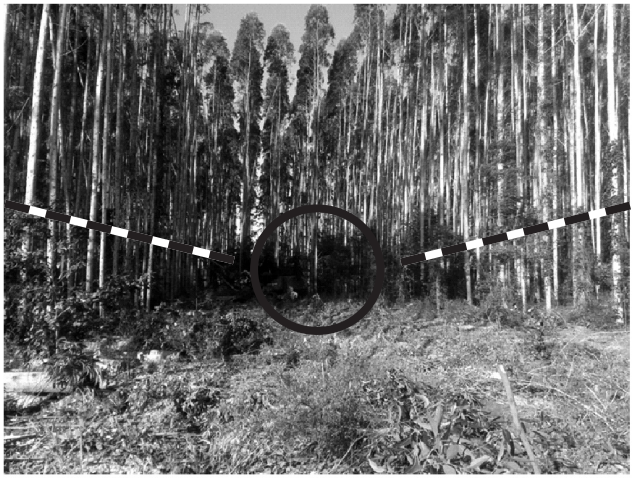


Figura 7. Detalhe de área com sub-bosque alto sendo colhida pelo feller buncher.

Considerações finais

A mudança no sistema de colheita da Veracel, buscou unir mesmo que de forma parcial, as vantagens de cada equipamento participante e otimizar a especialidade de cada, sendo assim o feller buncher destinado para a derrubada, harvester realizando somente o processamento e forwarder tendo seu papel facilitado pela ausência de tocos altos e tendo pilhas maiores seu eito de baldeio devido a um maior número de arvores processadas em um mesmo ponto pelo harvester (Figura 8).

Figura 8. Detalhe dos feixes oriundos do sistema harvester e sistema misto respectivamente.

O corte rente ao solo permitido pelo uso de feller buncher possibilitou mecanizar áreas sem a necessidade prévia de rebaixamento de tocos, reduzindo de forma significativa o custo de implantação de florestal.

Vale ressaltar que tal sistema abre as portas para novos estudos e ganhos de produtividade e sinergia com a silvicultura, um deles é a aplicação de herbicida no momento do corte, sendo este alvo de trabalho na Veracel.

O sistema misto de colheita florestal implantado em seu processo produtivo pela Veracel processo está em constante melhoria e estudo, para tal foram alterados o sistema de controle de produção, procedimentos operacionais e de segurança do trabalho, operadores foram demasiadamente treinados e acompanhados, sendo que oportunidades de melhoria são constantemente encontradas.

Agradecimentos

Agradecimentos à CATERPILLAR do Brasil e STCP Engenharia de projetos Ltda. pela grande ajuda e disponibilidade empregada durantes os trabalhos de desenvolvimento e implantação do estudo e ao Engenheiro Florestal Rafael Tiburcio pela ajuda na confecção deste artigo.

Referências

ANUÁRIO Estatístico da Associação Brasileira de Florestas 2013: ano base 2012. Brasília, DF, 2013. 129 p.

ANUÁRIO Estatístico 2011: base 2010. São Paulo: BRACELPA, 2011.

BRAMUCCI, M.; SEIXAS, F. Determinação e quantificação de fatores de influência sobre a produtividade de "harvesters" na colheita florestal. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 62, p. 62-74, 2002.

FIEDLER, N. C. et al. Avaliação da carga de trabalho físico exigida em operações de colheita florestal. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 22, n. 4, p. 535-543, 1998.

FOELKEL, C. O problema dos tocos residuais das florestas plantadas de eucaliptos. **Eucalyptus Newsletter**, n. 45, 2014. Disponível em: <http://www.eucalyptus.com.br/artigos>.

MACHADO, C. C. **Colheita florestal**. Viçosa, MG: Ed da UFV, 2002.

Técnicas modernas de preparo do solo na busca do aumento da produtividade florestal e redução do custo operacional

Edésio P. Bortolas[1], João Batista Rosa[2]

Introdução

A unidade florestal da Klabin S.A situada no norte do Paraná, região de Telêmaco Borba possui 133.552ha de área de florestas plantadas. Atualmente o plantio de *Eucalyptus* perfaz 56% deste total e, os 44% restantes são plantios de *Pinus*, predominantemente da espécie *P. Taeda.*

Os plantios são destinados prioritariamente para produção de celulose, mas, parte das áreas, no passado foi manejada para uso em serraria e laminação. As áreas com estas características estão em fase de colheita e reforma e apresentam volume médio individual (VMI) elevado, consequentemente com cepas de grandes dimensões, alinhamento irregular e forte presença de resíduos.

Figura 1. Detalhe do volume de resíduo e a operação conjugada de limpeza, rebaixamento das cepas e subsolagem.

1 Gerente de Silvicultura, ebortolas@klabin.com.br

2 Coordenador de Silvicultura, jbrosa@klabin.com.br

O sistema de colheita com corte e arraste (Feller e Skidder) e processamento nas bordaduras dos talhões permite o aproveitamento da biomassa para produção de energia no processo fabril. Esta prática minimiza o efeito dos resíduos, mas, ainda assim, o volume que permanece no talhão dificulta as operações de silvicultura, especialmente o preparo do solo para o plantio.

Historicamente pensava-se que o benefício da mecanização das operações florestais refletisse exclusivamente na redução dos custos operacionais. Entretanto, o maior benefício é sentido na qualidade destas operações, incluindo o próprio preparo do solo e, das operações subsequentes como o plantio, adubações e tratos culturais.

A Klabin esta situada em região com relevo predominantemente suave ondulado a ondulado e, em menor escala relevo forte ondulado com restrições a mecanização. Quanto à textura, a ocorrência é de solos argilosos e muito argilosos.

Diante deste cenário e, com o objetivo de buscar a melhoria dos processos nos aspectos de custos, qualidade e segurança, a Klabin optou por eleger a operação de preparo de solo prioritária, adquirindo um conjunto de máquinas e equipamentos customizados segundo suas necessidades.

Bases do projeto

O projeto teve com base a área trabalhada no programa de reforma de 2010. Neste ano foram preparados e plantados 13.351,96ha, com custo total de R$ 22.04.720,54, somente com as operações de preparo de solo, refletindo em um custo médio de R$ 1.648,80 ha^{-1}. O preparo de solo à época foi realizado de três modos distintos (Tabela 1). Percentualmente, 14% da área foi preparada com coveamento manual, 80% da área subsolada com trator de esteiras e, em 6% da área utilizou-se trator de pneu para a subsolagem.

Da área total preparada no ano de 2010, 68% foi realizada limpeza de terreno (Herbicida pré-plantio, roçadas e Limpa trilho), refletindo em um custo médio de R$ 936,95 ha^{-1}. Este custo de limpeza soma-se ao de preparação de solo propriamente dito.

Tabela 1. Estratificação do preparo de solo no ano de 2010 na Klabin.

	Área (ha)	Área (%)	Custo Médio (R$ ha^{-1})
Coveamento manual	1.908,62	14	1.713,37
Mecanizado Esteira	10.660,64	80	934,04
Mecanizado Pneu	782,70	6	328,40
Limpeza de Terreno Pré	9.104,02	68	936,95

Figura 2. a) Equipe de coveamento manual preparando área para o plantio. b) Detalhe da muda após o plantio, em área de coveamento manual.

Em áreas onde o preparo era realizado de modo mecanizado, uma máquina de grande porte é utilizada para remoção dos resíduos e limpeza da linha a ser subsolada (Figura 3). Essa limpeza permite maior facilidade para o deslocamento dos implementos, aumentando o rendimento operacional e melhorando a qualidade final do preparo de solo.

Figura 3. Limpa Trilho, equipamento utilizado para a remoção dos resíduos da linha de plantio.

Nas áreas onde a subsolagem é realizada com o trator de esteiras, esta operação era precedida da limpeza da linha de subsolagem, com um equipamento (limpa trilho) adaptado para este fim. Esta operação era realizada em 100% das áreas a serem subsoladas. A subsolagem era feita na entre linha da rotação anterior, replicando, desta forma, o mesmo sentido de alinhamento e espaçamento da rotação anterior. (Figura 4 a). A subsolagem apresentava grande variação na profundidade de preparo e, aplicação de fertilizante no solo se dava por gravidade (Figura 4 b). Devido às limitações do sistema, o preparo de solo e a fertilização restavam comprometidas nos quesitos custo e qualidade operacional.

Figura 4. a) Trator de esteira acoplado ao implemento para realização da subsolagem e fertilização de base em duas linhas de plantio simultaneamente. b) Detalhe do sistema de localização do fertilizante. O fluxo do fertilizante se dá por gravidade.

Sistema proposto - Máquinas base e implementos

Para atender as exigências de qualidade e custo da operação de preparo do solo, de acordo com as características de cada local, foi configurado um conjunto de máquinas e equipamentos:

1 - Duas unidades de trator de esteiras Komatsu, D85EX-15EO, com potência bruta de 266HP, equipado com subsolador Savannah **Bio Force, Mounted Plow** (Arado Eco till - Bio Force) e **V-Shear** (Lamina em forma).

2 - Seis unidades de trator de esteiras Komatsu, D61EX-15EO, com potência bruta de 170HP, equipado com subsolador Savannah **Bio Force, Mounted Plow** (Arado Eco till - Bio Force) e **V-Shear** (Lamina em forma de V para rebaixamento de tocos e limpeza da linha de subsolagem).

Figura 5. Conjunto para preparo de solo equipado com subsolador Savannah Bio Force, Mounted Plow (Arado Eco till - Bio Force) e V-Shear (Lamina em forma de V para rebaixamento de tocos), Figura a) D85EX-15EO Figura b) D61EX-15EO.

A presença da lâmina V-Shear acoplada à frente da máquina de esteira promove o rebaixamento dos tocos remanescentes na área facilitando o realinhamento do sentido de preparo, quando necessário. Trata-se de um conjunto robusto, capaz de retirar tocos de grandes dimensões (Figura 6).

Figura 6. Lâmina V-Shear utilizada para rebaixamento dos tocos.

3 - Duas escavadeiras hidráulicas Komatsu PC200-8 com potência bruta de 155HP, equipado com cultivador **Magnum** com haste subsoladora e dois discos de 32 polegadas além de um sistema de garfos para limpeza da linha de preparo. Este equipamento foi configurado para trabalhar em áreas cuja declividade não permite a utilização dos equipamentos montados nos tratores de esteiras. Há possibilidade de realizar a operação em todas as áreas da Klabin, ficando limitado apenas pela presença de pedras.

Figura 7. Preparo de solo em área inclinada realizado com escavadeira hidráulica e cultivador Magnun.

Vantagens do sistema

Este sistema permitiu trabalhar em áreas de maior declividade, com a presença de resíduos, tocos e, regeneração, onde no sistema tradicional não era possível. Hoje, simultaneamente à operação de preparo de solo fazemos:

- Rebaixamento dos tocos;
- Limpeza, através do afastamento dos resíduos, pela lâmina *V-Shear*;
- Subsolagem com fosfatagem com taxa fixa de dosagem do fosfato, apesar da variação da velocidade;
- Maior volume e homogeneidade de solo preparado, permitindo uma melhor ação do herbicida pré-emergente aumentando o período de controle;
- Monitoramento de atividade, através do uso da tecnologia de GPS, gerando mapas temáticos com softwares específicos;
- Realinhamento do novo plantio e, possibilidade de adoção de espaçamentos diverso daquele utilizado na rotação anterior;
- Redução de custo operacional.

Figura 8. Resultado do Preparo de Solo.

Desvantagens do sistema

As principais restrições do sistema são o alto custo de investimento em máquinas e equipamentos e, a falta de interesse e capacidade financeira da maioria dos prestadores de serviços em investir num sistema totalmente novo, cujo objetivo principal é a redução dos custos operacionais.

Considerações finais

As unidades de manejo florestal da Klabin apresentam particularidades que fazem com que seja necessária a adoção de uma estratégia diferenciada para garantir a qualidade das operações de preparo de solo e fertilização. Antigos plantios florestais, com idade superior a 20 anos, estão sendo reformados e substituídos por novos plantios florestais. O clima mais ameno da região favorece a manutenção dos resíduos

da colheita e a permanência dos tocos na área. Este ambiente exige máquinas de maior porte que suportem grandes adversidades durante os trabalhos de campo. A adoção de máquinas de maior robustez com a presença de tecnologia embarcada foi aposta da Klabin para garantir a qualidade no preparo de solo e fertilização de base, mesmo em condições bastante desfavoráveis à realização das atividades. A parceria estabelecida entre Klabin, Savannah, Komatsu e Verion teve por objetivo desenvolver soluções para as adversidades encontradas no campo, agregando novas tecnologias às atividades florestais. O projeto teve início em 2012 e hoje, é feito em toda área da Klabin de Monte Alegre – PR.

Bloco 2

Bases para a tomada de decisão na silvicultura

Indicadores para a tomada de decisão na silvicultura

Marcelo Santos Ambrogi[1]

Conceitos e características dos indicadores

Os indicadores de desempenho são essenciais ao planejamento e controle dos processos organizacionais. Estabelecem medidas verificadoras do cumprimento de metas e sinalizam o rumo que a organização está seguindo.

Os indicadores facilitam a ação gerencial através do respaldo na tomada de decisão, tornando-as mais assertivas.

Decisões rápidas e assertivas imprimem maior agilidade à operação, conseguindo melhorar a sua competitividade e atender às necessidades e expectativas de seus clientes (internos e externos).

Um bom indicador de desempenho deve estar associado às áreas do negócio cujos resultados ou produtos causam maior impacto no sucesso da organização. Sendo assim, Indicadores de Desempenho na Silvicultura são essenciais ao resultado do empreendimento florestal.

O bom indicador além de dar suporte à análise crítica dos resultados do negócio e às tomadas de decisão ele da direcionamento ao replanejamento, quando necessário.

As características que são normalmente atribuídas a um bom indicador de desempenho, são:

- Tem que obrigatoriamente estar associado a estratégia competitiva da empresa;
- Ser quantitativo; a representação do indicador deve evitar termos como "bom", "regular", "ruim", "em parte", "mais ou menos", "fraco", "forte", entre outros. O indicador deve

1 Diretor de Operações Florestais – Weyerhaeuser Solutions do Brasil e Sócio fundador – IMA Gestão e Análise Florestal

sempre privilegiar a dimensão quantitativa, com valores absolutos (como um número).

- Deve ser visível e aceito pela organização; muitas empresas, adeptas de modelos de gestão à vista, expõem seus indicadores em áreas comuns para que seja dada a devida visibilidade aos resultados obtidos e aos desafios ainda por vir.
- Deve ter um bom custo-benefício entre esforço de coleta e análise dos dados e o resultado que gera; se o indicador exigir mais esforço na coleta dos dados de entrada que o benefício por ele gerado para a organização, então este não é um bom indicador.
- Deve ter, preferencialmente, um caráter multidimensional, ou seja, deve envolver várias variáveis ou outros indicadores. Um indicador isolado não é suficiente para medir a desempenho de um processo, produto ou fornecedor, por exemplo.
- Mede apenas o que é importante; toda organização é capaz de gerar dezenas de métricas para avaliar a seu desempenho. O grande desafio, todavia, é encontrar os poucos indicadores que são relevantes e capazes de, resumidamente, espelhar a qualidade dos processos em andamento.
- Deve sempre promover o comportamento e a cultura adequada, preferencialmente sendo definido e construído em conjunto com a equipe.
- Deve difundir a verdade entre as pessoas e nos processos; ou seja, deve refletir a mais pura verdade sobre o desempenho dos processos avaliados.
- Reflete a relação entre variáveis de entrada dos processos e o resultado final esperado; ou seja, expressa a variação do processo.
- Deve ser definido e compreendido em mútuo acordo entre as partes de modo que todos entendam o indicador.
- Deve ser facilmente compreendido por todos envolvidos direta e indiretamente no processo, evidenciando a verdade.
- Deve possuir um "dono" responsável pela gestão do mesmo.

Estruturação dos indicadores

O processo se inicia na elaboração do planejamento estratégico da organização. Esta atividade visa repensar o direcionamento futuro da empresa e dá origem aos objetivos estratégicos que deverão ser atingidos para que seja possível consolidar os resultados esperados pelos acionistas.

O desdobramento destes objetivos para o restante da organização resulta nas ações (processos e projetos) que deverão ser conduzidas pela empresa e é a forma de garantir que todos os colaboradores estejam alinhados estrategicamente, evitando esforços operacionais que estejam fora das ações definidas para o alcance dos objetivos da empresa.

Para gerenciar estes processos e projetos, são desenvolvidos e implantados os indicadores de desempenho. São diversas as metodologias usadas para a gestão baseada nos indicadores, sendo que atualmente uma das mais usada atualmente é o Balance Score Card (BSC), que cria o mapa estratégico da empresa mostrando os principais objetivos estratégicos nas dimensões consideradas (financeira, clientes, processos operacionais internos e aprendizado e crescimento).

Os indicadores estão sempre associados ao produto de um processo (ou projeto) e devem ser pensados para atuarem entre si na estrutura de gestão num relacionamento de causa-efeito, o que se traduz na hierarquização dos indicadores.

Esta hierarquização busca segregar a gestão dos indicadores de tal forma que os níveis executivos e gerenciais possuam indicadores sobre o resultado final do processo e a equipe operacional sobre os meios e itens de controle dos processos.

Deve haver um relacionamento matemático concreto entre estes indicadores de tal forma que os problemas comecem a aparecer primeiramente nas estruturas mais operacionais e se propaguem para as estruturas mais gerenciais.

A figura abaixo apresenta um modelo teórico de hierarquização de indicadores para os diferentes níveis de gestão de uma empresa:

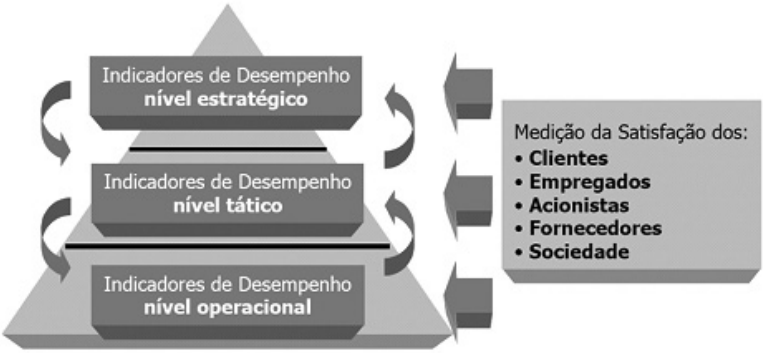


Figura 1 Teórico de Hierarquização de Indicadores.
Fonte: Controle da Qualidade Total – Vicente Falconi.

Outro benefício obtido pela hierarquização é a possibilidade de segregar os indicadores em indicadores para desenvolvimento e melhoria dos processos e indicadores para gestão da rotina operacional permitindo assim que a melhoria dos processos e produtos seja também um processo gerenciado.

Os indicadores de desenvolvimento e melhoria são criados para atingir objetivos ligados a saltos de desempenho e muitas vezes envolvem mudanças significativas em processos e quebra de paradigmas existentes. Como as áreas de desenvolvimento prioritário não é fixa e se altera em função de mudanças estratégicas, alterações tecnológicas ou demandadas por questões socioambientais, estes indicadores, em sua maioria, são temporários, ou seja, após se atingir o objetivo esperado não faz mais sentido gerenciá-los. Como exemplo seria um projeto para implantar um novo processo de plantio que envolve o desenvolvimento de equipamentos, revisão do equipamento de tração, deve considerar requisitos da granulometria do adubo, e exige características específicas da muda. Apesar de existirem vários subprojetos internos, o indicador final é a implantação do novo modelo de preparo do solo e deverá ser medido através de um indicador ou conjunto de indicadores que são desenvolvidos ao mesmo tempo em que se desenvolve o escopo do projeto.

Já os indicadores de rotina ou operacionais são estáveis e possuem como meta o cumprimento do procedimento operacional minimizando as possíveis falhas e anomalias no processo. Geralmente são criados e gerenciados para operações críticas e suas metas representam melhorias incrementais nos produtos ou resultados dos processos ao longo do tempo. Por exemplo, um conjunto de indicadores de desempenho para o preparo do solo pode ser definido considerado se a operação foi feita conforme a definição técnica, no custo esperado, no calendário que se esperava, respeitando os requisitos de segurança e proteção ambiental definidos.

Construção dos indicadores

Indicadores medem entregas. Estas entregas tem um cliente. Por isto o primeiro passo é identificar e qualificar as relações de fornecedor – cliente interno, e no fim da cadeia o cliente externo. Isto reforça a sedimentação da cultura de gerenciamento baseada em indicadores de resultados.

Geralmente ao se desenvolver uma estrutura de indicadores deve se desenhar todos os processos existentes, identificar claramente onde começam e acabam e assim definir as entregas.

Normalmente os indicadores devem exprimir dois aspectos dos processos: a sua eficiência e a sua eficácia.

A eficácia em uma visão simplificada, é o mais significativo para a organização porque mede o resultado esperado do processo. A eficiência também é importante, mas é voltado para a gestão interna do processo, pois ele está ligado ao esforço que o processo está despendendo para alcançar o resultado esperado.

Os indicadores podem ser divididos em dois grupos: aqueles derivados dos itens de controle e aqueles derivados dos itens de verificação. Esta é uma forma de exemplificar a visão de eficiência, expressa nos itens de Verificação do Processo e a Eficácia, expressa pela medição dos Itens de Controle, na saída ou entrega do processo.

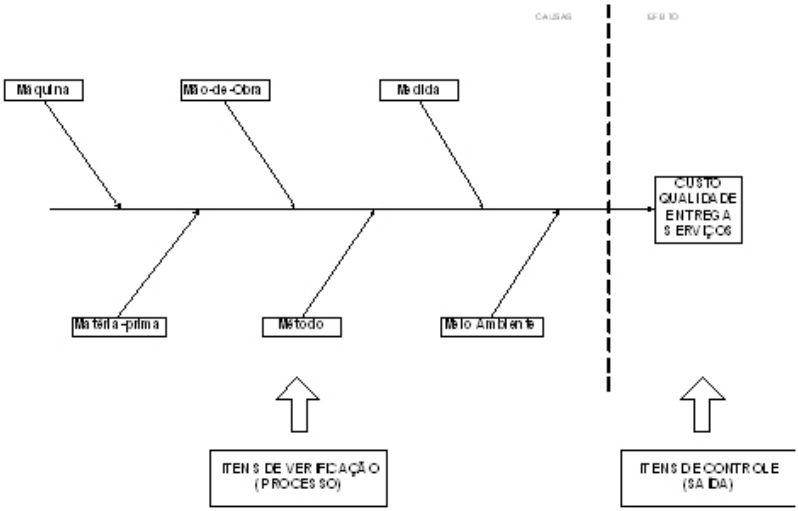


Figura 2. Especificações dos Itens de Verificação e de Controle do Processo.

No desenvolvimento é necessário estabelecer algumas definições para cada indicador. As metas e níveis de aceitação são tipos de definições que evoluem ao longo do uso dos indicadores. São definições necessárias:

- Avaliação: descrição dos itens a serem avaliados nas medições.
- Medição: periodicidade e quantidades a serem medidas para o levantamento dos dados para o cálculo do indicador.
- Pontuação: cálculo do valor final do indicador.
- Meta: valor objetivo que deve ser buscado pelo fornecedor/cliente/terceiro em relação ao indicador.
- Aceitação: critério que define o mínimo desempenho esperado, sem a necessidade de gerar planos de ação para melhoria do desempenho.
- Responsável: identifica o responsável pelo cálculo do indicador e a pessoa responsável pela análise, integridade e evolução do indicador;

A implantação de indicadores é importante para os processos internos, mas são também muito importantes nas relações clientes e fornecedores de serviços e insumos.

A experiência na implantação de indicadores em diversos processos e empresas, permite dizer que se engana quem acredita que é uma geração de custo desenvolver e implantar indicadores. Trata-se de um investimento que deve ser bem planejado e implantado, que gerara resultados positivos a empresa.

De uma forma pratica, temos que olhar a Silvicultura através de diferentes aspectos, que de forma resumida seriam o aspecto estratégico, o econômico financeiro e o operacional. Não se pode é claro esquecer-se dos aspectos ambientais, trabalhistas e sociais, também relevantes.

O que caracteriza um bom indicador é a possibilidade de ser usado para gerenciar, aprender e melhorar. Um Indicador para ser usado em tomadas de decisão é baseado em bons controles e, bons controles são definidos de forma a serem poucos e precisos. Isto pode requerer uma grande quantidade de dados, mas que devem ser bem tratados. Bem tratados significa que sejam bem capturados, armazenados e principalmente verificados.

Um bom indicador pode ser mal interpretado. Daí ser bem compreendido passa por preparar as pessoas, treinar e dar experiência. Percebo bastante nos cursos que fazemos junto com a FUPEF da Universidade Federal do Paraná, que alguns indicadores de alto nível, ou seja, os que resumem uma série de controles para serem produzidos, podem ser interpretados de diferentes formas, de acordo com a experiência do profissional. Parece lógico, mas em algumas empresas esta percepção não é avaliada.

Silvicultura é um investimento e não uma despesa. Como investimento é aprovado baseado em várias premissas, mas três delas são básicas: Valor a ser investido, representado pelos custos de silvicultura, proteção, gerenciamento que são aplicados para desenvolver o produto (madeira), o volume que se espera produzir e por quanto se espera vender ou o menor custo esperado. Estão aí basicamente os 3 maiores Indicadores de Tomada de Decisão da Silvicultura. Poderiam ser mais precisos, como custo da tonelada de celulose por hectare, custo por

volume de laminas por hectare, e assim vai.

Poucas empresas controlam os investimentos em silvicultura como um projeto de investimento. Principalmente as integradas. O controle é o do Orçamento do ano. As pessoas da Silvicultura olham o inventário como um número médio global, não interessando muito por números específicos. Grande erro. O dinheiro investido na Silvicultura deve dar retorno para que o negócio continue prosperando. Está é uma lógica básica. Quando nos esquecemos disso, os maus resultados aparecem e o "clima" paga a conta.

Por tanto, olhar pela parte financeira a Silvicultura como um projeto de investimento seria uma primeira forma de definir seus Indicadores de Tomada de Decisão.

Mas vamos lá, qual é a meta da Silvicultura?. Quem já trabalhou comigo sabe o que vou escrever abaixo. Recebi muitas vezes a resposta que a meta é um programa de Silvicultura baseado no número de hectares que deve ser plantado. A minha resposta sempre foi, você tem a responsabilidade de entregar daqui a 6 anos por exemplo, 500 mil metros cúbicos no mínimo. Se conseguir plantar em 1 hectare para mim está ótimo. Ou seja, se planta para produzir madeira e não hectares. Sendo assim todo silvicultor deveria ter no criado mudo do lado da cama um Inventário Florestal detalhado e um controle de investimento por talhão.

Tendo em mente que estamos trabalhando para produzir um volume definido de madeira em um certo período de tempo é mais fácil definir outros Indicadores de Decisão importantes. Aqui vai uma nota. Muitos projetos de investimentos em Silvicultura que não estão vinculados a uma demanda fixa de volume no tempo, acabam não enxergando os benefícios de um bom controle de eficiência e eficácia operacional e até mesmo no inventário florestal. Para mim, um grande erro.

Pense nisto: Inventário Florestal qualitativo e quantitativo não é custo é a ferramenta básica para um gestor florestal. Ir ao campo também.

Existem hoje vários processos e ferramentas para realizar controles operacionais, com um caminho para a Silvicultura de Precisão. O que eu poderia resumir é que os Indicadores para Decisão para a Silvicultura poderiam ser resumidos em alguns grupos:

- Indicadores da Produção Operacional – qual a produção em hectares esperada x a realizada. Pode ser consolidada ou dividia em grupos de atividades. Depende no nível de delegação que existe em uma empresa. De certa forma é um indicador de Eficácia.
- Indicadores relativos à Qualidade Operacional – busca confirmar a eficiência em se aplicar o pacote tecnológico disponível, a nível operacional. Busca eficiência operacional;
- Indicadores dos Processos Operacionais – indica se a produção e a qualidade estão sendo atingidas através dos processos de gerenciamento definidos na empresa e descritos nos seus manuais.
- Indicadores de Despesas e Investimento – Previsto x realizado no ano (orçamento) e Previsto x Realizado em relação ao projeto florestal (análise de investimento)
- Indicadores da Produção Florestal – Dentro destes indicadores estão aqueles que indicam a eficácia dos processos, tecnologia, qualidade das operações na transformação do objetivo do investimento, ou seja, um bom plantio com a produção esperada. Estão aqui incluídos os levantamentos de sobrevivência, inventários qualitativos, inventário florestal continuo, inventário florestal pré-corte e o volume entregue para consumo ou venda.

É importante dizer que não adianta ter um excelente controle de qualidade operacional se não resultar em uma boa floresta. Não adianta ter um ótimo inventário florestal se ele ficar dentro da gaveta ou computador e ou apenas utilizado pela equipe de planejamento. Indicadores e ferramentas são feitos para agir. Seja de imediato ou como um aprendizado para a mudança.

A experiência de alguns anos trabalhando é que existem empresas bem balanceadas entre controles, indicadores e recursos para avaliar e tomar decisão. Estas empresas estão aprendendo e melhorando. Existem outras, com muita tecnologia, controles e indicadores, mas com poucos profissionais com experiência suficiente para avaliar o que tem e retirar disso decisões importantes para empresa. Estas estão rasgando dinheiro. E existem aquelas que possuem o mínimo do mínimo, e consideram quem investe nisso é louco e pouco experto. Estas estão em voo cego.

Fatores hídricos e as decisões silviculturais de melhoramento e de proteção na eucaliptocultura

Jose Luiz Stape[1,2], Dan Binkley[3], Dario Grattapaglia[4], Otávio Campoe[2], Clayton Alvares[2,5], Francides Gomes[6], Eduardo Mattos[6], Marina Otto[6], Rodrigo Hakamada[6], Mário T. Moraes[7]

Introdução

Os plantios clonais de *Eucalyptus* são hoje uma regra na eucaliptocultura, tanto nas áreas tradicionais de produção como nas novas fronteiras florestais. No entanto, enquanto nas áreas tradicionais há uma maior segurança quanto à adaptação e capacidade produtivida dos clones, nas novas áreas há maiores riscos associados à produção florestal devido a estresses ambientais distintos daqueles donde os clones foram selecionados. Dentre os estresses ambientais ao *Eucalyptus* o estresse hídrico destaca-se como o mais limitante à produtividade em regiões tropicais (Ryan et al. 2010) após corrigidas as limitações nutricionais e garantida a fitossanidade dos plantios. O estresse nutricional é hoje manejável frente às pesquisas em solos e nutrição realizadas ao longo das últimas 4 décadas, e que vem propiciando excelentes padrões de crescimento dos materiais clonais, mesmo em solos de baixa fertilidade natural (Ferreira e Stape 2009). Afora o plantio em novas áreas com menores índices pluviométricos, as maiores variações de regime hídrico devido às mudanças climáticas, nas áreas tradicionais de plantio, impõe uma maior compreensão da sensibilidade dos clones de *Eucalyptus* a esse estresse. O projeto BEPP (Brasil Eucalyptus Produtividade Potencial)

[1]North Carolina State University
[2]Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais
[3]Colorado State University
[4]Embrapa-Cenargen
[5]Forest Productivity Coop
[6]Universidade de São Paulo
[7]Universidade Estadual Paulista

estudou os principais fatores limitantes à produtividade de oito clones comerciais de *Eucalyptus* entre os anos de 2001 e 2011, e investigou os principais processos ecofisiológicos associados. Os resultados mostraram que é possível quantificar os processos que controlam a produtividade dos clones, em termos de fotossíntese, respiração, transpiração e alocação de carbono, e como os fatores estressantes os influenciam. Porém, face ao limitado número de clones e seu confundimento com o local de estudo, não foi possível aprofundar o conhecimento na área de interface fisiologia-genética, vital para o desenvolvimento de programas de hibridação mais eficazes para superar estresses ambientais (Stape et al. 2010).

Do ponto de vista genético, atualmente, a obtenção de novos clones é baseada em programas de hibridações controladas que usam parentais que possuam características adequadas de crescimento e, supostamente, também características morfológicas, fisiológicas ou bioquímicas (doravante denominadas ecofisiológicas) para tolerar os estresses ambientais ao qual suas progênies estarão submetidas ao longo de suas rotações. Posteriormente, faz-se a seleção dos indivíduos dentro destas progênies que efetivamente herdaram o grupo de características desejadas dos parentais. Vê-se portanto que esta técnica de seleção representa um grande esforço em termos de cruzamentos de parentais e testes e seleção de campo de materiais potenciais para futuros testes clonais. Uma alternativa a esta sistemática seria a possibilidade de "pré-selecionar" os parentais, ou "pré-selecionar" as progênies através de marcadores moleculares que sabidamente estivessem ligados a comportamentos ecofisiológicos desejáveis, como taxas de fotossíntese, taxas de respiração, padrões de crescimento radicular (Laclau et al. 2103), de resposta estomática (Hubbard et al. 2010), de sinalização hormonal, de alocação de carbono (Ryan et al. 2010), de arquitetura de copa, de queda de folhas, de potencial hídrico celular, e de tantas outras possibilidades de comportamento ecofisiológico das árvores (Grattapaglia et al. 2009).

Assim, devido às diferentes respostas dos clones ao déficit hídrico, por exemplo, pode-se investigar os processos ecofisiológicos da planta que levam a estes comportamentos através de um desenho experimental que contemple a variação do agente estressante e a variação dos materiais genéticos, e determine não só o crescimento (DAP e Altura)

mas os fluxos de carbono, água e nutrientes para caracterizar e "explicar fisiologicamente" o comportamento diferencial entre os materiais testados. Obviamente, estas medidas requerem uso de instrumentação apropriada, e representam o primeiro passo para verificar como o melhoramento genético poderá usar parâmetros fisiológicos na seleção de clones mais adaptados. A adaptabilidade dos clones aos estresses abióticos não lhes garante adequada produtividade, pois é cada vez mais constante a ocorrência de pragas e doenças, autócnes ou introduzidas, que através da herbivoria reduzem ou inviabilizam o crescimento das árvores. Desta forma, o estresse biótico, via herbivoria, tem estagnado, ou mesmo reduzido a produtivdade florestal em vários sítios, e há uma forte interação com os estresses ambientais, de forma que seus efeitos são agravados, num situação de déficit hídrico.

Assim, um novo programa de pesquisa foi elaborado de forma conjunta por várias instituições de pesquisa e empresas florestais buscando usar os conhecimentos adquiridos ao longo da última década nas áreas de silvicultura, melhoramento e proteção para melhor caracterizar os principais estresses abióticos e bióticos à eucaliptocultura, e como os distintos materiais genéticos se comportam ecofisiologicamente frente aos mesmos. Antevê-se que os resultados terão ampla aplicação nas áreas de silvicultura e melhoramento florestal, incluindo a efetiva modelagem ecofisiológica da eucaliptocultura clonal a nível regional com validação de fatores ambientais e genéticos, e a recomendação de marcadores moleculares e cruzamentos dirigidos (Marsden et al. 2013).

Este novo programa, denominado Tolerância de Eucalyptus Clonais aos Estresses Hídricos, Térmicos e Biológicos (TECHS), ao congregar as áreas de fisiologia, hidrologia, nutrição, melhoramento, biotecnologia, entomologia e fitopatologia, busca identificar a existência de um próximo patamar seguro de produtividade florestal para a eucaliptocultura, no curto e longo prazos.

Produtividade do eucalyptus sob estresse hídrico

O programa cooperativo BEPP (Brasil Eucalyptus Produtividade Potencial, Stape et al. 2010), estudou de 2001 a 2011, a ecologia de produção das plantações de eucaliptos em oito sítios do Brasil: Inhambupe

BA, Eunápolis BA, Teixeira de Freitas BA, Aracruz ES, Bocaiúva MG, Guanhães MG, Luis Antônio SP, e Mogi Guaçu SP, das empresas Copener, Veracel, Suzano, Fibria, V&M, Cenibra e International Paper. Em cada local, um clone foi utilizado e estudou-se o efeito da adição de nutrientes (adubação extra além do usual da empresa), de água (via irrigação), e da uniformidade (plantios clonais homogêneos e heterogêneos) no comportamento ecofisiológico dos clones. O estudo mostrou que sem fertilização, a média do Incremento Médio anual (IMA) foi cerca de 30% menor (33 $m^3ha^{-1}ano^{-1}$) do que os rendimentos obtidos com as taxas operacionais atuais de fertilização (46 $m^3ha^{-1}ano^{-1}$). A fertilização "extra" não aumentou o crescimento. A irrigação elevou o crescimento médio em 30%, atingindo 62 $m^3ha^{-1}ano^{-1}$. A produtividade potencial biológica (Incrmento Corrente Anual, após fechamento do dossel) foi de 77 $m^3ha^{-1}ano^{-1}$. A produtividade biológica potencial foi ainda maior, considerando o período de desenvolvimento completo do dossel durante a estação chuvosa no verão, atingindo 83 $m^3ha^{-1}ano^{-1}$.

Além disso, povoamentos com estrutura uniforme apresentaram crescimento 13% maior do que talhões com elevada heterogeneidade nos tamanhos das árvores. Assim, a irrigação evidenciou a grande influência da variação interanual das chuvas na produtividade do *Eucalyptus*. Estes resultados enfatizaram a importância da oferta de recursos, eficiência do uso dos recursos, e uniformidade do povoamento na fixação dos limites para a produtividade e proporcionam uma base na avaliação das produtividades alcançadas nas plantações operacionais. O Projeto BEPP mostrou que o suprimento de água é o recurso fundamental para determinar os níveis de produtividade das plantações no Brasil.

Em resumo, estes estudos associados ao uso de Parcelas Gêmeas de Inventário (Stape et al. 2006) pelas empresas florestais mostraram que: i) O estresse hídrico foi o fator de maior limitação à produtividade em todos os locais; ii) O maior efeito da aliviação do estresse hídrico é o aumento da *eficiência de uso da luz*, seguido do aumento do Índice de Área Foliar (IAF); iii) O estresse nutricional mostra-se equacionado do ponto de vista de recomendação técnica, necessitando ser melhorado do ponto de vista de sua qualidade de aplicação operacional; iv) Os clones apresentam elevada *eficiência de uso da água*, mesmo em condições de maior disponibilidade hídrica; v) A maior produtividade ao final da rotação está

diretamente relacionada à maior precocidade de fechamento do dossel; vi) A respiração do tronco dos clones parece ser inferior a valores de materiais não melhorados; vii) Os clones alocam grande quantidade de carbono para a parte aérea, notadamente quando o estresse hídrico é aliviado; viii) Os clones mostram comportamentos distintos de controle estomático, o que deve levar a distintos padrões de adaptabilidade a regimes hídricos; ix) a profundidade de exploração do sistema radicular mostrou-se variável com clone-solo, porém não houve possibilidade de avaliar o efeito de cada fator; e x) As árvores dominantes, dentro de um mesmo clone, tendem a ser mais eficientes em usar os recursos naturais como luz, água e nutrientes.

Assim, a despeito do projeto BEPP mostrar a importância e possibilidade de modelar a disponibilidade hídrica para fazer previsões de produtividade florestal, ele não investigou a diferenciação existente entre os clones, uma vez que cada local só tinha um material genético. Desta forma, há necessidade de se identificar qual ou quais os mecanismos ecofisiológicos que explicam como os diferentes materiais genéticos conseguem tolerar, com maior ou menor grau de sucesso, este estresse hídrico, o qual está em geral associado a um estresse térmico de calor. Desta forma, há questões básicas a serem respondidas para se estimar a produtividade dos futuros plantios de *Eucalyptus* seja nas áreas tradicionais ou não de eucaliptocultura, destacando-se entre elas:

i) Como o crescimento dos plantios clonais de *Eucalyptus* é, e será, influenciado pelo clima, em termos de Índice de Área Foliar, de captura e alocação de C, e da eficiência do uso da luz?;

ii) Como os clones, em distintos espaçamentos, irão interagir com os sítios e os fatores do clima ?;

iii) Que mecanismos ecofisiológicos têm os clones mais adaptados aos estresses hídrico e térmico ?;

iv) Qual a magnitude da interação genótipo x ambiente para as variáveis ecofisiológicas e para a produtividade final?;

v) Identificados os mecanismos, é possível desenvolver protocolos ecofisiológicos capazes de classificar um grande número de indivíduos dos programas de melhoramento ?; e

vi) Como os clones, em diferentes ambientes e sob diferentes níveis de estresses, se comportarão frente a sua susceptibilidade a pragas e doenças (estresse biótico) ?

Desta forma, o programa TECHS se propõe a responder a tais questionamentos utilizando-se de uma uma rede de sítios e clones com manipulação do regime hídrico e espaçamento de plantio (Stape e Binkley 2010). Essa rede do TECHS terá uso silvicultural imediato em termos de avaliação da adaptabilidade climática e susceptibilidade aos estresses abióticos e bióticos de clones chaves por todo o Brasil.

Material e métodos

O desenho experimental do TECHS possibilitará aos melhoristas, biotecnólogos, entomologistas, fitopatologistas melhor elucidação dos mecanismos de tolerância aos estresses hídrico e térmico, e tolerância a pragas e doenças, sua expressão gênica e seu uso em programas de melhoramento. Permitirá também aos silvicultores compreender em mais detalhes a interação espaçamento de plantio x genética x local, e seus efeitos no fechamento da copa, sobrevivência e produtividade final, o que virá auxiliar tremendamente nas futuras tomadas de decisão. Além disso, o acompanhamento da dinâmica do IAF, por sítio e clone, possibilitará desenvolver ferramentas de monitoramento da qualidade e sanidade dos plantios. Finalmente, o projeto irá também fornecer um conjunto de informações necessárias para validar modelos ecofisiológicos que poderão extrapolar as informações dos sítios e clones pesquisados para outras situações do território nacional. O delineamento do TECHS busca "*compreender a variação da adaptabilidade e produtividade de um grupo de clones de Eucalyptus numa ampla variação edafo-climática e de densidade populacional, e dentro de cada sítio, suas respostas à deficiência hídrica*". O grupo dos 18 clones do TECHS foi definido por melhoristas florestais, e a manipulação do regime hídrico está sendo feita pela técnica da "redução de chuva", e a variação da densidade populacional através do uso do delineamento "sistemático" de plantio.

Delineamento do TECHS

O programa TECHS utiliza uma rede de 36 sítios experimentais (do norte do Pará até o Uruguai, Figura 1) e é composto por 18 clones com manipulação do regime hídrico e espaçamento de plantio.

Dada a grande amplitude climática do Brasil (Figura 2), os clones foram classificados em 4 grupos: a) Clones tropicais e de regiões mais Úmidas (Tipo U); b) Clones tropicais e de regiões mais Secas (Tipo S); c) Clones de regiões subtropicais mais Frias (Tipo F); e d) Clones intermediários e mais Plásticos (Tipo P). Cada sítio do TECHS foi classificado em Tropical ou Subtropical, baseado na classificação climática detalhada de Köppen (Alvares et al. 2013), e contém: i) Sítio tropical: 4 clones Tipo P, 4 clones Tipo U e 3clones Tipo S; ii) Sítio subtropical: 4 clones Tipo P e 7 clones Tipo F. Cada sítio compreende uma área experimental de 5 hectares.

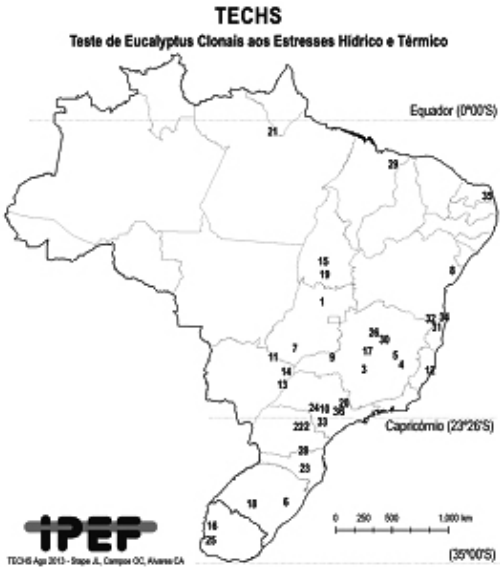


Figura 1. Localização dos 36 sítios experimentais do programa TECHS/IPEF.

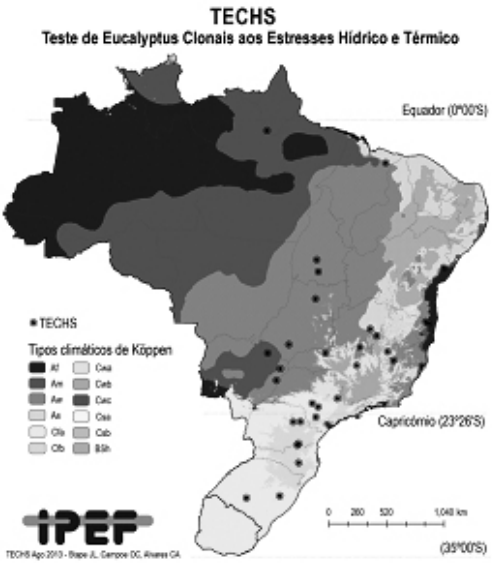


Figura 2. Zoneamento climático do Brasil e os sítios do TECHS.

Instalação e mensurações

O preparo de solo seguiu o padrão usual de cada empresa garantindo adequado efeito para crescimento radicular. A maioria das áreas do TECHS usou subsolagem. As fertilizações de cada empresa foi revista e todas seguem um padrão comum com: i) Correção do solo; ii) Adubação de Base; iii) Adubação de Cobertura e iv) Adubação de Manutenção. O estudo do TECHS também não prevê a competição por ervas daninhas de forma que a área é mantida sempre livre de matocompetição.

As medidas padrões incluem o crescimento em DAP, Altura e Índice de Área Foliar (IAF) (via medição com equipamento e sensoriamento remoto (Le Maire et al. 2011)) e biomassa aérea. Porém determinações mais específicas de discriminação do ^{13}C entre os materiais genéticos e intensidade do estresse hídrico para caracterizar tolerância ao déficit hídrico (controle estomático) serão feitas, bem como caracterização dos padrões de crescimento radicular dos materias mais tolerantes. Para 5 sítios, há acompanhamento semanal do crescimento de todos os clones com uso de dendrômetros afim de associá-los aos eventos climáticos.

Exclusão de chuva

Em cada sítio foram instalados 12 clones (11 do TECHS e 1 da própria empresa) e clones selecionados possuem 2 regimes hídricos, com 100% e 70% da chuva local. A parcela consiste de 8 Linhas x 15 Plantas sem exclusão de chuva, e outra de mesmo tamanho, com exclusão. O espaçamento de plantio é de 3 m x 3 m (Figura 3).

Figura 3. Sistema de exclusão de 30% da chuva instalado nos sítios experimentais do TECHS.

Ensaio de espaçamento

A variação da densidade populacional está sendo estudada por meio do uso do delineamento sistemático de plantio (Figura 4) em área contígua ao delineamento com exclusão de chuva. Os espaçamentos variam de 450 a 13.500 árvores por hectare, cobrindo toda a faixa plausível de espaçamento de plantios comerciais.

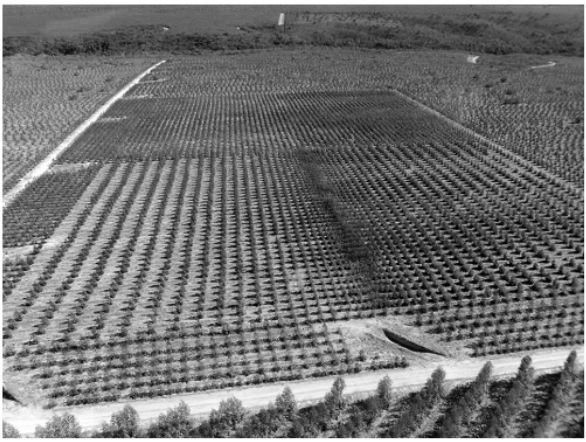


Figura 4. TECHS: ensaio clonal ao fundo, e ensaio de espaçamento sistemático, com 1 ano à frente. Sítio de Coração de Jesus, MG, com 7 meses de idade.

Balanço de Carbono

Em 4 sítios experimentais do TECHS, que foram selecionados com base na sua caracterização climática extremas, no Paraná, São Paulo, Minas Gerais e Maranhão, estão sendo estimados os balanços de carbono completos, que contempla medições mensais de emissão de CO_2 do solo, deposição de serapilheira, teores de carbono no solo, entre outros, permitirá compreender qual é a capacidade dos clones em controlar e alterar o investimento na produção de raízes, dossel e madeira em resposta ao clima e em função da disponibilidade de recursos (Campoe et al. 2012). O estudo, que será conduzido dos 2 aos 4 anos, momento em que acontece o pico de produtividade dos plantios, permitirá conhecer os fatores genéticos e ambientais que controlam a captura, a produtividade primária bruta, e a alocação de carbono para parte aérea e radicular dos diferentes clones de *Eucalyptus* estudados.

Figura 5. Mensuração do fluxo de CO_2 para o balanço de carbono em 4 sítios do TECHS.

Dados Climáticos

Dados climáticos são de extrema importância para a análise e interpretação dos resultados de produtividade dos sítios experimentais. Dessa forma, desde a instalação do primeiro ensaio em dezembro de 2011, o TECHS vem armazenando e processando dados climáticos em escala horária de estações meteorológicas governamentais próximas aos sítios experimentais, via colaboração com o INMET.

Resultados parciais

Os 18 clones selecionados para o TECHS foram analisados do ponto de vista genético quanto ao parentesco através do uso de 33 microsatélites, e grau de heterozigosidade utilizando 60.000 SNPs. Os resultados evidenciaram que: i) Os clones são distintos; ii) Os clones são extremamente diversos do ponto de vista de espécies/híbridos; e iii) Houve total coerência de maior heterozigosidade nos materias híbridos, comparativamente com as espécies puras (Figura 6). Assim, a escolha dos clones pelos melhoristas efetivamente atingiu o objetivo de diversidade para busca de respostas fisiológicas contrastantes.

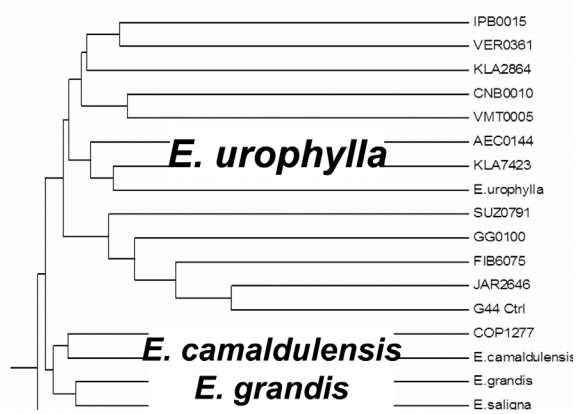


Figura 6. Dendrograma dos clones do TECHS e espécies puras de referência, evidenciando a ocorrência de parentais de 5 ou mais espécies.

Os 36 sítios experimentais do TECHS foram efetivamente implantados em locais com climas distintos (Figura 7 e 8) e condições edáficas distintas (Figura 9).

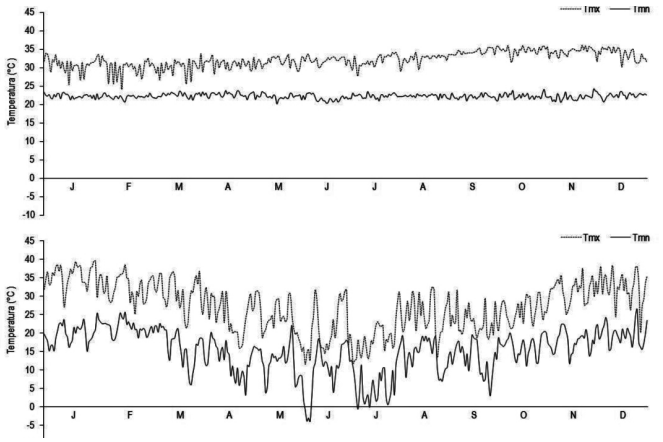


Figura 7. Temperaturas máximas e mínimas diárias dos sítios do Pará (superior) e do Rio Grande do Sul (inferior) no ano de 2012, evidenciando ampla diferenciação térmica.

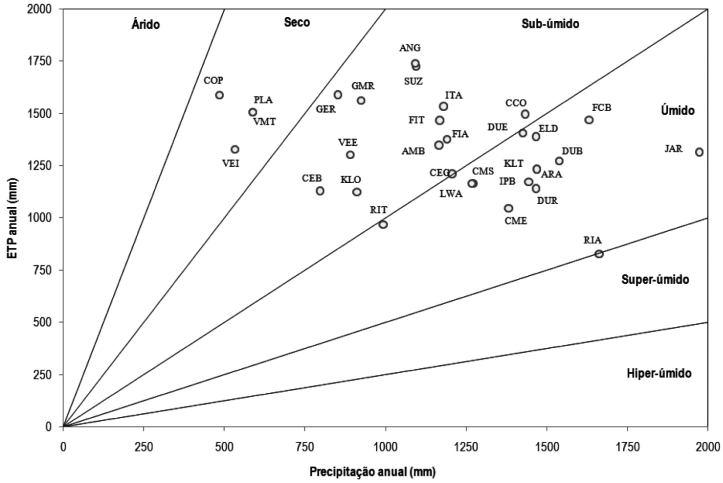


Figura 8. Climograma dos sítios do TECHS para o ano de 2012 identificando sítios de climas quase áridos a climas super-úmidos.

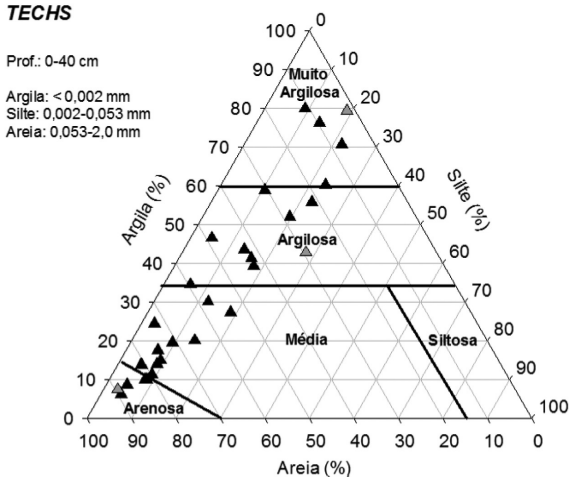


Figura 9. Triângulo textural de todos os sítios do TECHS mostrando a ocorrência desde solos arenosos (95% de areia) a muito-argilosos (80% argila).

Todos os ensaios apresentam alta taxa de sobrevivência (média de 96%, Figura 10). Tal fato mostra a alta qualidade de implantação e

manejo utilizado pelas empresas. Os sítios foram implantados ao longo de 2012, tendo todos ótimo desenvolvimento inicial (Figura 10).

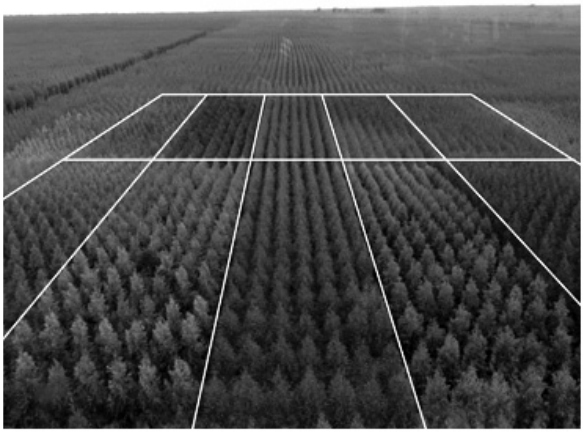


Figura 10. Vista aérea do TECHS da Figura 4 com 2 anos já evidenciando distinção de copa e crescimento entre os clones.

Com dados iniciais dos primeiros inventários já foi possível identificar que há genótipos mais adaptados a diferentes tipos climáticos, além de efeitos significativos da interação genótipo-ambiente (Figura 13) em alguns clones estudados, tanto em IAF (Figura 11), como crescimento (Figura 12).

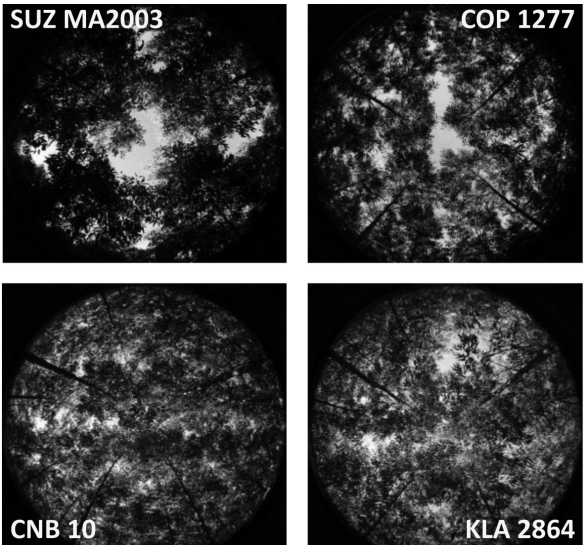


Figura 11. Índice de área foliar de 4 clones do TECHS com 18 meses em Telêmaco Borba, PR.

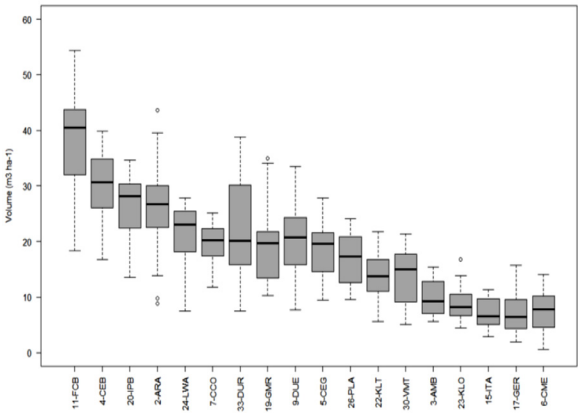


Figura 12. Volume aos 15 meses por sítio, para todos os clones do TECHS. Note-se o efeito diferencial por local e dentro do local (clones).

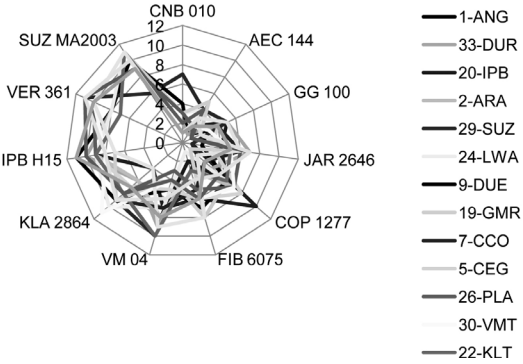


Figura 13. Visualização da interação genótipo x ambiente para os clones tropicais do TECHS numa idade precoce (15 meses). Os círculos representam a classificação do clone (ranking) no ensaio, sendo o 1º próximo ao centro.

Conclusões parciais

A plataforma TECHS, com 36 sítios experimentais de 0º a 36ºS, de 800 a 2.000 mm/ano de chuva, e temperaturas anuais de 17ºC a 34ºC, e com os 18 principais clones de *Eucalyptus* do Brasil, irá possibilidar investigar e compreender as interação genótipo x ambiente, do ponto de vista abiótico e biótico, com alto nível de detalhe. Os resultados, mesmo aos 2 anos, já mostram que há aplicações silviculturais de curto prazo (espaçamento e seleção de clones), e de melhoramento (fisiologia de

clones), a longo prazo, para manejar o déficit hídrico nas florestas, e preservar, ou mesmo ganhar, produtividade.

Agradecimentos

A rede TECHS foi instalada e é conduzida pelas equipes técnico-cientificas das seguintes empresas: AngloAmerican, Arauco, ArborGen, ArcelorMittal, Cenibra, CMPC, Comigo, Copener, Duratex, Eldorado, FCB, Fibria, Florestal Itaquari, Forestal Oriental, Gerdau, GMR, International Paper, Jari, Klabin, Lwarcel, Montes del Plata, Plantar, Rigesa, Suzano, Vallourec e Veracel. Há trabahos de pesquisas finaciados pela CAPES e CNPq.

Referências

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift. 2013.

CAMPOE, O. C.; STAPE, J. L.; LACLAU, J.-P. ; MARSDEN, C.; NOUVELLON, Y. Stand-level patterns of carbon fluxes and partitioning in a Eucalyptus grandis plantation across a gradient of productivity, in Sao Paulo State, Brazil. **Tree Physiology**, Oxford, v. 32, p. 696-706, 2012.

FERREIRA, J. M.; STAPE, J. L. Productivity gains by fertilization in Eucalyptus urophylla clonal plantations across gradients in site and stand conditions. **Southern Forests**, v. 71, p. 253-258, 2009.

GRATTAPAGLIA, D.; PLOMION, C.; KIRST, M.; SEDEROFF, R. Genomics of growth traits in forest trees. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 12, p. 148-156, 2009.

HUBBARD, R. M.; STAPE, J. L.; RYAN, M. G.; ALMEIDA, A. C.; ROJAS, J. Effects of irrigation on water use and water use efficiency in two fast growing Eucalyptus plantations. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 259, p. 1714-1721, 2010.

LACLAU, J. P.; SILVA, E. A.; RODRIGUES LAMBAIS, G.; BERNOUX, M.; LE MAIRE, G.; STAPE, J. L.; BOUILLET, J. P.; GONÇALVES, J. L.; JOURDAN, C.; NOUVELLON, Y. Dynamics of soil exploration by fine roots down to a depth of 10 m throught the entire rotation in Eucalyptus grandis plantation. **Frontiers in Plant Science**, v. 4, n. 243, Jul. 2013.

MARSDEN, C.; NOUVELLON, Y.; LACLAU, J.-P.; CORBEELS, M.; MCMURTRIE, R. E.; STAPE, J. L.; EPRON, D.; LE MAIRE, G. Modifying the G'DAY process-based model to simulate the spatial variability of Eucalyptus plantation growth on deep tropical soils. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 301, p. 112–128, 2013.

LE MAIRE, G.; MARSDEN, C.; NOUVELLON, Y.; GRINAND, C.; HAKAMADA, R.; STAPE, J. L.; LACLAU, J. P. MODIS NDVI time-series allow the monitoring of Eucalyptus plantation biomass. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 115, p. 2613-2625, 2011.

RYAN, M. G.; STAPE, J. L.; BINKLEY, D.; FONSECA, S.; LOOS, R. A.; TAKAHASHI, E. N.; SILVA, C. R.; SILVA, S. R.; HAKAMADA, R. E.; FERREIRA, J. M.; LIMA, A. M. N.; GAVA, J. L.; LEITE, F. P.; ANDRADE, H. B.; ALVES, J. M.; SILVA, G. G. C. Factors controlling Eucalyptus productivity: How water availability and stand structure alter production and carbon allocation. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 259, n. 9, p. 1695-1703, 2010.

STAPE, J. L.; BINKLEY, D.; RYAN, M. G.; FONSECA, S.; LOOS, R. A.; TAKAHASHI, E. N.; SILVA, C. R.; SILVA, S. R.; HAKAMADA, R. E.; FERREIRA, J. M. de A.; LIMA, A. M. N.; GAVA, J. L.; LEITE, F. P.; ANDRADE, H. B.; ALVES, J. M.; SILVA, G. G. C.; AZEVEDO, M. R. The Brazil Eucalyptus potential productivity project: influence of water, nutrients and stand uniformity on wood production. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, n. 259, n. 9, p. 1684-1694, 2010.

STAPE, J. L.; BINKLEY, D. Insights from full-rotation Nelder spacing trials with Eucalyptus in São Paulo, Brazil. **Southern Forests**, v. 72, p. 91-98, 2010.

Status atual da genômica aplicada ao melhoramento florestal e o novo paradigma da seleção genômica ampla

Dario Grattapaglia[1]

Introdução

O melhoramento genético florestal tornou-se um elemento chave das operações de base florestal intensiva em todo o mundo, fornecendo clones e sementes geneticamente superiores que aumentam consideravelmente o valor econômico das florestas plantadas. O melhoramento florestal avançado envolve um grande número de atividades em torno do conceito básico de seleção recorrente visando aumentar a freqüência de genes favoráveis na população para diversos caracteres simultaneamente. Ciclos recorrentes de seleção, acasalamento e testes genéticos são utilizados para desenvolver material geneticamente superior de uma forma economicamente eficiente, maximizando o ganho genético por unidade de tempo com o menor custo possível (GRATTAPAGLIA, 2014).

Este artigo tem por objetivo apresentar uma breve discussão das principais aplicações operacionais da análise genômica com marcadores moleculares no melhoramento e produção florestal. Um primeiro conjunto de aplicações se baseia na análise de variação no DNA visando identificação individual, quantificação de diversidade e distância genética entre indivíduos, estudos de parentesco e ancestralidade de progênies ou clones elite. Estas aplicações já são rotina em diversos programas de melhoramento e propagação em empresas florestais no Brasil, com um impacto direto e quantificável na otimização dos vários processos que dependem de uma correta certificação de identidade de clones e parentesco de progênies, bem como de um gerenciamento e enriquecimento dinâmico da variabilidade genética nas populações de

1 Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia EPqB Final W5 Norte - 70770- 917, Brasília, D.F. e Programa de Pós Graduação em Ciências Genômicas e Biotecnologia, Universidade Católica de Brasília SGAN 916 Módulo B , Brasília – D.F.

melhoramento. Uma segunda aplicação da análise genômica se baseia na perspectiva de acelerar os ciclos de melhoramento via seleção precoce assistida por marcadores moleculares, um novo paradigma tecnológico no melhoramento florestal, denominado Seleção Genômica Ampla (SGA). Além de reduzir consideravelmente a duração de um ciclo de melhoramento, a SGA representa um meio de aumentar a intensidade de seleção, reduzir ou eliminar o esforço de testes de progênie e testes clonais e melhorar a precisão de seleção para características de baixa herdabilidade, tais como o crescimento volumétrico e características de expressão tardia como as propriedades da madeira e tolerância a estresses ambientais e bióticos. Revisões detalhadas sobre aplicações da genômica e utilização de marcadores moleculares em espécies florestais, abordando diferentes temas e perspectivas vem sendo publicadas nos últimos anos e constituem importantes fontes complementares de referência (GRATTAPAGLIA, 2014; GRATTAPAGLIA et al., 2012; HARFOUCHE et al., 2012; NEALE e KREMER, 2011)

Marcadores moleculares utilizados em espécies florestais

Marcadores moleculares vem sendo utilizados em espécies florestais desde os anos 80, quando isoenzimas permitiram realizar os primeiros estudos de sistemas de cruzamento em pomares de sementes e produzir as primeiras versões de mapas genéticos de coníferas. Desde então, a análise genética de espécies florestais progrediu essencialmente em função do desenvolvimento de novas técnicas moleculares começando com marcadores RFLP no final dos anos 80, seguidos de marcadores RAPD e AFLP, microssatélites a partir dos anos 90 e, a partir da década passada, marcadores baseados em polimorfismos de base individual (SNP Single Nucleotide Polymorphisms). Embora marcadores RAPD a princípio possam fornecer poder de discriminação para a identificação de clones, o seu modo de herança dominante e a reprodutibilidade variável intra e principalmente inter laboratorial, faz com que estes marcadores não sejam tecnicamente adequados para investigações de identidade clonal e relacionamento genético entre indivíduos. Atualmente somente dois tipos de marcadores são efetivamente utilizados na prática do melhoramento genético florestal em função de suas propriedades de

robustez analítica, reprodutibilidade e conteúdo informativo. Estes são brevemente discutidos a seguir.

Marcadores microssatélites

Marcadores microssatélites também identificados pela sigla SSR (Seqüências Simples Repetitivas) são marcadores amplamente utilizados para a análise genética em seres vivos em geral em função do seu elevado conteúdo informativo e transferibilidade entre espécies próximas. No caso de espécies florestais geneticamente heterogêneas, os marcadores microssatélites são hoje os marcadores mais utilizados e indicados para a maioria das aplicações que envolvem identificação individual e estudos de parentesco. Vários são os atributos que fazem dos microssatélites uma classe de marcador molecular informativa e de fácil utilização para análise genética: (a) herança co-dominante, ou seja é possível visualizar na eletroforese ambos os alelos de um indivíduo cujo genótipo é heterozigótico, salvo casos de alelos nulos resultantes da não amplificação do alelo devido a variações de sequência nos sítios de anelamento dos iniciadores. (b) multialelismo, apresentando uma dezena ou mais de alelos detectáveis em uma população o que lhe confere uma elevada capacidade de discriminar indivíduos geneticamente distintos mesmo em situações de forte parentesco, ou, alternativamente declarar que dois indivíduos são geneticamente indistinguíveis com elevada probabilidade; (c) abundância e distribuição uniforme no genoma, o que permite a amostragem organizada de todo o genoma em estudos de variabilidade, distância genética e estimativa de homozigose em gerações de autofecundação.

Além dos atributos moleculares, a análise de microssatélites é econômica quando comparada a diversas outras metodologias de detecção de variabilidade de sequência no DNA. A análise demanda uma pequena quantidade de DNA e pode ser semi-automatizada, o que permite a geração de dados genéticos em um espaço de tempo relativamente curto. Finalmente, os marcadores microssatélites são transferíveis entre espécies próximas o que permite realizar, por exemplo, análises comparativas de diversidade mesmo entre espécies de *Eucalyptus* mais distantes, bem como em populações híbridas e cruzamentos interespecíficos (FARIA et

al., 2010). Conjuntos de microssatélites otimizados para análises são hoje disponíveis para as principais espécies florestais plantadas dos gêneros *Eucalyptus, Pinus*, *Populus* e *Picea*. Microssatélites também são disponíveis, embora demandando ainda otimização para análise de rotina, para outros gêneros tais como Tectona, Mogno Africano (*Khaya* sp.) e Cedro Australiano (*Toona* sp.) e diversas espécies florestais nativas do Brasil.

Marcadores de polimorfismo de base individual (SNPs Single Nucleotide Polymorphism)

Embora microssatélites ofereçam uma série de vantagens analíticas do ponto de vista de conteúdo informativo e transferibilidade, e atendam com eficiência a demandas de análise de identidade genética e estudos de parentesco, o número de marcadores e a velocidade com a qual podem ser genotipados são limitados para aplicações que demandem genotipagem em escala genômica como por exemplo na Seleção Genômica Ampla. Em outras palavras, aplicações nas quais milhares de marcadores precisam ser analisados em milhares de amostras a custos muito reduzidos por genótipo, e com elevada qualidade e reprodutibilidade. Tecnologias de genotipagem de SNPs (Single Nucleotide Polymorphism - Polimorfismos de bases individuais), permitem hoje a análise de milhares de polimorfismos de sequência de forma rápida e a custos competitivos (GANAL, ALTMANN e RODER, 2009) single nucleotide polymorphism (SNP. A genotipagem de SNP é realizada em microarranjos ou *chips* de DNA nos quais milhares de SNPs são interrogados em paralelo utilizando diferentes variações de amplificação via a reação de polimerase em cadeia (PCR) e extensão de oligonucleotídeos seguidos de detecção fluorescente em scanners de alta resolução. O melhor exemplo desta tecnologia é a plataforma Infinium (Illumina Inc.) que constitui hoje o padrão ouro de genotipagem por sua incomparável robustez analítica, reprodutibilidade, velocidade de geração de dados e custo competitivo. É a tecnologia mais amplamente utilizada no mundo para genotipagem em larga escala em estudos genéticos de seres humanos, em programas de seleção genômica de animais domésticos e grandes culturas agrícolas, e na pesquisa fundamental com animais experimentais.

Nos últimos cinco anos os custos das tecnologias de genotipagem de SNPs em microarranjos tem se tornado cada vez mais accessíveis, fazendo com que chips de genotipagem fossem desenvolvidos em algumas espécies de plantas, notadamente as principais culturas agrícolas. Especificamente para espécies florestais mais plantadas e objeto de programas intensivos de melhoramento como aquelas do gênero *Eucalyptus*, *Pinus*, Populus e *Picea*, chips de genotipagem de SNPs já são disponíveis. Entre elas destacam-se as espécies de *Eucalyptus* que contam hoje com o mais amplo e potente chip de genotipagem para uma espécie florestal desenvolvido até hoje. Este chip, denominado "*EucHIP60K.br"*, foi inteiramente desenvolvido no Brasil pelo nosso grupo da Embrapa em um projeto que envolveu financiamento público (EMBRAPA, CNPq e FAP-DF) e a participação das empresas Cenibra, Fibria, Duratex, International Paper, Amcel, Veracel, Klabin e Eldorado em um formato de *"crowdfunding"* (financiamento coletivo) por meio do qual cada empresa genotipou uma ou mais populações elite de melhoramento iniciando assim seu programa de melhoramento via Seleção Genômica Ampla em 2013. O chip fornece a genotipagem de mais de 60 mil marcadores SNP e foi desenvolvido com base no resequenciamento do genoma completo de 240 árvores geneticamente não relacionadas de 12 espécies de *Eucalyptus* e um trabalho detalhado de bioinformática para a seleção de SNPs informativos nas 12 principais espécies plantadas no Brasil e no mundo (GRATTAPAGLIA et al. 2011; SILVA-JUNIOR et al. 2013)a refined diagnosis of the target SNP sequence context is needed to convert queried SNPs into high-quality genotypes using the Golden Gate Genotyping Technology (GGGT. Vale destacar que o custo inicial de desenvolvimento de um chip de genotipagem como este ainda é relativamente alto, se tornando accessível somente a medida que exista a perspectiva de analisar rotineiramente milhares de amostras. Em vista disso, esta tecnologia ainda não é disponível para espécies de menor vulto florestal, embora a evolução tecnológica nesta área possa mudar este cenário rapidamente.

Aplicações operacionais de marcadores moleculares

Marcadores moleculares podem ser usados imediatamente e de forma eficiente para resolver várias questões relacionadas ao gerenciamento

da variabilidade genética e identificação individual em populações de melhoramento e produção. Estas aplicações podem ser extremamente úteis para qualquer programa de melhoramento, independentemente do seu estágio de desenvolvimento e de forma geral para qualquer espécie florestal. Marcadores de DNA são muito eficientes para a resolução de questões de identidade clonal e determinação de parentesco. Marcadores microssatélites são os mais utilizados hoje no Brasil e no mundo para estas finalidades pela sua robustez analítica, elevado poder informativo, custo competitivo e facilidade de acesso. Na medida que os custos de marcadores SNP se tornem reduzido para análises em pequena escala, é possível que estes venham a substituir os microssatélites nos próximos anos. Algumas das principais aplicações operacionais de marcadores moleculares em programas de melhoramento são brevemente descritas a seguir.

Identificação de clones elite

A identificação correta de clones, sejam eles usados em plantios operacionais ou como genitores em pomares de sementes, é, atualmente, a aplicação mais comum de marcadores moleculares no melhoramento e produção florestal. A identificação correta de clones de eucalipto tem implicações importantes em diversos procedimentos de melhoramento genético, gerenciamento e controle de qualidade de pomares de sementes e plantios operacionais, intercâmbio e licenciamento de clones e execução de contratos de terceirização de produção de mudas. Marcadores são rotineiramente utilizados por diversas empresas no Brasil e em outros países como parte integrante dos seus programas de controle de qualidade de processos de propagação. A certificação genética do material propagado é um aspecto crucial das grandes operações de plantios clonais, principalmente em sistemas verticalmente integrados de produção nos quais é feito um planejamento detalhado de utilização de matéria prima por parte das fábricas com base na disponibilização de determinados clones com determinadas propriedades químicas e físicas da madeira. Dada a escala destas operações que, frequentemente tem por desafio alimentar os programas anuais de plantio com milhões de mudas de diferentes clones, erros de identificação podem afetar

seriamente a produtividade prevista. A identidade clonal correta também tem implicações importantes em programas de produção de sementes via polinização aberta em pomares, via polinizações controladas ou via polinização suplementar massal, procedimento este utilizado em coníferas para a produção de sementes melhoradas para uso comercial. Erros podem vir a impactar negativamente nos ganhos esperados no programa de melhoramento ou na produtividade da floresta.

Atualmente no Brasil conjuntos de 8 a 20 marcadores microssatélites são utilizados em rotina para fins de identificação clonal de espécies de *Eucalyptus* e *Pinus*, principalmente, e de Teca e Mogno Africano de forma crescente, fornecendo uma capacidade de discriminação que permite declarar com 100% de certeza que duas amostras são diferentes mesmo sendo elas derivadas de indivíduos aparentados. Microssatélites permitem também declarar com probabilidade maior do que 99,999% que duas amostras são derivadas do mesmo clone (FARIA et al., 2011; KIRST et al., 2005)including expected heterozygosity, polymorphism information content (PIC. A identidade de duas amostras geneticamente indistinguíveis é declarada com base em uma verossimilhança onde a probabilidade de se observar aqueles dados genéticos, condicional à hipótese das duas amostras serem oriundas do mesmo clone, é comparada à hipótese alternativa , i.e. de que as duas amostras são oriundas de clones diferentes. Além disso, a repetibilidade e precisão da declaração dos genótipos permite a comparação de resultados entre análises realizadas em diferentes momentos. Este tipo de serviço oferecido por laboratórios especializados vem sendo utilizado de forma crescente por grandes empresas bem como viveiros florestais de menor porte. A utilização da certificação de identidade pela análise de DNA vem se tornando assim um requisito básico em contratos de fornecimento de mudas florestais o que tem resultado em um avanço importante na garantia de qualidade dos estoques de propagação e, consequentemente, na qualidade e produtividade das florestas plantadas no Brasil.

Proteção varietal de clones elite

Já é consenso na comunidade técnico-científica do melhoramento florestal que um dos principais componentes do sucesso de um

empreendimento de base florestal é o material genético plantado operacionalmente. Material genético na forma de clones elite representa hoje um ativo essencial para a manutenção e crescimento da competitividade de uma industria de base florestal. Parece evidente, portanto, que a proteção legal contra a potencial utilização e/ou comercialização indevida por terceiros é um aspecto preventivo importante que não pode ser ignorado por um setor que fez e continuará a fazer ganhos extraordinários com base na genética e melhoramento.

No Brasil, a lei de proteção de cultivares N.º 9.456, sancionada em 1997, representou um importante avanço no sentido de proteger e estimular o contínuo desenvolvimento de materiais genéticos superiores de culturas agrícolas, frutíferas e florestais. A proteção de clones superiores de eucalipto envolve hoje a utilização de um conjunto selecionado e validado de 36 marcadores morfológicos principalmente em folhas, flores e casca. Estes descritores foram selecionados por atender aos requisitos básicos de estabilidade e pouca influência ambiental. Entretanto, além das dificuldades de caracterização morfológica às vezes encontradas em função da mudança de fase fisiológica entre o estado juvenil e adulto, clones elite de eucalipto muitas vezes apresentam co-ancestralidade. É comum, por exemplo, que clones elite sejam selecionados dentro de uma mesma família de irmãos completos ou meio-irmãos. A baixa variabilidade observada para características morfológicas e a influência ambiental muitas vezes considerável nestas características dificulta por vezes uma clara distinção entre indivíduos.

Marcadores moleculares oferecem uma excelente ferramenta complementar ao processo de proteção varietal. Marcadores no DNA são extremamente potentes para a resolução de questões de identidade e discriminação e por isso atendem com perfeição os requerimentos do teste de DHE (Distinguibilidade, Homogeneidade e Estabilidade). O teste DHE é o procedimento técnico de comprovação de que a nova cultivar ou a cultivar essencialmente derivada são distinguíveis de outra cujos descritores sejam conhecidos, homogêneas quanto às suas características em cada ciclo reprodutivo e estáveis quanto à repetição das mesmas características ao longo de gerações sucessivas. Apesar das vantagens indiscutíveis da utilização de marcadores de DNA para complementar os marcadores morfológicos na descrição de variedades de plantas, a UPOV

(International Union for the Protection of New Varieties of Plants) ainda não possui diretrizes claras sobre a utilização de marcadores moleculares para fins de proteção. A utilização de marcadores ainda é feita de forma limitada na maioria de espécies de plantas cultivadas, mesmo aquelas responsáveis pelas principais commodities mundiais.

No caso de espécies de *Eucalyptus*, entretanto, por ocasião da publicação das instruções para a execução dos ensaios de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade (DHE) de cultivares de eucalipto em 2002, pelo SNPC (Serviço Nacional de Proteção de Cultivares) do Ministério da Agricultura e Pecuária, um passo inovador foi dado em nível internacional pela inclusão de marcadores moleculares como descritores facultativos. Isto representou um avanço importante no panorama mundial da proteção varietal de espécies florestais perenes. Interessante observar que, apesar de serem apenas facultativos, perfis genéticos de 10 a 15 marcadores moleculares tem sido rotineiramente incluídos nos pedidos de registro e proteção de cultivares de eucalipto no Brasil. Isto se deve por um lado à percepção que os melhoristas tem do valor de um clone elite para o negócio florestal e por outro pela posição avançada que o Brasil ocupa internacionalmente na pesquisa, desenvolvimento e efetiva aplicação da genômica no melhoramento do eucalipto.

Caracterização genética de populações de melhoramento

Espécies florestais, em geral, se caracterizam pelo estágio relativamente precoce dos seus programas de melhoramento em comparação à grande maioria das culturas agrícolas. Existe ainda uma ampla flexibilidade a respeito de quais materiais genéticos incluir nas populações de melhoramento que, regra geral, são constituídas por dezenas ou centenas de árvores geneticamente não relacionadas, selecionadas diretamente de populações naturais ou testes de procedência/progênie. Marcadores moleculares podem ser muito úteis nestas etapas iniciais dos programas para estimar a distância genética entre indivíduos, bem como caracterizar e quantificar os níveis e organização da variabilidade genética dentro e entre subpopulações, grupos de reprodução ou progênies. Estes dados podem ser utilizados para a montagem inicial da estrutura de populações de melhoramento, para melhorar a estrutura existente

pela infusão de material novo, bem como na tomada de decisões sobre a seleção, enriquecimento ou eliminação de indivíduos ao longo do programa.

A seleção direcional praticada ao longo dos ciclos de melhoramento, aliada a um potencial incremento da endogamia devido a cruzamentos aparentados crípticos e o próprio processo de amostragem em populações pequenas (deriva genética) pode levar a uma redução indesejável da variabilidade genética em populações de melhoramento. A restrição da contribuição genética de uma mesma família para a população selecionada, i.e. número de indivíduos selecionados por família, mitiga a redução de variabilidade, mas por outro lado tende a reduzir o ganho genético potencial. A restrição do número de famílias pode aumentar o ganho mas reduz a variabilidade genética. Em sistemas de pedigree incompleto, freqüentemente usados na forma de famílias de meios-irmãos para avançar gerações de melhoramento de espécies florestais, um sistema de monitoramento genético baseado em marcadores moleculares para acompanhar os níveis de variabilidade genética ao longo dos diferentes ciclos de um programa de melhoramento é particularmente útil, uma vez que permite uma flexibilidade muito maior durante o processo de seleção e auxilia no controle da taxa de incremento da endogamia. É importante lembrar, entretanto, que a informação fornecida pela análise de um conjunto de marcadores moleculares, independentemente do tipo utilizado, se restringe à caracterização dos aspectos de compartilhamento alélico, ancestralidade, heterozigosidade observada e divergência ou distância genômica entre indivíduos. Não existe, a princípio, nenhuma correlação entre a informação fornecida e o potencial desempenho dos indivíduos ou seus descendentes para características de importância silvicultural ou econômica. O estabelecimento de associações entre marcadores moleculares e desempenho fenotípico é tema tratado a seguir na seção sobre Seleção Genômica Ampla.

Certificação de parentesco e reconstrução de pedigrees

A condução das populações de melhoramento via polinização aberta e controle exclusivo do progenitor materno com testes de progênies de meios-irmãos é prática comum em muitos programas

de melhoramento genético de espécies florestais baseados em seleção recorrente simples. É uma opção de baixo custo que permite boa estimativa do valor de melhoramento dos genitores maternos. Entretanto, a maior parte da variabilidade genética é encontrada dentro das famílias e a intensidade de seleção dentro de famílias normalmente é limitada pelo número de indivíduos plantados em um teste de progênie. O conhecimento de taxas de fecundação cruzada versus autofecundação é essencial para a manutenção de níveis adequados de variabilidade genética nas populações para ganhos contínuos bem como para fundamentar corretamente as estimativas de parâmetros genéticos em testes de progênie de polinização aberta. Marcadores isoenzimáticos foram tradicionalmente utilizados para isso com eficiência embora nos últimos anos marcadores microssatélites tenham sido usados cada vez mais por permitirem análises mais refinadas dos padrões de cruzamento além da simples quantificação média da proporção de fecundação cruzada versus autofecundação.

A capacidade de determinar com precisão a paternidade e/ou maternidade de árvores utilizando marcadores moleculares foi proposta como uma tática de melhoramento de curto prazo em *Eucalyptus* visando melhorar o desempenho médio dos plantios derivados de um pomar de sementes (GRATTAPAGLIA, RIBEIRO e REZENDE, 2004)we successfully applied an alternative parent selection tactic based on paternity testing of superior offspring derived from a hybrid seed orchard established with a single Eucalyptus grandis seed parents and six E. urophylla pollen parents. A battery of 14 microsatellite markers was used to carry out parentage tests of 256 progeny individuals including two independent samples of selected trees and one control unselected sample, all derived from 6-year-old forest stands in eastern Brazil. Paternity determination was carried out for all progeny individuals by a sequential paternity exclusion procedure. Exclusion was declared only when the obligatory paternal allele in the progeny tree was not present in the alleged parent tree for at least four independent markers to avoid false exclusions due to mutation or null alleles. After maternity checks to identify seed mixtures and selfed individuals, the paternity tests revealed that approximately 29% of the offspring was sired by pollen parents outside the orchard. No selfed progeny were found in the selected

samples. Three pollen parents were found to have sired essentially all of the offspring in the samples of selected and non-selected progeny individuals. One of these three parents sired significantly more selected progeny than unselected ones (P< or =0.0002 in a Fisher exact test. A maneira convencional de produzir ganhos a partir de pomares de sementes mais antigos envolve o estabelecimento de testes de progênie envolvendo cada árvore do pomar e avaliar a sua contribuição para o desempenho da descendência pela estimativa da sua capacidade geral de combinação em famílias de polinização aberta ou polimix e capacidade específica no caso de se utilizar cruzamentos controlados. Em um trabalho pioneiro há mais de 10 anos em colaboração com a Aracruz na época, aplicamos com sucesso a seleção retrospectiva de genitores baseada na realização de testes de paternidade de descendentes superiores oriundos de polinização aberta. Depois de eliminar indivíduos derivados de mistura de sementes, de autofecundação e descendentes derivados de cruzamentos com pólen estranho ao pomar, foi identificada uma árvore em particular que gerou um número significativamente maior de descendentes superiores em crescimento volumétrico. Com base neste resultado, árvores com baixo sucesso reprodutivo foram eliminados do pomar e procedimentos de manejo do pomar foram adotados para minimizar a contaminação por pólen externo, que chegava a 29%. Um aspecto importante deste trabalho foi o fato que uma diferença significativa no incremento médio anual foi observada entre plantios florestais estabelecidos com sementes colhidas no pomar antes e depois do desbaste de genitores e revitalização do pomar. Esta seleção retrospectiva baseada em testes de paternidade gerou assim um ganho realizado médio de 24,3% em crescimento volumétrico aos 4 anos de idade.

Com a evolução no número de marcadores moleculares, uma ampliação desta abordagem de determinação retrospectiva de paternidade vem hoje sendo utilizada cada vez mais na área florestal, com o objetivo de reconstruir pedigrees com precisão. Neste tipo de análise, são em geral utilizados cerca de 10 a 20 marcadores microssatélites e com base no compartilhamento de alelos entre os indivíduos é estimada uma matriz de coeficientes de parentesco utilizando diferentes estimadores. Esta matriz contendo estimativas de coeficientes de parentesco molecular entre todos os indivíduos da população, dois a dois, é utilizada com vantagem,

no lugar da matriz de parentesco esperado pelos dados de pedigree, para aumentar a precisão das estimativas de parâmetros genéticos tais como variâncias, covariâncias, correlações e herdabilidades. Além disso, esta abordagem permite determinar as relações de parentesco entre indivíduos para os quais nada se sabe, ou seja, efetivamente reconstruir os pedigrees do zero em uma abordagem denominada de "breeding without breeding" (melhoramento sem cruzamentos, em uma tradução livre) (EL-KASSABY et al., 2011)by allowing parentage delineation of naturally produced offspring. Here, we report on the efficacy of a breeding concept called \"Breeding without Breeding\" (BwB. Embora a análise com algumas dezenas de marcadores microssatélites vem sendo usada para esta aplicação, a possibilidade recente de genotipar milhares de SNPs em todo o genoma fornece um poder significativamente superior para isso. SNPs permitem capturar com muito maior resolução o efeito da segregação mendeliana de pequenos segmentos do genoma dentro de famílias resultando em estimativas mais precisas da matriz de parentesco genômico entre indivíduos.

Seleção Genômica Ampla (SGA)

Programas de melhoramento florestal enfrentam um desafio comum: a longa duração de um ciclo de melhoramento, que pode levar vários anos ou mesmo décadas. O intervalo de tempo prolongado entre o investimento em melhoramento e a efetiva utilização do material selecionado na floresta e na fábrica, torna este empreendimento suscetível a mudanças nas demandas de mercado, objetivos de negócios e políticas de gestão. Em vista disso, um esforço significativo tem sido dedicado pelos geneticistas e melhoristas florestais em entender as correlações juvenis-adulto para características tais como o crescimento volumétrico, propriedades da madeira e resistência a doenças. Foi na perspectiva de acelerar a prática do melhoramento via seleção precoce que as tecnologias de marcadores moleculares despertaram a atenção dos geneticistas florestais desde o início (GRATTAPAGLIA, 2014). Além de encurtar os ciclos de melhoramento, a possibilidade de praticar seleção precoce assistida por marcadores foi percebida como um meio de aumentar a intensidade de seleção, reduzir o esforço de testes de

campo e melhorar a precisão de seleção para características de baixa herdabilidade e expressão tardia como as propriedades da madeira e tolerância a estresses ambientais e bióticos (GRATTAPAGLIA et al., 1992; WILLIAMS e NEALE, 1992). As perspectivas de utilizar a seleção assistida por marcadores foi assim uma das principais justificativas para a proposição e execução de projetos genoma de espécies florestais envolvendo experimentos de mapeamento de QTLs (locos controladores de características quantitativas). No entanto, apesar dos inúmeros avanços da genômica florestal nos últimos 20 anos, a determinação de QTLs efetivamente úteis na prática operacional do melhoramento tem se revelado muito mais elusiva do que inicialmente previsto e as razões para isso foram discutidas (GRATTAPAGLIA e RESENDE, 2011)and the extent of linkage disequilibrium (LD.

Esta incapacidade de determinar com confiança o número e os efeitos relativos dos vários QTLs que controlam características complexas, causou uma mudança de paradigma na abordagem e perspectivas de utilização da genômica na prática operacional do melhoramento de plantas e animais. Ao invés de tentar descobrir QTLs ou genes individuais e determinar seus efeitos, caminho este que se mostrou improdutivo, passamos agora a lidar com todo o conjunto de genes simultaneamente na medida que as tecnologias de genotipagem evoluiram hoje ao ponto de permitir isso. Esta é a base filosófica da Seleção Genômica Ampla (Genome-Wide Selection - GWS) por meio da qual o valor genômico de um indivíduo (GEBV Genomic Estimated Breeding Value) é estimado (MEUWISSEN, HAYES e GODDARD, 2001)000 marker haplotypes simultaneously from a limited number of phenotypic records. A genome of 1000 cM was simulated with a marker spacing of 1 cM. The markers surrounding every 1-cM region were combined into marker haplotypes. Due to finite population size N(e. Diferentemente do princípio da seleção assistida, na qual, em primeiro lugar, busca-se descobrir associações específicas entre alguns marcadores e características fenotípicas de interesse, para em seguida utilizá-las na seleção, na SGA os efeitos de centenas ou milhares de marcadores sobre a característica são estimados, e todos eles utilizados em modelos de predição de desempenho, concentrando a atenção exclusivamente na eficiência de seleção, sem a pretensão, muitas vezes ingênua, de descobrir ou manipular o efeito

de genes individuais. Os principais aspectos que diferenciam a SGA da proposta original de seleção assistida por marcadores baseada no mapeamento de QTL, podem ser resumidos abaixo:

- A SGA enfatiza predição de desempenho e não a dissecação de características quantitativas nos seus efeitos individuais, isto é, a descoberta de QTLs ou genes individuais;
- Não utiliza limites estatísticos severos para declaração de associações marcador-fenótipo, procedimento este que sabidamente resulta na super estimativa da magnitude de efeitos de QTLs e a subestimativa do número de QTLs envolvidos no controle da característica, o conhecido "efeito Beavis" (BEAVIS, 1998);
- A descoberta de associações e estimativas de parâmetros são realizadas em amostras populacionais independentes, ou seja, a população de treinamento e a população de validação;
- A SGA se baseia no princípio de que o desequilíbrio de ligação (DL) fornecido por uma genotipagem densa de marcadores em todo o genoma captura toda ou a grande maioria da distribuição de efeitos gênicos envolvidos no controle da característica alvo;
- Na SGA todos os efeitos dos marcadores são incluídos no modelo preditivo simultaneamente, fazendo com que grande parte da variação seja explicada pelos marcadores o que resulta na estimativa do valor genético dos indivíduos com elevada acurácia.

Diversas publicações vem discutindo o tema da seleção genômica em revistas científicas internacionais, principalmente na área de melhoramento animal, onde a SGA já é uma tecnologia operacional em diversos programas de melhoramento no mundo (HAYES et al., 2009; PRYCE e DAETWYLER, 2012; VANRADEN et al., 2009)or haplotypes of these markers, across the entire genome, thereby potentially capturing all the quantitative trait loci (QTL. Em diversos países, mais de 40%

dos touros elite utilizados em programas de inseminação artificial foram selecionados exclusivamente em base genômica e este número vem crescendo raídamente. Na área de melhoramento de plantas a seleção genômica é o tema do momento e diversos programas de melhoramento vem se adaptando a esta nova tecnologia. Vários trabalhos apresentaram as perspectivas do impacto da SGA no melhoramento com base em simulações, seja para grandes culturas anuais (LORENZ et al., 2011; NAKAYA e ISOBE, 2012)\" the ability to select for even complex, quantitative traits based on marker data alone, has arisen from the conjunction of new high-throughput marker technologies and new statistical methods needed to analyze the data. This review surveys what is known about these technologies, with sections on population and quantitative genetic background, DNA marker development, statistical methods, reported accuracies of genomic selection (GS bem como em espécies florestais (GRATTAPAGLIA e RESENDE, 2011; IWATA, HAYASHI e TSUMURA, 2011; RESENDE et al., 2008)and the extent of linkage disequilibrium (LD. Recentemente experimentos comprovaram a excelente perspectiva de aplicação da SGA no melhoramento de plantas anuais como milho e sorgo (ALBRECHT et al., 2011; BURGUEÑO et al., 2012; MASSMAN, JUNG e BERNARDO, 2013). Na área florestal dois estudos foram os pioneiros em demonstrar experimentalmente as excelentes perspectivas da seleção genômica no melhoramento de *Eucalyptus* (RESENDE, M. D. V et al., 2012)GS can capture most of the 'missing heritability' of complex traits that quantitative trait locus (QTL e *Pinus taeda* (RESENDE, M. F. R. et al., 2012), para diversas características de crescimento e qualidade da madeira.

Princípios básicos da Seleção Genômica Ampla

Um programa de SGA em geral é iniciado estabelecendo uma população dita de "treinamento" ou de "estimação", envolvendo algumas centenas de indivíduos amostrados a partir da população de referência, alvo do melhoramento. Em geral isso é feito tomando, por exemplo, pelo menos mil indivíduos a partir de um teste de progênie em campo, em idade que permita uma adequada avaliação fenotípica das várias características de interesse do melhoramento (> 4 anos por exemplo

no caso de *Eucalyptus*). Este teste de progênie em geral foi estabelecido com um conjunto de algumas dezenas de famílias de meios irmãos ou irmãos completos, derivadas do intercruzamento de algumas dezenas de indivíduos elite que constituem uma população de melhoramento que a empresa planeja conduzir por algumas gerações. O tamanho efetivo de uma população como esta vai variar de N_e = 10 até 100.

Os indivíduos desta população de treinamento são genotipados para um painel de alguns milhares de marcadores SNPs em todo o genoma e mensurados para todas as características de interesse do melhorista (crescimento volumétrico, densidade, propriedades químicas e físicas da madeira, tolerância a patógenos etc.). O custo da genotipagem vai girar hoje em torno de 60 a 100 dólares por indivíduo. O esforço de fenotipagem em termos qualitativos e quantitativos é um elemento essencial para o sucesso e maximização da relação custo-benefício de um programa de SGA. Em geral a fenotipagem de crescimento volumétrico e densidade a madeira é realizada de forma simples e não destrutiva. Já para a fenotipagem de propriedades químicas e físicas da madeira (ex. lignina, celulose, rendimento, fibras etc.) podem ser utilizadas metodologias baseadas em predição com NIRS (Near Infrared Spectroscopy) uma vez gerados os modelos de calibração. A fenotipagem de características mais complexas tais como tolerância à seca ou à geada ou resistência ou tolerância a pragas e patógenos demanda bioensaios mais complexos.

A partir dos dois conjuntos de dados (genotípicos e fenotípicos) levantados na população de treinamento, os efeitos de todos os marcadores SNPs em cada uma das características avaliadas são estimados. Os procedimentos de como realizar as análises dos dados visando gerar as estimativas dos efeitos dos marcadores tem sido amplamente detalhados em publicações recentes (LORENZ et al., 2011; RESENDE et al., 2010)"title" : "Computa\u00e7\u00e3o da Sele\ u00e7\u00e3o Gen\u00f4mica Ampla (GWS e não serão tratados aqui. Apenas a título de introdução, a questão central na análise de dados para a SGA é a necessidade de estimar várias centenas ou milhares de efeitos, correspondendo às centenas ou milhares de marcadores SNPs, a partir de um número limitado de observações, ou seja, algumas centenas de indivíduos da população de treinamento. Soma-se a isso as colinearidades

decorrentes da associação entre os marcadores (desequilíbrio de ligação). Os estimadores que utilizam redução dimensional (*shrinkage*) permitem acomodar esta questão adequadamente, tratando os efeitos de marcadores como variáveis aleatórias e estimando-os simultaneamente.

Uma vez estimados os efeitos dos marcadores, estes são utilizados em modelos de predição de desempenho, modelos estes que são validados em uma "população de validação". A população de validação é constituída por uma segunda amostra de indivíduos, porém menor, (algumas centenas) tomada da mesma população de referência, ou seja, do do mesmo teste de progênies. Esta população de validação também é genotipada e fenotipada, porém estes dados não são utilizados na construção dos modelos preditivos, mas sim apenas para realizar a validação cruzada. Para cada indivíduo da população de validação é então estimado o seu valor genético genômico como genitor nas próximas gerações (Valor de melhoramento Estimado Genomicamente - GEBV Genomic estimated Breeding Value). DE uma forma simplificada, o GEBV de cada indivíduo é calculado multiplicando o número de um dos alelos observados em cada um dos marcadores (ex. considerando por exemplo o alelo A1 teríamos: A1A1 = 2, A1A2 = 1 A2A2 = zero) pelo efeito estimado do marcador. A validação do modelo é então realizada calculando uma correlação (tecnicamente chamada de capacidade preditiva) entre o GEBV predito pelo modelo e aquele efetivamente mensurado no indivíduo, para todos os indivíduos da população de validação. A questão central nesta abordagem é que a população de validação é independente da população de treinamento, ou seja, ela não participou do processo de estimativa dos efeitos dos marcadores.

Uma vez que o modelo apresenta uma capacidade preditiva satisfatória, superior, equivalente ou pelo menos próxima da capacidade preditiva obtida diretamente pelo uso dos valores fenotípicos mensurados, este modelo pode ser utilizado na fase de seleção de novos indivíduos. É na população de candidatos à seleção que o poder da seleção genômica se concretiza, pois é nesta fase que a seleção genômica propriamente dita é efetivamente praticada. A população de candidatos à seleção em geral vai envolver plantas jovens com apenas algumas semanas para as quais não se tem fenótipos ainda. Estas plantas jovens podem ser geradas a partir do intercruzamento dos mesmos genitores elite que deram origem

ao teste de progênie utilizado como população de treinamento. Neste caso a SGA vai ser praticada na mesma geração e permite aumentar consideravelmente a intensidade de seleção. Contudo, o impacto e valor da SGA será evidentemente maior quando as plantas jovens candidatas à seleção forem derivadas do intercruzamento de indivíduos selecionados justamente no teste de progênie que serviu como população de treinamento, ou seja, uma geração à frente. Um ciclo de SGA é finalizado quando os candidatos à seleção são genotipados e seus GEBV preditos utilizando o modelo construído e validado anteriormente.

Resultados, perspectivas e desafios da Seleção Genômica Ampla

Os principais impactos esperados da implementação operacional da SGA em um programa de melhoramento florestal foram discutidos anteriormente (GRATTAPAGLIA e RESENDE, 2011; RESENDE, M. D. V et al., 2012)and the extent of linkage disequilibrium (LD e podem ser resumidos nos tópicos abaixo:

- Ganho de tempo: acelerando significativamente o programa de melhoramento na medida que os indivíduos jovens selecionados precocemente em base genômica são induzidos a florescer e são rapidamente recombinados fornecendo a geração seguinte de melhoramento;
- Ganho na precisão da seleção: principalmente para características de baixa herdabilidade e expressão tardia na vida da árvore tais como propriedades físicas e químicas da madeira, tolerância a seca, geada, altas temperaturas etc.;
- Ganho na intensidade de seleção: uma vez que a SGA permite avaliar muito rapidamente, através da genotipagem direta, um grande número de indivíduos jovens ainda no viveiro sem precisar levá-los ao campo. Em outras palavras, o esforço de teste de progênies pode ser drasticamente reduzido ou mesmo eliminado por completo na medida que o ganho realizado pela SGA vai se confirmando;
- Ganho genético na seleção de clones elite uma vez que a SGA permite a seleção simultânea para várias características

de interesse e não apenas para volume e densidade. Isso permite explorar de uma maneira muito mais eficiente toda a variabilidade genética disponível na população de melhoramento. Este impacto será particularmente evidente na otimização de testes clonais pela concentração de esforços de testes de campo em conjuntos de clones previamente selecionados em base genômica.

Os primeiros resultados experimentais da SGA em espécies florestais foram apresentados para uma população de *Eucalyptus* (GRATTAPAGLIA et al., 2010) e em seguida expandidos para uma segunda população elite que diferia em termos de tamanho efetivo, base genética e ambientes distinto (RESENDE, M. D. V et al., 2012) GS can capture most of the 'missing heritability' of complex traits that quantitative trait locus (QTL. Com base na genotipagem de cerca de 738 e 920 indivíduos respectivamente nas duas populações, com os mesmos 3.000 marcadores, os resultados demonstraram que a SGA alcançou acurácias seletivas da ordem de 50 a 80% para crescimento volumétrico, densidade da madeira, rendimento em celulose em ambas as populações Estas acurácias seletivas foram iguais ou superiores àquelas atingidas pela seleção fenotípica convencional baseada em BLUP, corroborando assim as previsões originalmente apresentadas com base em simulação (GRATTAPAGLIA e RESENDE, 2011)and the extent of linkage disequilibrium (LD. Este experimento mostrou, entretanto, que quando os modelos preditivos de SGA desenvolvidos para uma população foram utilizados para estimar os valores genéticos genômicos de indivíduos da outra população, ou vice- versa, a precisão da SGA diminuiu drasticamente a valores próximos de zero. Este resultado, possivelmente resultante das diferenças consideráveis de base genética das duas populações somada ao efeito da interação genótipo x ambiente (G x E), relevou que modelos preditivos deverão ser, a princípio, população e ambiente específicos a menos que as populações tenham ancestralidade em comum e sejam avaliadas em ambientes semelhantes onde pouca interação G x E é esperada. Hoje com a utilização de uma densidade de genotipagem pelo menos dez vezes maior, da ordem de 30 mil marcadores de SNPs com o EucHIP60K.br, é possível que modelos preditivos possam ser transferidos

entre populações pela maior consistência das relações de desequilíbrio de ligação (DL) entre marcadores e efeitos de genes. No entanto, o impacto da interação G X E pode suplantar a persistência das relações DL e causar acurácias igualmente inaceitáveis (GRATTAPAGLIA, 2014).

No primeiro experimento de SGA em *Pinus taeda* duas questões chave foram avaliadas: a acurácia preditiva em diferentes das idades e ambientes (RESENDE, M. F. R. et al., 2012). Conforme esperado, dadas as baixas correlações juvenil-adulto tipicamente observadas em coníferas, o modelo preditivo desenvolvido com base em crescimento medido na idade de um a dois anos não foi capaz de prever altura na idade de seis anos. Para a análise do impacto da interação G x E, a população de treinamento com 800 indivíduos havia sido clonada e plantada em quatro locais ao longo de um gradiente norte-sul no sudeste do EUA. Desta forma, modelos preditivos puderam ser desenvolvidos utilizando o mesmo conjunto de dados genotípicos de cerca de 3.500 SNPs, porém diferentes conjuntos de dados de crescimento volumétrico levantados nos quatro locais. Conforme esperado, os modelos preditivos alcançaram boa acurácia quando utilizados para predizer fenótipos no mesmo local onde haviam sido desenvolvidos, porém apresentaram acurácias progressivamente piores a medida que foram utilizados para predizer fenótipos em locais cada vez mais distantes no sentido norte-sul em relação ao local no qual foram desenvolvidos. Estes resultados indicam que os fenótipos utilizados no desenvolvimento do modelo de SGA tem que ser mensurados em condições o mais equivalentes possíveis em termos de idade e local, àquelas nas quais os candidatos à seleção serão submetidos ao processo de SGA.

Além dos desafios relativos à aplicabilidade dos modelos preditivos entre populações e entre ambientes distintos, um outro aspecto fundamental que ainda constitui um desafio a ser considerado diz respeito a qual será a acurácia preditiva da SGA a medida que os candidatos à seleção são cada vez mais distantes da população de treinamento. Até o momento os resultados experimentais somente foram obtidos para indivíduos pertencentes à mesma geração daqueles utilizados para treinar os modelos preditivos. Na implementação operacional da SGA, raramente isso vai acontecer e na verdade os indivíduos para os quais planeja-se utilizar a SGA poderão estar algumas gerações à frente da população

de treinamento. A medida que as gerações de melhoramento avançam, a recombinação genética vai "corroendo" o desequilíbrio de ligação, ou seja, as associações entre os marcadores moleculares e os efeitos gênicos reduzindo a acurácia do modelo. No estudo original de SGA (MEUWISSEN, HAYES e GODDARD, 2001)000 marker haplotypes simultaneously from a limited number of phenotypic records. A genome of 1000 cM was simulated with a marker spacing of 1 cM. The markers surrounding every 1-cM region were combined into marker haplotypes. Due to finite population size N(e o declínio da acurácia da SGA ao longo de gerações foi estimada em 5% por geração. Dada a inviabilidade prática de estudos experimentais para avaliar a dinâmica de longo prazo da SGA ao longo de gerações, esta questão foi abordada por meio de simulações, algumas delas com modelos mais complexos, incluindo o efeito da seleção direcional (IWATA, HAYASHI e TSUMURA, 2011; LONG et al., 2011)protracted evaluation times, and high costs of breeding inputs. To elucidate the potential of GS for conifer breeding, we simulated 60-year breeding programs in Cryptomeria japonica with and without GS. In conifers, the rapid decay of linkage disequilibrium (LD. Todos estes estudos convergiram para uma recomendação fundamental: os efeitos dos marcadores estimados na população de treinamento devem ser re-estimados com freqüência, ou seja, os modelos devem ser atualizados, a fim de manter a acurácia preditiva ao longo de gerações. Do ponto de vista prático esta abordagem será facilmente adotada em um programa de melhoramento genético florestal, na medida em que indivíduos genotipados em uma determinada geração de SGA podem ser levados a campo e fenotipados também enquanto a o programa de melhoramento baseado em SGA avança. Os dados levantados com estes indivíduos não só alimentarão a atualização dos modelos preditivos progressivamente a cada geração, mas também permitirão o monitoramento contínuo do desempenho efetivamente alcançado pela SGA.

Conclusões e perspectivas

Marcadores moleculares são hoje tecnologia de rotina de diversos programas de melhoramento florestal no Brasil, principalmente de espécies de *Eucalyptus* e *Pinus* e iniciando também com outras espécies

florestais plantadas como *Tectona grandis*. A utilização da análise genômica tem se mostrado uma ferramenta extremamente útil para realizar o controle de qualidade dos estoques de propagação de clones elite e gerenciar a variabilidade genética nas populações de melhoramento por meio do monitoramento de programas de cruzamentos controlados e reconstrução de pedigrees. Marcadores constituem ainda um importante apoio ao processo de proteção varietal de clones, bem como uma salvaguarda de elevada efetividade em contratos de licenciamento ou intercâmbio de material genético e terceirização de serviços de propagação. A correção de erros de identificação, freqüentemente encontrados em programas de melhoramento e produção de mudas, podem ser facilmente resolvidos com ganhos significativos de qualidade que resultam em um importante impacto na floresta plantada.

Tecnologias de análise de variabilidade de sequência de DNA estão em constante desenvolvimento e evolução. Hoje, a análise de marcadores microssatélites é a tecnologia de rotina para a resolução de diversas questões de identificação individual, verificação de parentesco, quantificação de taxa de cruzamento e estimativa de variabilidade e distância genética. No entanto diferentes plataformas de genotipagem de polimorfismos de base individual (SNPs) estão rapidamente sendo otimizadas, se tornando mais accessíveis e econômicas. Para fins de identificação individual e análise de parentesco, dado o elevado nível de variabilidade genética existente nas espécies florestais, muito provavelmente uma bateria de microssatélites ainda vai atender com grande eficiência a maioria das demandas, como tem efetivamente ocorrido em seres humanos (AMORIM e PEREIRA, 2005)*we compare STRs and SNPs applicability for kinship investigation in terms of expected informative content and probability of occurrence of \"difficult cases\" (when isolated Mendelian incompatibilities between alleged father and child are found.* Entretanto a possibilidade de genotipar milhares de SNPs em paralelo permite a caracterização detalhada da variabilidade genética de indivíduos e populações em escala genômica ampla, abrindo novas perspectivas de utilização desta informação na dinamização de um programa de melhoramento.

As perspectivas de implementação operacional da SGA no melhoramento florestal são muito promissoras. Estudos de simulação e

resultados experimentais em *Eucalyptus* e *Pinus* claramente apontam nesta direção e resultados recentes do nosso grupo, ainda não publicados, vem confirmando cada vez mais as expectativas positivas. Como incorporar a SGA na prática operacional de um programa de melhoramento florestal vai variar caso a caso. Boa parte dos aspectos técnicos e logísticos da implementação operacional da SGA serão facilmente resolvidos nos próximos anos enquanto os custos de genotipagem vão se tornar cada vez menores. Um ponto importante é reconhecer o fato que a SGA é, na verdade, uma nova ferramenta do melhoramento e apenas permite fazer o que o melhorista já faz, porém de uma forma diferente, mais rápida e mais precisa. Além disso trata-se de uma tecnologia "open source", ou seja accessível a todos, sem qualquer proteção patentária ou necessidade de licenciamento. Como tal é um tema em plena evolução, sujeita a constantes aprimoramentos e cujo sucesso na sua utilização vai depender essencialmente da capacidade criativa e competência dos seus usuários, os melhoristas, em explorar o seu potencial da forma mais efetiva possível. A decisão de introduzir um componente de SGA no programa de melhoramento genético florestal vai depender em grande parte da espécie alvo, das metas e prazos a serem atingidos em termos de desenvolvimento de novos materiais genéticos, juntamente com uma análise econômico-financeira detalhada. Assim como em toda inovação um certo grau de risco evidentemente existe. As perspectivas indicam, entretanto, que os ganhos potenciais de tempo e precisão, aliados à capacidade de avaliar um número muito maior de indivíduos para múltiplas características e, com isso, aumentar radicalmente a intensidade de seleção em cada geração de melhoramento, são benefícios que certamente merecem a atenção dos melhoristas. Além disso o acúmulo progressivo de bancos de dados genotípicos e fenotípicos envolvendo milhares de marcadores em todo o genoma para milhares de indivíduos avaliados em diferentes ambientes, deverá resultar na geração de abordagens inovadoras para a prática do melhoramento. É tempo de reconhecer que a convergência da genética quantitativa com a genômica aplicada está efetivamente acontecendo e se tornando a maneira pela qual o melhoramento genético será conduzido pelas décadas à frente.

Referências

ALBRECHT, T.; WIMMER, V.; AUINGER, H. J.; ERBE, M.; KNAAK, C.; OUZUNOVA, M.; SIMIANER, H.; SCHÖN, C. C. Genome-based prediction of testcross values in maize. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 123, n. 2, p. 339–350, 2011.

AMORIM, A.; PEREIRA, L. Pros and cons in the use of SNPs in forensic kinship investigation: a comparative analysis with STRs. **Forensic Science international**, Lausanne, v. 150, n. 1, p. 17–21, 2005.

BEAVIS, W. D. QTL analyses: power, precision, and accuracy. In: PATTERSON, A. H. (Ed.). **Molecular dissection of complex traits**. Boca Raton: CRC Publishing, 1998. p. 145–162.

BURGUEÑO, J.; CAMPOS, G. de los; WEIGEL, K.; GROSSA, J. Genomic prediction of breeding values when modeling genotype x environment interaction using pedigree and dense molecular markers. **Crop Science**, Madison, v. 52, n. 2, p. 707–719, 2012.

EL-KASSABY, Y. A.; CAPPA, E. P.; LIEWLAKSANEEYANAWIN, C.; KLÁSTE, J.; LSTIBUREK, M. Breeding without breeding: is a complete pedigree necessary for efficient breeding? **PloS one**, v. 6, n. 10, p. e25737, 2011.

FARIA, D. A.; MANANI, E. M.; PAPPAS. M. R.; PAPPAS JUNIOR, G. J.; GRATTAPAGLIA, D. A selected set of EST-derived microsatellites, polymorphic and transferable across 6 species of Eucalyptus. **The Journal of Heredity**, v. 101, n. 4, p. 512–20, 2010.

FARIA, D. A.; MAMANI, E. M. C.; PAPPAS JUNIOR, G. J.; GRATTAPAGLIA, D. Genotyping systems for Eucalyptus based on tetra-, penta-, and hexanucleotide repeat EST microsatellites and their use for individual fingerprinting and assignment tests. **Tree Genetics & Genomes**, v. 7, n. 1, p. 63–77, 2011.

FARIA, D. A.; SILVA-JUNIOR, O. B.; LIRA, M.; GRATTAPAGLIA, D. Performance of the " EucHIP60k.br" for high throughput genotyping across nine species of Eucalyptus. In: IUFRO TREE BIOTECHNOLOGY CONFERENCE, 2013, Asheville. **Proceedings**... Asheville: [s.n.], 2013. v. 1. p. 1-3.

GANAL, M. W.; ALTMANN, T.; RODER, M. S. SNP identification in crop plants. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 12, n. 2, p. 211–217, 2009.

GRATTAPAGLIA, D.; CHAPARRO, J.; WILCOX, P.; MCCORD, S.; WERNER, D.; AMERSON, H.; MCKEAND, S.; BRIDGWATER, F.; WHETTEN, R.; O´MALLEY, D.; SEDEROFF, R. R. Mapping in woody plants with RAPD markers: applications to breeding in forestry and horticulture. In: PROCEEDINGS OF THE SYMPOSIUM "APPLICATIONS OF RAPD TECHNOLOGY TO PLANT BREEDING." **Proceedings**... [S.l.]: Crop Science Society of America, American Society of Horticultural Science, American Genetic Association, 1992. p. 37-40.

GRATTAPAGLIA, D.; SANSALONI, C. P.; PETROLI, C. D.; RESENDE JUNIOR, M. F. R.; FARIA, D. A.; MISSIAGGIA, A. A.; TAKAHASHI, E. K.; ZAMPROGNO, K. C.; KILIAN, A.; RESENDE, M. D. V. de Genomic selection in Eucalyptus: marker assisted selection coming to reality in forest trees. In: PLANT & ANIMAL GENOMES CONFERENCE, 18., 2010, San Diego. Resumos.

GRATTAPAGLIA, D.; SILVA JUNIOR, O. B. da; KIRST, M.; LIMA, B. M.; FARIA, D. A.; PAPPAS JUNIOR, G. J. High-throughput SNP genotyping in the highly heterozygous genome of Eucalyptus: assay success, polymorphism and transferability across species. **BMC Plant Biology**, v. 11, 2011.

GRATTAPAGLIA, D.; VAILLANCOURT, R. E.; SHEPHERD, M.; THUMMA, B. R.; FOLEY, W.; KÜLHEIM, C.; POTTS, B. M.; MYBURG, A. A. Progress in Myrtaceae genetics and genomics: Eucalyptus as the pivotal genus. **Tree Genetics & Genomes**, v. 8, p. 463-508, 2012.

GRATTAPAGLIA, D. Breeding forest trees by genomic selection : current progress and the way forward. In: TUBEROSA, R.; GRANER, A.; FRISON, E. (Ed.). **Genomics of plant genetic resources**. Berlin: Springer, 2014. p. 651–682.
GRATTAPAGLIA, D.; RESENDE, M. D. V. Genomic selection in forest tree breeding. **Tree Genetics & Genomes**, v. 7, n. 2, p. 241–255, 2011.

GRATTAPAGLIA, D.; RIBEIRO, V. J.; REZENDE, G. D. Retrospective selection of elite parent trees using paternity testing with microsatellite markers: an alternative short term breeding tactic for Eucalyptus. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 109, n. 1, p. 192–199, 2004.

HARFOUCHE, A.; MEILAN, R.; KIRST, M.; MORGANTE, M.; BOERJAN, W.; SABATTI, M.; SCARASCIA MUGNOZZA, G. Accelerating the domestication of forest trees in a changing world. **Trends in Plant Science**, v. 17, n. 2, p. 64–72, 2012.

HAYES, B. J.; BOWMAN, P. J.; CHAMBERLAIN, A. J.; GODDARD, M. E. Invited review: genomic selection in dairy cattle: progress and challenges. **Journal of Dairy Science**, v. 92, n. 2, p. 433–443, 2009.

IWATA, H.; HAYASHI, T.; TSUMURA, Y. Prospects for genomic selection in conifer breeding: a simulation study of Cryptomeria japonica. **Tree Genetics & Genomes**, v. 7, n. 4, p. 747–758, 2011.

KIRST, M.; CORDEIRO, C. M.; REZENDE, G. D.; GRATTAPAGLIA, D. Power of microsatellite markers for fingerprinting and parentage analysis in Eucalyptus grandis breeding populations. **The Journal of Heredity**, v. 96, n. 2, p. 161–166, 2005.

LONG, N.; GIANOLA, D.; ROSA, G. J.; WEIGEL, K. A. Long-term impacts of genome-enabled selection. **Journal of Applied Genetics**, v. 52, n. 4, p. 467–480, 2011.

LORENZ, A. J.; CHAO, S.; ASORO, F. G.; ELLIOT, L. H.; HAYASHI, T.; IWATA, H.; SMITH, K. P.; SORRELLS, M. E.; JANNINK, J.-L. Genomic selection in plant breeding: knowledge and prospects. **Advances in Agronomy**, v. 110, p. 77–123, 2011.

MASSMAN, J. M.; JUNG, H. J. G.; BERNARDO, R. Genomewide selection versus marker-assisted recurrent selection to improve grain yield and stover-quality traits for cellulosic ethanol in maize. **Crop Science**, v. 53, n. 1, p. 58–66, 2013.

MEUWISSEN, T. H.; HAYES, B. J.; GODDARD, M. E. Prediction of total genetic value using genome-wide dense marker maps. **Genetics**, v. 157, n. 4, p. 1819–1829, 2001.

NAKAYA, A.; ISOBE, S. N. Will genomic selection be a practical method for plant breeding? **Annals of Botany**, v. 110, n. 6, 2012.

NEALE, D. B.; KREMER, A. Forest tree genomics: growing resources and applications. **Nature Reviews Genetics**, v. 12, n. 2, p. 111–122, 2011.

PRYCE, J. E.; DAETWYLER, H. D. Designing dairy cattle breeding schemes under genomic selection: a review of international research. **Animal Production Science**, v. 52, n. 2-3, p. 107–114, 2012.

RESENDE, M. D. V. de; LOPES, P. S.; SILVA, R. L. da; PIRES, I. E. Seleção genômica ampla (GWS) e maximização da eficiência do melhoramento genético. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 56, p. 63-77, jan./jun. 2008.

RESENDE, M. D. V. de; RESENDE JUNIOR, M. F. R.; AGUIAR, A. M.; ABAD, J. I. M.; MISSIAGGIA, A. A.; SANSALONI, C. P.; PETROLI, C. D.; GRATTAPAGLIA, D. **Computação da Seleção Genômica Ampla (GWS)**. Colombo: Embrapa Florestas, 2010. (Embrapa Florestas. Documentos, 210).

RESENDE JUNIOR, M. F.; MUÑOZ, P.; ACOSTA, J. J.; PETER, G. F.; DAVIS, J. M.; GRATTAPAGLIA, D.; RESENDE, M. D.; KIRST, M. Accelerating the domestication of trees using genomic selection: accuracy of prediction models across ages and environments. **New Phytologist**, v. 193, n. 3, p. 617–624, 2012.

RESENDE, M. D. V. de; RESENDE JUNIOR, M. F. R.; SANSALONI, C. P.; PETROLI, C. D.; ABAD, J. M.; TAKAHASHI, E. K.; ROSADO, A. M.; FARIA, D. A.; PAPPAS JUNIOR, G. J.; KILIAN, A.; GRATTAPAGLIA, D. Genomic selection for growth and wood quality in Eucalyptus: capturing the missing heritability and accelerating breeding for complex traits in forest trees. **New Phytologist**, v. 194, p. 116-128, 2012.

SILVA-JUNIOR, O. B.; FARIA, D. A.; TOGAWA, ROBERTO C.; GRATTAPAGLIA, D. Eucalyptus genotyping taken to the next level: development of the "EucHIP60k.br" based on large scale multi-species snp discovery and ascertainment. In: IUFRO TREE BIOTECHNOLOGY CONFERENCE, 2013, Asheville. **Proceedings**... Asheville: [s.n.], 2013. v. 1. p. 1-4.

VANRADEN, P. M.; VAN TASSEL, C. P.; WIGGANS, G. R.; SONSTEGARD, T. S.; SCHNABEL, R. D.; TAYLOR, J. F.; SCHENKEL, F. S. Invited review: reliability of genomic predictions for North American Holstein bulls. **Journal of Dairy Science**, v. 92, n. 1, p. 16–24, 2009.

WILLIAMS, C. G.; NEALE, D. B. Conifer wood quality and marker-aided selection: a case-study. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 22, n. 7, p. 1009–1017, 1992.

Melhoramento genético de *Eucalyptus*: desafios e perspectivas

Teotônio Francisco de Assis[1]

Resumo

A evolução da produtividade florestal verificada no Brasil nos últimos anos colocou o país entre os mais eficientes na produção de matéria prima de eucalipto. O desenvolvimento da clonagem e dos programas de melhoramento baseados na hibridação tem sido um dos principais propulsores do crescente aumento de produtividade verificado nos últimos anos. Por outro lado, a evolução das técnicas de manejo, criando ambientes adequados à expressão máxima do potencial genético dos clones operacionais, é outro importante fator na evolução positiva dos níveis de produtividade atuais.

Nos últimos anos, vários fatores de redução da produtividade, sobretudo insetos, doenças, "distúrbio fisiológico", déficit hídrico, geadas, ventos, tem se constituído em importantes desafios ao avanço do crescimento e até mesmo da manutenção da produtividade florestal. Sem dúvida as ferramentas do melhoramento genético e o manejo florestal continuam sendo os caminhos mais adequados para assegurar a continuidade do crescimento da produtividade. Recentemente os híbridos entre espécies de *Corymbia*, sobretudo *C. torelliana x C. citriodora*, tem se apresentado como alternativa de grande importância no enfrentamento desses desafios. Esses híbridos são de alto crescimento e alta densidade da madeira e também são resistentes ao "distúrbio fisiológico" e à maioria das pragas e doenças que causam danos econômicos às florestas de eucalipto. Além disto, são mais resistentes ao vento e apresentam menores custos com tratos culturais, pois fecham as copas precocemente, dominando bem a vegetação competidora.

Novas abordagens na clonagem de híbridos de *Corymbia*, como o resgate via lignotuber, aproveitando a maior juvenilidade dos brotos e o uso de estufins, tem permitido obter níveis operacionais de enraizamento nesses híbridos.

1 Assistech Ltda. Av. Reis Magos 587, Condomínio Vila Castela 34.000-000 Nova Lima-MG.

Velhos e novos desafios ao aumento da produtividade florestal no Brasil

Ao longo das últimas décadas se verificaram crescentes aumentos na produtividade das florestas de eucalipto, graças ao desenvolvimento de materiais genéticos de maior potencial produtivo, sobretudo pelos desenvolvimentos obtidos na hibridação e clonagem, bem como à evolução das técnicas de manejo florestal. Isto tem tornado o Brasil extremamente competitivo no que diz respeito à produção de matéria prima de baixo custo para as indústrias de base florestal. Entretanto, recentemente o setor florestal brasileiro entrou em estado de alerta com o aparecimento de novos desafios à continuidade do crescimento da produtividade florestal e até mesmo à sua manutenção nos altos patamares atingidos nas últimas décadas. Os principais novos desafios, que tem causado preocupação, são insetos introduzidos nos últimos anos no país, como o psilídeo de concha (*Glycaspis brimblecombei*), a vespa da galha (*Leptocybe invasa*) e o percevejo bronzeado (*Thaumastocoris peregrinus*). A sua rápida adaptação a materiais genéticos inicialmente não preferenciais indica que esses insetos podem representar riscos mais sérios à produtividade das florestas de eucalipto no Brasil.

Embora a quantificação dos danos causados por esses insetos ainda não seja precisa, é possível verificar na prática, que alguns deles são capazes de reduzir significativamente o crescimento das florestas. Dados de inventário de clones plantados por vários anos mostram que, a redução na produtividade dos clones atacados pelo percevejo bronzeado, por exemplo, pode variar de 8% a 27%, dependendo do clone.

Assim, esses insetos tem se tornado uma ameaça à produtividade das florestas de eucalipto, assim como algumas doenças mais recentes, como a causada pelo fungo *Ceratocystis* e bactérias dos Gêneros *Ralstonia* e *Erwinia* (Fonseca et al., 2010). Outros problemas como o "distúrbio fisiológico", cuja sintomatologia é muito semelhante à (SPEVRD) Seca de Ponteiros do Eucalipto no Vale do Rio Doce (Ferreira, 1989) e que aparentemente se trata de problemas de mesmas causas, também têm afetado a produtividade dos plantios em áreas de Minas Gerais, Espírito Santo e Bahia. Além desses locais, ocorrências esporádicas do "distúrbio fisiológico" foram relatadas em Arapoti-PR (Maschio et al., 1996), além de Monte Dourado-PA, Zona da Mata em Minas Gerais e no Amapá.

Além dessas dificuldades, os novos projetos florestais tendem a ser direcionados para áreas ambientalmente mais críticas e com potencial produtivo mais baixo. Nesse caso se enquadram os projetos de expansão em áreas com maior déficit hídrico, bem como as áreas mais frias decorrentes do plantio de eucalipto em áreas anteriormente ocupadas por *P. taeda*, sujeitas a geadas severas. Nessas situações, aumentar a produtividade tornou-se um desafio grande, sobretudo porque há poucos materiais genéticos desenvolvidos para áreas críticas específicas. Os materiais mais utilizados atualmente em áreas críticas foram desenvolvidos em áreas sem muitas restrições e posteriormente testados nos ambientes críticos. Certamente, há necessidade de que o melhoramento tenha mais foco na produção de materiais desenvolvidos a partir de seleções específicas para essas áreas críticas.

Por outro lado, como consequência provável de mudanças climáticas, a ocorrência de ventos e seus danos às plantações têm aumentado consideravelmente, provocando perdas significativas em várias plantações no país. Locais onde não se tinha histórico de problemas com ventos passaram a figurar como áreas de risco. Dependendo dos níveis de danos há situações em que a reforma dos plantios é a medida mais apropriada. Em alguns casos relatados por empresas florestais, áreas como 3.000 ha foram perdidos pela ação de ventos.

Desafios já tradicionais, como a ocorrência de doenças causadas pelo fundo do cancro do eucalipto (*Chrisoporte cubensis*) e a ferrugem (*Puccinia psidii*) (Fonseca et al.,2010), são permanentemente enfrentados na recomendação de novos materiais genéticos. Além disto, a melhor adequação da qualidade da madeira para diversas finalidades continua a exigir dos programas de melhoramento um esforço significativo, sobretudo pelos reflexos positivos que tem na atividade industrial das empresas.

Diante deste novo cenário, muito mais desafiador, a continuação dos níveis crescentes de produtividade vai exigir do melhoramento genético, do manejo florestal, dos entomologistas e patologistas florestais, esforços muito maiores do que tem sido até agora. Felizmente verifica-se que há variabilidade, tanto intraespecífica quanto interespecífica para a maioria dos problemas relatados. Essa variabilidade é importante para

proporcionar a geração de novos materiais genéticos, seja por seleção ou por hibridação, para minimizar ou solucionar os problemas e, desta forma, fazer frente os antigos e os novos desafios que se apresentam.

Perspectivas

A utilização combinada da hibridação e clonagem tem sido a forma mais eficiente para suplantar os desafios que ocorreram ao longo das últimas décadas. A hibridação interespecífica é a forma mais rápida e eficiente de obtenção de ganhos genéticos no melhoramento de espécies de *Eucalyptus*. A busca de complementaridade nas características tecnológicas da madeira, na tolerância a estresses bióticos e abióticos, bem como a manifestação de heterose, verificada em vários cruzamentos híbridos, constituem os principais caminhos para se produzir indivíduos superiores em crescimento, adaptação e qualidade da madeira (Assis & Mafia, 2005).

Como as progênies híbridas normalmente são heterogêneas, métodos de clonagem são necessários para permitir a captura e multiplicação de indivíduos superiores obtidos nos cruzamentos híbridos. Por outro lado, a clonagem possibilita a produção de matéria-prima mais uniforme, o que, do ponto de vista industrial, apresenta significativos benefícios, tanto na redução dos custos do processo industrial quanto na qualidade dos produtos. Dessa forma, a clonagem constitui o processo ideal para maximizar os benefícios da hibridação no contexto da formação de florestas altamente produtivas para finalidades industriais. O aproveitamento comercial da heterose, verificada na maioria dos híbridos de *Eucalyptus*, por intermédio da clonagem, tem sido um dos principais responsáveis pela rápida evolução da produtividade florestal nos últimos anos e é um dos exemplos mais bem sucedidos do uso de híbridos em espécies florestais.

Tendo sido um dos principais propulsores da produtividade florestal no Brasil, a hibridação e a clonagem continuam sendo uma estratégia viável e de baixo custo na solução de muitos dos problemas que se enfrenta hoje em dia. A variabilidade existente entre as centenas de espécies de eucalipto é a principal fonte de características, que se

podem combinar em cruzamentos interespecíficos, no sentido produzir indivíduos produtivos e resistentes e que, desta forma, possam ter aptidões para vencer os desafios novos e antigos.

Assim tem sido, por exemplo, na solução de problemas relacionados à resistência à seca. A produção de híbridos interespecíficos em *Eucalyptus*, com a utilização de espécies que se adaptam a regimes de baixa precipitação pluviométrica, é prática comum no melhoramento de espécies desse Gênero (Verryn, 2000).

De modo geral, as espécies mais resistentes à seca são de baixo crescimento. Aparentemente, mecanismos fisiológicos, como a dinâmica estomática de alta sensibilidade à temperatura e umidade do ar e do solo, favorecem a economia de água em momentos críticos, mas podem prejudicar o crescimento em situações hídricas favoráveis. A hibridação entre espécies que crescem muito, mas que são pouco resistentes à seca e espécies de baixo crescimento, mas muito resistentes à seca, tem produzido indivíduos resistentes e com incrementos volumétricos superiores aos de seus genitores mais resistentes ao déficit hídrico. Aparentemente, nos híbridos ocorre a formação de um aparelho fotossintético misto, que pode economizar água nos momentos críticos, mas que é capaz de proporcionar o máximo crescimento nos momentos hídricos favoráveis. Os cruzamentos mais comuns para resistência à seca são feitos entre *E. grandis*, *E. urophylla*, "urograndis" e *E. pellita*, de maior crescimento, com *E. camaldulensis*, *E. tereticornis* e *E. brassiana*, mais resistentes (Assis & Mafia, 2005).

No caso da resistência ao frio, as geadas de alta amplitude térmica, que ocorrem no Brasil, onde se passam alguns dias com temperaturas amenas e repentinamente caem abaixo de zero, são consideradas o problema mais sério em áreas frias do sul do Brasil. Muitas espécies não se adaptam a esse tipo de ocorrência e outras, consideradas muito resistentes ao frio, como *E. nitens*, por exemplo, não são resistentes a geadas nesse tipo de situação. Outras espécies, como *E. viminalis*, apresentam alto nível de resistência, mas a produtividade e a qualidade da madeira são menos adequadas do que outras espécies de eucalipto. Apesar de que híbridos entre espécies resistentes ao frio e espécies de alto crescimento possam ser adequados para viabilizar o plantio em áreas de geadas severas (Assis & Santos, 2012), uma espécie pura, o *E. benthamii*,

tem chamado a atenção para plantios em áreas sujeitas às geadas de alta amplitude térmica. Esta espécie apresenta bom desenvolvimento, é bastante tolerante a geadas e por essas razões tem sido extensivamente plantada em regiões subtropicais do Brasil, África do Sul e outros países com regiões climáticas semelhantes (Higa et al., 2012). Apesar de ser uma espécie ainda com pouca tradição florestal, surge como uma alternativa importante para a ocupação de regiões climáticas sujeitas a geadas. O melhoramento genético da espécie (Duque Silva & Higa, 2012) e a possibilidades da utilização da clonagem em larga escala (Santos et al., 2012) vão proporcionar o aumento da produtividade, qualidade da madeira e melhorar ainda mais a resistência a geadas, permitindo sua utilização em áreas de pouca adaptação para outras espécies de *Eucalyptus*. Atualmente há alguns clones sendo utilizados em plantios comerciais na Klabin S/A e na Golden Tree, mostrando que clones de *E. benthamii*, mesmo puros, podem ser uma excelente alternativa para solucionar os problemas de plantios em áreas com geadas severas.

Híbridos entre espécies do gênero *Corymbia*.

Diante do cenário desafiador atual, parece ser estratégico para as empresas, que dependem da matéria prima de eucalipto, ter uma alternativa para produção de sua matéria prima. Ter uma alternativa viável nas empresas é importante também, caso alguma situação futura venha a ameaçar a estabilidade e a integridade das suas plantações florestais. Os híbridos entre espécies do gênero *Corymbia* têm mostrado ser uma opção interessante como material alternativo na produção de matéria prima para os mais distintos segmentos da atividade industrial baseada em madeira de eucalipto. Isto ocorre principalmente em virtude da sua resistência à maioria das pragas e doenças, que causam danos às plantações de eucalipto atualmente, da resistência ao "distúrbio fisiológico", da maior resistência ao vento e da qualidade da sua madeira.

Os híbridos entre espécies do gênero *Corymbia* são cruzamentos ainda pouco explorados, mas podem se tornar importantes para a obtenção de vários produtos, tais como carvão, celulose, chapas, madeira serrada, energia de biomassa, postes e mourões. A maioria das espécies, assim como seus híbridos, apresenta densidade da madeira acima de 600 kg/m³ aos 7 anos.

A Acesita Energética (atual Aperam Bioenergia) produziu vários híbridos entre *C. citriodora* e *C. torelliana* no início da década de 1980. Entretanto, a venda das terras no local onde estavam sendo produzidos causou a descontinuação do uso desses materiais. Os resultados da época mostravam manifestação de heterose de alta magnitude nos híbridos. Em geral a heterose verificada nos cruzamentos entre espécies de *Corymbia* é do mesmo nível ou até maior do que aquela presente nos híbridos de eucalipto. A manifestação de heterose também foi observada em plantações de quebra-ventos na Austrália, onde híbridos naturais de *C. torelliana x C. maculata* apresentavam grande vigor, boa forma e resistência à Ramularia (*Quambalaria*) (Lee et al., 2005). Kumar et al. (2010) observaram que híbridos entre *C. torelliana* e *C. citriodora* apresentaram vigor híbrido já aos 18 meses, o qual se manteve nas idades de 7, 10 e 23 anos. Portanto, da mesma forma que as espécies de *Eucalyptus*, a manifestação de heterose é comum nos híbridos de *Corymbia*, podendo ser um fator importante para aumentar a produtividade volumétrica através da clonagem dos indivíduos de maior crescimento. Além disto, diferentemente do que ocorre com várias espécies de eucalipto, os "torelliodora" apresentam indivíduos que possuem alto crescimento e alta densidade ao mesmo tempo. Isto é extremamente importante do ponto de vista da geração de matéria prima produtiva e de alta qualidade.

Tem sido observado, na prática que, além da heterose clássica, a manifestação de heterose funcional (Lamkey, 1999), da mesma forma que nos eucaliptos, é fenômeno comum em híbridos de *C. torelliana x C. citriodora*. As progênies híbridas normalmente apresentam árvores de destacada superioridade. A forte heterose verificada nesses cruzamentos e sua captura por intermédio da clonagem é uma forma eficiente de aumentar a produtividade volumétrica. Alguns clones atualmente em uso e outros em desenvolvimento tem demonstrado ser viável atingir níveis de produtividades volumétricas semelhantes aos clones de híbridos de *Eucalyptus*. A densidade é uma característica herdada de forma aditiva, apresentando valores intermediários em relação às espécies genitoras. Como a densidade da madeira das espécies de *Corymbia* é alta, atingido valores acima de 600 kg/m³, a densidade dos híbridos também atingem valores semelhantes.

Sua copa densa apresenta fechamento precoce, o que reduz os custos com tratos culturais. Na pouca experiência em plantios com clones desses híbridos se nota que são muito mais resistentes ao vento, em comparação com clones de eucalipto. Essa característica tem sido mais valorizada ultimamente, em razão do aumento da incidência de ventos causando danos às plantações de eucalipto. Na Austrália, híbridos entre *C. torelliana* e outras espécies de *Corymbia* também se tornaram de grande interesse nos últimos anos, sobretudo por algumas características positivas conferidas pelo *C. torelliana*. Essas características incluem resistência à Ramularia (*Quambalaria*), resistência a geadas, rápido crescimento e domínio da vegetação competidora, reduzindo problemas de matocompetição e bom o enraizamento dos híbridos, especialmente quando *C. torelliana* é utilizado como genitor feminino (Smith, 2005).

Crescimento e densidade da madeira

A retomada do desenvolvimento de híbridos de *Corymbia* no Brasil tem confirmado que essa opção é promissora, tendo em vista os primeiros resultados de testes clonais, bem como o nível de crescimento obtido com as novas matrizes híbridas produzidas.

Resultados recentes de densidade da madeira e crescimento de híbridos de *Corymbia*, no Vale do Rio Doce, em Minas Gerais (Assis, 2012) mostram que, a exemplo das espécies puras, os híbridos apresentam alta densidade média da madeira, mas são de alto crescimento, como pode ser visualizado na Tabela 1.

Tabela 1. Dados de densidade da madeira aos 5 e 7 anos e IMA aos 7 anos de híbridos de *Corymbia* no Vale do Rio Doce – MG.

CLONES	DENSIDADE 5 (kg/m³)	DENSIDADE 7 (kg/m³)	IMA 7 (m³/ha/ano)
1- C. citriodora x C. torelliana	516	694	47,60
3- C. torelliana x C. citriodora	518	569	42,64
4- C. torelliana x C. citriodora	633	702	24,09
7- C. torelliana x C. citriodora	572	660	49,88
22- C. citriodora x C. torelliana	529	544	41,12
43- C. citriodora x C. torelliana	612	628	42,31

Como pode ser visto, com exceção do clone 4, todos os demais apresentaram IMA acima de 40 m³/ha/ano. É evidente o alto potencial de densidade da madeira dos materiais avaliados, apresentando indivíduos com densidade acima de 700 kg/m³ aos 7 anos. Observa-se também, que desde os 5 anos de idade já há clones com densidade alta (acima de 600 kg/m³), o que poderá permitir cortes mais precoces sem comprometer a densidade da madeira, quando isto for necessário ou mesmo planejado.

Resistência/tolerância a pragas e doenças

Os híbridos *C. torelliana* x *C. citriodora* possuem uma série de características positivas, além do crescimento e da densidade e outras já mencionadas. São resistentes à maioria dos insetos que causam danos às florestas de eucalipto atualmente, tais como pisilídeo de concha e percevejo bronzeado. Apesar de no Brasil não ter sido observado ataque do percevejo bronzeado em espécies de *Corymbia*, na Austrália há registros de que alguns tipos de percevejo do Gênero *Thaumastocoris* tem se apresentado como potencial praga dessas espécies **(**Lawson & McDonald, 2005). São muito tolerantes à vespa da galha, onde em apenas uma proporção muito pequena dos híbridos há formação de galhas. A grande maioria é tolerante porque, apesar do *C. citriodora* ser suscetível, *C. torelliana* é totalmente resistente. São também resistentes várias doenças de importância econômica dos eucaliptos, como ferrugem, cancro do eucalipto e *Teratosphaeria*. Na Austrália tem apresentado resistência a déficit hídrico elevado e também resistência a geadas. Lá estão sendo realizados cruzamentos entre *C. torelliana* x *C. citriodora ssp. variegata e C. maculata*, cujo principal objetivo é sua utilização para a produção de madeira serrada, onde tem alto valor de mercado.

Tolerância ao "distúrbio fisiológico"

Desde as primeiras experiências com híbridos de *Corymbia* no Vale do Rio Doce em Minas Gerais, eles se mostraram tolerantes à Seca de Ponteiros do Eucalipto no Vale do Rio Doce (SPEVRD), característica herdada do *C. torelliana*, que é altamente resistente. A resistência do *C. torelliana* parece estar associada à sua evolução em áreas semelhantes

àquelas onde ocorre esse problema. As precipitações são muito altas e concentradas em poucos meses, seguindo-se períodos de estiagem. Atualmente denominado "distúrbio fisiológico", esse problema também tem afetado o crescimento de clones de eucalipto em algumas regiões de Minas Gerais, Espírito Santo e Bahia. Os híbridos de *Corymbia* poderão se tornar importantes para a realização plantios saudáveis em áreas sujeitas a esse problema.

Resistência à seca e ao frio

O uso de *C. torelliana* para quebra ventos e arborização urbana na Austrália, onde foi plantado em áreas secas do norte tem revelado que esta espécie, apesar de ocorrer em área de alta precipitação (2.000 a 3.500 mm), tem se adaptado a ambientes com precipitações em torno de 500 mm anuais. Por outro lado, quando plantado em locais mais ao sul daquele país, tem apresentado resistência a geadas (Smithii, 2005), podendo resistir a mais de 50 geadas por ano. Isto está abrindo novas e importantes perspectivas para a produção de híbridos, tanto para áreas secas quanto frias. Por esta razão, cruzamentos entre espécies do gênero *Corymbia* podem se tornar uma excelente alternativa para os novos projetos florestais no Brasil, onde a adaptabilidade do *C. torelliana* pode conferir potencial de adaptação para plantios em áreas frias ou secas.

Algumas das opções para áreas secas e quentes são os cruzamentos de *C. torelliana* com: *C. nesophylla, C. intermedia* (QLD), *C. citriodora* (QLD) *C. clarksoniana* (QLD) e *C. tesselaris*. Para áreas frias, são recomendados os cruzamentos de *C. torelliana* com *C. citriodora ssp variegata; C. maculata, C. henryi, C. gummifera, C. clarksoniana* (NSW) *e C. citriodora* (NSW). Tanto para áreas secas quanto frias há outras opções de espécies de *Corymbia*, mas estas citadas acima são aquelas que apresentam maior potencial na produção de híbridos.

Qualidade da madeira para carvão vegetal

Até o momento não há análises específicas de qualidade do carvão feitas em híbridos de *Corymbia*. Individualmente, tanto *C. citriodora*

quanto *C. torelliana* são conhecidos como excelentes para a produção de carvão vegetal. Assim, a julgar pelos altos valores de densidade da sua madeira e pelo histórico das espécies puras para a produção de carvão, se espera que esses híbridos venham a produzir carvão com excelente qualidade. Espera-se que o carvão produzido com híbridos de *Corymbia* apresente alta densidade, alta resistência mecânica e alta granulometria, características importantes nos processos siderúrgicos em geral.

Qualidade da madeira para celulose

Análises realizadas em alguns híbridos, com respeito à sua qualidade para celulose, revelaram que esses materiais podem ser importantes para produção de madeira com baixo consumo específico. Na Austrália foram feitos cruzamentos entre *C. torelliana*, *C. citriodora ssp variegata* e *C. henryi*. Recentemente, análises realizadas com madeiras desses híbridos na África do Sul revelaram excelente qualidade da madeira para fabricação de celulose nos híbridos de *Corymbia*, sobretudo *C. torelliana* x *C. henryi* (David Lee[1], 2011).

Dados recentes, obtidos pela CMPC Celulose Riograndense, mostram que os híbridos de *Corymbia* podem ser interessantes para a produção de celulose. Análises feitas no Chile com materiais do Brasil mostraram que plantas crescendo em locais sem déficit hídrico elevado apresentam alto rendimento em celulose (55%), mesmo com densidades da ordem de 660 kg/m³. Valores dessa magnitude vão reduzir drasticamente o consumo específico de madeira. Madeiras de clones de *Corymbia* crescendo no cerrado apresentaram menores rendimentos em celulose, provavelmente pela maior quantidade de extrativos, resultantes da formação de bolsas de resina nos ambientes de maior déficit hídrico. Análises realizadas em madeiras desses mesmos híbridos do cerrado, porém crescendo no Vale do Rio Doce, apresentaram rendimentos intermediários entre os valores obtidos no Rio Grande do Sul e no cerrado. Nota-se que a variabilidade apresentada pelos híbridos vai permitir a seleção de clones com alto crescimento e alta qualidade da madeira para celulose. Desta forma, esses híbridos poderão ter papel importante em locais menos críticos à sua adaptação e parece estratégico investir no cruzamento de espécies de *Corymbia* como uma opção

alternativa às espécies de eucalipto atuais. Como a densidade da madeira de todas as espécies é alta, isto pode ser de grande importância para reduzir o consumo específico de madeira na produção de celulose, podendo ser uma alternativa ao uso de híbridos de *E. globulus* em alguns sites específicos.

David Lee, 2011 – Comunicação pessoal.

Por outro lado, devido à heterose para crescimento e à alta densidade da madeira dos híbridos, também pode se tornar uma possível e eficiente fonte de energia de biomassa, além da sua já conhecida qualidade para produção de madeira serrada.

O *C. torelliana* apresenta florescimento precoce, aos dois anos de idade e rapidamente se conseguirá produzir híbridos em cruzamentos com outras espécies.

Fatores negativos

Apesar de os híbridos de *Corymbia* serem resistentes à maioria dos insetos e doenças, que atualmente causam danos às plantações de eucalipto, podem ser preferidos por outros insetos. Da mesma forma que *C. torelliana* puro, os híbridos também são eventualmente atacados por coleópteros, sobretudo os do Gênero *Costalimaita* e é provável que no futuro outras pragas possam vir a se tornar importantes para híbridos de *Corymbia*.

As espécies de *Corymbia* são conhecidas por serem extremamente reativas a efeitos do meio na formação de bolsas de resina. Assim, fatores adversos de clima, ventos muito fortes, ferimentos causados por insetos e danos mecânicos, normalmente são gatilhos para a produção de resina no floema que, com o crescimento em diâmetro das árvores, ficam incrustradas dentro do lenho, formando as bolsas de resina. As bolsas de resina são fator negativo na produção de celulose (reduz o rendimento e a branqueabilidade e também aumenta o consumo de álcali) e madeira serrada (desvalorização das tábuas). Para carvão vegetal e energia de

biomassa aparentemente as bolsas de resina não apresentam influencia negativa.

A porcentagem de casca nas espécies de *Corymbia* é mais alta do que muitas espécies de eucalipto. Entretanto, nos híbridos, apesar de também apresentarem casca grossa, essas são menos espessas do que nas espécies puras. Além disto, tem sido observada grande variabilidade nesta característica, indicando que a espessura de casca pode ser reduzida via melhoramento genético.

Apenas uma proporção muito baixa de híbridos possui cheiro característico de citronelal, indicando que a hibridação reduz os teores desse óleo essencial, que é abundante em *C. citriodora*. Isto caracteriza herança do tipo aditivo para a produção de óleos essenciais nas folhas. A herança aditiva para essa característica já tinha sido verificada em cruzamentos entre espécies de eucalipto (Farah, et al. 2002).

Produção de híbridos de *corymbia*

As espécies de *Corymbia* e do Subgênero *Blakella*, recentemente incorporado ao Gênero *Corymbia*, se cruzam facilmente por cruzamentos controlados (Dickinson et al., 2007). As experiências mais recentes realizadas no Brasil por algumas empresas, como Aperam, Arcelor Mittal, Gerdau e CMPC tem demonstrado que a utilização das mesmas técnicas empregadas em cruzamentos de espécies de eucalipto, como manejo de pólen e técnicas de polinização controlada, é bem sucedida no Gênero *Corymbia*. Dickinson et al., (2007) testaram várias técnicas de polinização controlada e concluíram que a AIP (Assis et al., 2005) foi mais rápida e produziu maior quantidade de sementes por fruto do que as outras técnicas utilizadas em *Eucalyptus*. Assim, a produção de híbridos entre espécies de *Corymbia* não é muito diferente da produção de híbridos de *Eucalyptus* e pode ser realizada de forma semelhante.

Particularmente, cruzamentos entre *C. torelliana* e *C. citriodora* também podem ser produzidos por polinização livre. Quando plantadas de forma intercalada, o cruzamento entre elas é abundante, produzindo várias sementes híbridas em ambas as espécies. As sementes podem ser coletadas tanto no *C. citriodora*, quanto no *C. torelliana* e separadas

pela característica morfológica aroma de citronelal. No caso de se colher as sementes no *C. citriodora*, todas as plantas que não apresentarem aroma típico de citronelal serão híbridas. Quando coletadas no *C. torelliana*, todas as mudas com algum aroma de citronelal também serão híbridas. Haverá plantas tipicamente puras de cada espécie e ainda haverá outros híbridos sem a tipicidade descrita acima.

Clonagem de híbridos de *Corymbia*

Há até bem pouco tempo a propagação vegetativa por estaquia e miniestaquia nos híbridos de *Corymbia* era considerada difícil de ser viabilizada operacionalmente. Entretanto, recentes modificações nos procedimentos de enraizamento tem possibilitado obter resultados de enraizamento em níveis considerados excelentes. Um primeiro aspecto se refere à espécie utilizada como genitor feminino. Neste sentido, a espécie *C. torelliana* é especialmente importante. Por ser a espécie de maior enraizamento dentre todas as espécies de *Corymbia* testadas, sua presença nos cruzamentos é fundamental para se obterem níveis adequados de enraizamento na clonagem desses híbridos. Isto ocorre porque existe efeito materno para esta característica (Assis, 2000). Resultados operacionais de enraizamento de clones de *C. citriodora x C. torelliana* e *C. torelliana x C. citriodora* obtidos na Arcelor Mittal Bioflorestas (Assis, 2012), confirmam as observações anteriores da existência de efeito materno no enraizamento, como pode ser observado na Tabela 2. Os cruzamentos recíprocos apresentaram resultados distintos, onde aqueles em que o *C. torelliana* foi o genitor feminino apresentaram maior enraizamento do que seu recíproco. Nesse caso, fica clara a importância de utilizar o *C. torelliana* como mãe nos cruzamentos, pois vai reduzir a quantidade de clones descartados por baixo enraizamento e também aumentar o enraizamento médio dos clones produzidos.

Tabela 2. Enraizamento médio dos clones de *Corymbia* obtidos em trabalhos operacionais de multiplicação clonal.

Clones	Cruzamento	Enraizamento (%)
M-1	*C. citriodora x C. torelliana*	16,47
M-4	*C. torelliana x C. citriodora*	41,91
M-7	*C. torelliana x C. citriodora*	43,60
M-22	*C. citriodora x C. torelliana*	33,57
M-43	*C. torelliana x C. citriodora*	39,34
M-44	*C. citriodora x C. torelliana*	13,56

A média de enraizamento dos clones de *C. citriodora x C. torelliana* foi de 21,2%, enquanto de *C. torelliana x C. citriodora* foi de 41,61%, portanto o dobro do enraizamento médio do cruzamento recíproco. Com a utilização de resgates via lignotuber a tendência é que o enraizamento em geral se eleve nos dois tipos de cruzamentos, mas as vantagens da utilização do *C. torelliana* como mãe deverão permanecer.

Os efeitos de cruzamentos recíprocos sobre o crescimento, densidade da madeira e IMA carvão foram avaliados em seis híbridos de *C. citriodora* e *C. torelliana* na Arcelor Mittal Bioflorestas (Assis, 2012). Os resultados se encontram na Tabela 3.

Tabela 3. Incremento médio anual, densidade básica e IMA Carvão aos 7 anos de idade de híbridos recíprocos de Corymbia no Vale do Rio Doce – MG.

CRUZAMENTO	IMA 7 (m^3/ ha/ano)	D. BÁSICA (kg/m^3)	Matéria Seca ton/ha/ano	IMA carvão (ton./ha/ano)
C. citriodora x C. torelliana	43,67	622	27	8,69
C. torelliana x C. citriodora	38,87	643	25	8,00

Apesar do universo de dados ser muito pequeno, não se observaram efeitos significativos dos cruzamentos recíprocos, nem no crescimento e nem na densidade, os quais resultaram em valores de IMA carvão muito semelhantes. Como acontece com a maioria dos cruzamentos já testados em *Eucalyptus*, no que diz respeito ao efeito materno no crescimento das árvores (Assis, 2000), nota-se que nos *Corymbia* também não há esse tipo de fenômeno. Isto significa que a utilização do *C. torelliana* com genitor feminino, para melhorar o enraizamento, em princípio não resulta em efeitos negativos na produtividade de matéria seca e carvão.

Sistema de resgate de matrizes via lignotubers

Apesar dos significantes progressos verificados na clonagem de espécies de eucalipto, novas abordagens estão abrindo importantes oportunidades para melhorar os resultados operacionais e também permitindo que espécies recalcitrantes sejam utilizadas na estratégia geral de melhoramento baseada na hibridação e clonagem. Uma dessas novas abordagens diz respeito à clonagem de árvores selecionadas através da obtenção de brotações dos lignotubers. Testada originalmente na Arcelor Mittal Bioflorestas, a clonagem via lignotubers constitui um novo avanço a ser incorporado aos procedimentos operacionais de produção de mudas (Assis, 2011).

Os lignotubers, ou lignotubérculos, são estruturas de reserva das plantas, formadas a partir das axilas do par de folhas cotiledonares. Essas estruturas são ricas em gemas vegetativas e são importantes na sobrevivência das espécies de eucalipto, que as possuem, garantindo a rebrota diante de fenômenos naturais como fogo, ventos, geadas e déficit hídrico. Normalmente as brotações emitidas nos lignotubers são as que possuem características morfológicas e fisiológicas mais juvenis dentro da planta de eucalipto. Desta forma, hipoteticamente seria possível gerar clones a partir de espécies recalcitrantes.

Esta hipótese foi testada na Arcelor Mittal Bioflorestas, em *C. citriodora*, espécie de difícil enraizamento, onde 100 plantas juvenis foram plantadas em minijardim clonal e podadas de forma a emitir brotações a partir dos lignotubers. Os brotos foram enraizados separadamente, por planta e avaliados quanto à capacidade individual de enraizamento dessas. Os resultados dessa avaliação mostraram que 74 % das plantas enraizaram 100 %.

Com base nesses resultados preliminares foi investigado se as brotações dos lignotubers de plantas adultas de *C. citriodora*, espécie que praticamente não enraíza, teriam a mesma facilidade de enraizamento. Assim, foram avaliadas 10 árvores adultas desta espécie quanto à sua capacidade de enraizamento a partir de brotações provenientes dos lignotubers. Os resultados mostraram enraizamento médio superior a 60%, indicando que este artifício pode possibilitar o plantio desta espécie por clonagem.

Assim, essa técnica também pode ser indicada para árvores adultas de híbridos de *Corymbia*, *E. globulus*, *E. dunnii* e os híbridos dessas espécies, bem como para outras espécies recalcitrantes que possuem lignotubers. As brotações originadas diretamente dos lignotubers devem ser induzidas, a partir da decepa das árvores selecionadas, a uma altura de 5 a 10 cm acima da inserção das raízes mais superficiais. Isto forçará a emissão de brotos diretamente do lignotuber, ou da região do lignotuber. Como essa região se situa próxima ao coleto, na maioria das vezes se encontra sob o solo. Desta forma, antes de realizar a indução da brotação é necessário remover uma camada de solo superficial para expor o lignotuber.

Quando as brotações atingem o tamanho para produzir duas estacas tradicionais elas são cortadas e transportadas para serem estaqueadas e estabelecidas em casa de vegetação. É recomendável utilizar apenas estacas de primeira e segunda ordem (primeiro e segundo pares de folhas, de baixo para cima) no processo de resgate. Isto vai auxiliar a não perder a juvenilidade presente nas brotações obtidas dos lignotubers.

Uso de estufins no enraizamento de híbridos de *Corymbia*

outro procedimento, que tem se mostrado promissor na melhoria dos índices de enraizamento em espécies recalcitrantes é a cobertura dos minijardins clonais com mini-túneis, ou estufins (Assis, 2011). Na aperam Bioenergia foram realizados testes pioneiros com o uso de estufins, onde várias espécies foram avaliadas. Os resultados mostraram que para praticamente todas as espécies houve aumento na produtividade de brotos e que algumas espécies recalcitrantes ao enraizamento enraizavam de forma adequada com ouso dos estufins. Desta forma, resultados preliminares têm mostrado que o uso de cobertura plástica transparente, mantendo o ambiente das minicepas úmido e quente, aumenta a produtividade de miniestacas e também o enraizamento, além de melhorar sua qualidade por reduzir a formação de calos. Posteriormente a CMPC Celulose Riograndense ampliou os estudos com estufins no Rio Grande do Sul, onde clones híbridos de várias espécies e híbridos de *Corymbia* responderam de forma positiva à sua utilização. No ambiente criado sob os estufins, uma série de alterações na morfologia foliar é verificada, onde as folhas se tornam menores, mais estreitas e com coloração mais clara. Com folhas menores é possível utilizar miniestacas com folhas inteiras, reduzindo significativamente seus custos de preparação.

As espécies e os híbridos de *Corymbia* estão entre os materiais com maior nível de resposta ao uso desse equipamento. Atualmente as empresas que estão propagando esses híbridos em escala um pouco maior estão obtendo resultados de enraizamento acima de 70% em todos os clones e não se considera mais uma dificuldade intransponível produzir florestas clonais a partir desses híbridos. Assim, pode-se afirmar que, com a utilização dos conhecimentos recentemente adquiridos, o enraizamento operacional de híbridos de *Corymbia* deixou de ser um empecilho ao uso desses materiais em programas operacionais de plantios.

Referências

ASSIS, T. F.; WARBURTON, P.; HARWOOD, C. E. Artificially induced protogyny: an advance in the controlled pollination of Eucalyptus. **Australian Forestry**, v. 68, n. 1, p. 27-33, 2005.

ASSIS, T. F.; MAFIA, R. G. Hibridação e clonagem de Eucalyptus. In: BORÉM, A. (Ed.). **Biotecnologia florestal**. Viçosa, MG: Ed da UFV, 2007. p. 93-121

ASSIS, T. F. Hybrids and mini-cutting: a powerful combination that has revolutionized the Eucalyptus clonal forestry. **BMC Proceedings**, v. 5, suplemento 7, I18, 2011.

ASSIS, T. F.; SANTOS, G. A. Potencialidade de híbridos com Eucalyptus benthamii. In: SILVA, L. D.; HIGA, A. R.; SANTOS, G. A. dos (Coord.). **Silvicultura e melhoramento genético de Eucalyptus benthamii**. Curitiba: FUPEF, 2012. p. 61-75.

ASSIS, T. F. **Relatório de visitas à Arcelor Mittal Bioflorestas**, 17. [S.l.]: Assistech, 2012. 15 p.

DICKINSON, G. R.; WALLACE, H. M.; KELLY, N. I.; LEE, D. J. Inter-specific Corymbia hybrid research; providing new opportunities for plantation expansion in northern Australia. In: INSTITUTE OF FORESTERS OF AUSTRALIA AND NEW ZEALAND INSTITUTE OF FORESTRY CONFERENCE, 2007, At Coff's Harbour. [**Paper**]. Coffs Harbour, New South Wales: Institute of Foresters of Australia and New Zealand Institute of Forestry, 2007. p. 1-9.

DUQUE SILVA, L.; HIGA, A. R. Estratégia de melhoramento para E. benthamii. In: SILVA, L. D.; HIGA, A. R.; SANTOS, G. A. dos (Coord.). **Silvicultura e melhoramento genético de Eucalyptus benthamii**. Curitiba: FUPEF, 2012. p.21-37.

FARAH, A.; FECHTAL, M.; CHAOUCH, A. Effet de l'hibridation interspécifique sur la teneur et la composition chimique des huiles essentielles d'eucalyptus cultivés au Maroc. **Biotechnology Agronomy Society and Environment**, v. 6, n. 3, p. 163-169, 2002.

FERREIRA, F. A. **Patologia florestal**: principais doenças florestais no Brasil. Viçosa, MG: SIF, 1989. 570 p.

FONSECA, S. M. da; RESENDE, M. D. V. de; ALFENAS, A. C.; GUIMARÃES, L. M. da S.; ASSIS, T. F. de; GRATTAPAGLIA, D. **Manual prático de melhoramento genético do eucalipto**. Viçosa, MG: Ed da UFV, 2010. 200 p.

HIGA, R. C. V.; WREGE, M. S.; HIGA, A. R.; SANTOS, G. A. Considerações sobre exigências climáticas de E. benthamii. In: SILVA, L. D.; HIGA, A. R.; SANTOS, G. A. dos (Coord.). **Silvicultura e melhoramento genético de Eucalyptus benthamii**. Curitiba: FUPEF, 2012. p. 11-19.

KUMAR, P. A.; SHARMA, V. K.; GINWAL, H. S. Sustained hybrid vigor in F1 hybrids of Eucalyptus torelliana F. Muell x E. citriodora Hook. **World Applied Sciences Journal**, v. 11, n. 7, p. 830-834, 2010.

LAMKEY, K. R. Quantitative genetics of heterosis. In: COORS, J. G.; PANDEY, S. (Ed.). **The genetics and exploitation of heterosis in Crops**. Madison: American Society of Agronomy: Crop Science Society of America; Soils Science Society of America, 1999. p. 31-43.

LEE, D. J.; HUTH, J. R.; BRAWNER, J. T.; DICKINSON, G. R. **Relative performance of Corymbia hybrids and parental open-pollinated families in subtropical Queensland**. Durban: IUFRO, 2007. p. 1-10.

LEE, D. J. Achievements in forest tree genetic improvement in Australia and New Zealand 2: Development of Corymbia species and hybrids for plantations in eastern Australia. **Australian Forestry**, v. 70, n. 1, p.11–16, 2007.

LEE D. J; NIKLES G.; POMROY P.; BRAWNER J.; WALLACE H.; STOKOE, R. Corymbia species and hybrids: a solution to Queensland hardwood plantations? In: CORYMBIA RESEARCH MEETING: underpinning development of a profitable hardwood plantation industry in northern Australia by research into Corymbia species and hybrids, Gympie, Queensland, 2005. **Proceedings**... Queensland: Queensland Department of Primary Industries and Fisheries, 2005. p. 5-7.

LAWSON, S. A.; MCDONALD, J. Emerging insect pests of Corymbia. In: CORYMBIA RESEARCH MEETING: underpinning development of a profitable hardwood plantation industry in northern Australia by research into Corymbia species and hybrids, Gympie, Queensland, 2005. **Proceedings**... Queensland: Queensland Department of Primary Industries and Fisheries, 2005. p. 20-21.

MASCHIO, L. M. de A.; FERREIRA, C. A.; AUER, C. G.; GRIGOLETTI JÚNIOR, A.; WIECHETECK, M. R. S.; NARDELLI A. M. B.; BERNARDI, C. A. Descrição de uma anomalia ocorrida em Eucalyptus grandis na região de Arapoti-PR, Brasil. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 32/33, p. 85-87, jan./dez. 1996.

SANTOS, G. A.; CABEL, S. R.; ASSIS, T. F.; FIER, I. S. N.; MENDES, C. J.; PUCCI, A. de L. Potencial da Silvicultura clonal de E. benthamii para o sul do Brasil. In: SILVA, L. D.; HIGA, A. R.; SANTOS, G. A. dos (Coord.). **Silvicultura e melhoramento genético de Eucalyptus benthamii**. Curitiba: FUPEF, 2012. p. 77-102.

SMITH, H. Forests NSW Corymbia breeding and deployment program. In: CORYMBIA RESEARCH MEETING: underpinning development of a profitable hardwood plantation industry in northern Australia by research into Corymbia species and hybrids, Gympie, Queensland, 2005. **Proceedings**… Queensland: Queensland Department of Primary Industries and Fisheries, 2005. p. 22-23.

VERRYN, S. D. Eucalyptus hybrid breeding in South África. In: HYBRID BREEDING AND GENETICS OF FOREST TREES, 2000. **Proceedings**… Queensland: Department of Primary Industries, 2000. p. 191-199.

Nutrição e sustentabilidade de plantações florestais

José Henrique Tertulino Rocha[1], José Leonardo de Moraes Gonçalves[2], Eduardo Resende Girardi Marques[3], Carolina Braga Brandani[4]

Introdução

No Brasil, os plantios florestais comumente são estabelecidos em regiões de baixa aptidão agrícola, caracterizadas por solos de baixa fertilidade e pouca reserva de minerais. Em levantamento recente, foi constatado que os solos mais usados para plantações de eucalipto são os Latossolos de textura média e os Neossolos Quartzarênicos (GONÇALVES et al., 2013). Mesmo com a baixa fertilidade dos solos utilizados para plantações de florestas no Brasil, elevados níveis de produtividade são alcançados (40,7 m^3 ha^{-1} ano^{-1}) (Associação Brasileira de Produtores de Floresta Plantada - ABRAF, 2013). Essa grande produtividade, se deve a condições climáticas favoráveis, fatores de manejo, fertilização e, a características genéticas das espécies do gênero *Eucalyptus*, as quais conferem alta eficiência na absorção e utilização de nutrientes (BARROS; NEVES; NOVAIS, 2000; LACLAU et al., 2010b; LACLAU et al., 2013).

Apesar da crescente relevância do setor florestal brasileiro, questiona-se sobre a sustentabilidade da produção das florestas plantadas a médio e longo prazos, devido às características dos solos utilizados para as plantações florestais. Nesses solos, a matéria orgânica tem relevante função, influenciando a dinâmica dos nutrientes (TIESSEN et al., 1994).

1 Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Recursos Florestais (PPG-RF), ESALQ; e-mail: rocha.jht@gmail.com;

2 Professor Titular, Departamento de Ciências Florestais, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ), Universidade de São Paulo; e-mail: jlmgonca@usp.br;

3 Graduando Eng.Florestal ESALQ/USP e-mail: eduardo.marques@usp.br;

4 Pós-doutoranda - ESALQ/USP e-mail: carolbrandani@yahoo.com.br.

Técnicas que manipulam a quantidade e a qualidade da matéria orgânica podem refletir em consideráveis alterações na dinâmica e nos estoques de nutrientes do solo (KUMAR; GOH, 2000). Nesse contexto, o manejo dos resíduos florestais (serapilheira e sobras da colheita) entre as rotações de cultivo é de fundamental importância para manutenção da fertilidade do solo (TIESSEN et al., 1994) e para sustentabilidade da produção florestal (TIARKS et al., 1998; MENDHAM et al., 2002).

Para a melhor compreensão sobre a sustentabilidade da produção florestal ao longo do tempo é necessário entender como funcionam os ecossistemas florestais e os processos que determinam a produção de biomassa (KIMMINS, 1994). Desse modo, a recomendação de práticas de manejo adequadas ao ecossistema florestal se baseia no conhecimento de seu balanço nutricional e na quantificação dos fluxos de entrada e saída de nutrientes (BARROS; NEVES; NOVAIS, 2000). O balanço de nutrientes de um ecossistema é resultado da diferença entre as entradas (deposição atmosférica, intemperismo de minerais primários do solo, fixação biológica de nitrogênio e fertilizações) e as saídas (perdas por erosão, queimadas, lixiviação profunda e exportação via colheita) (BIZON, 2005). A exportação de nutrientes pela colheita pode ser reduzida a partir da manutenção dos resíduos florestais na área (GONÇALVES et al., 2000), no entanto, a quantidade de resíduos florestais deixados sobre o solo depende do sistema de colheita utilizado e do destino dado a esses resíduos (MALINOVSKI et al., 2002).

Até a década de 80, os resíduos florestais eram vistos apenas como empecilho às operações de reforma das plantações de eucalipto. Este fato motivou a queima, a remoção ou a incorporação desses resíduos. O conceito de que o eucalipto necessitava de um preparo de solo intensivo para atingir boas produtividades também era tido como boa prática de manejo.

Atualmente esses conceitos foram abolidos, e quase todas as áreas florestais são estabelecidas sob o sistema de cultivo mínimo do solo. Contudo, pressões quanto à utilização dos resíduos florestais têm surgido, assim como no setor agrícola. Com as restrições para a compra de terras e as elevações dos preços dos combustíveis fósseis, esses resíduos têm sido vistos como potenciais fontes alternativas de energia para o setor

industrial. Apesar de ser uma fonte de energia renovável, os benefícios da manutenção dos resíduos no campo não podem ser esquecidos.

Diante do exposto, objetivou-se com esse artigo compilar resultados de pesquisa e de práticas silviculturais relativas ao manejo de resíduos florestais, bem como propor diretrizes e recomendações para a tomada de decisão sobre práticas adequadas de manejo para esses resíduos.

Manejo de resíduos florestais

As áreas de implantação florestal, comumente, ocupam antigas áreas de pastagens. Inicialmente, estas áreas apresentam baixa quantidade de resíduos vegetais sobre o solo, sendo esses de fácil decomposição, não trazendo grande problema às operações silviculturais. Por outro lado, quando se trabalha em áreas de reforma florestal, alguns problemas são enfrentados. As quantidades de resíduos florestais remanescentes sobre o solo podem variar de 10 a 120 t ha^{-1}, dependendo da região, idade, espaçamento e sistema de colheita utilizado (GONÇALVES et al., 2000; SANKARAN et al., 2008; Du TOIT et al., 2008). Esses resíduos, por apresentarem elevada recalcitrância, permanecem por longos períodos sobre o solo, dificultando as operações silviculturais (ZEN et al., 1995).

Tais desafios motivaram a prática da queima de resíduos no Brasil até o início da década de 1990. A prática da queima era utilizada para "limpar" o solo e facilitar as operações, além de promover melhor desenvolvimento inicial das plantas (ZEN et al., 1995). Porém esse sistema trazia grandes problemas quanto à conservação dos solos, deixando-os mais susceptíveis a erosão e a perdas de nutrientes. Com o solo desprotegido e altamente susceptível a erosão, altos investimentos eram demandados na construção de terraços e manutenção de estradas (GONÇALVES et al., 2002). Devido a essas desvantagens a queima e o preparo intensivo do solo foram abolidos e implementou-se o sistema de cultivo mínimo; sistema em que os resíduos florestais são mantidos sobre o solo e o preparo de solo é restrito às linhas de plantio (GONÇALVES, et al., 2000; 2002). A manutenção dos resíduos florestais sobre o solo é de fundamental importância para a sustentabilidade da produção

florestal, contribuindo para: i) a redução da exportação de nutrientes; ii) a liberação gradual dos nutrientes para as árvores; iii) a proteção do solo; iv) a melhoria das características químicas, físicas e biológicas do solo; v) a manutenção da matéria orgânica do solo.

No sistema de cultivo mínimo do solo, o preparo de solo é localizado e os resíduos florestais são mantidos na superfície. Entretanto, duas novas realidades colocam o manejo dos resíduos florestais no centro das discussões. A mudança do sistema de colheita para árvores inteiras e a possibilidade de utilização desses resíduos como fonte de energia nas indústrias aumentam as pressões para remoção dos resíduos florestais do campo. A substituição do sistema de colheita com Harvester para a colheita com Feller-Buncher faz com que as sobras da colheita fiquem concentradas nas bordas dos talhões (local em que as árvores são processadas). Essa concentração facilita a remoção dos resíduos para utilização como fonte de energia, visto que a redistribuição desses resíduos na área é onerosa. Dessa forma, a remoção dos resíduos florestais para posterior utilização como fonte de energia está se tornando realidade nas empresas florestais.

Biomassa e nutrientes nos resíduos florestais

Parte da massa de nutrientes acumulada durante o ciclo de cultivo é levada pela colheita, outra parte permanece sobre o solo ou nele é incorporado via absorção radicular, formando os resíduos florestais. Uma das principais vantagens da manutenção dos resíduos florestais no campo é a redução da exportação de nutrientes, aumentando suas disponibilidades para as rotações de cultivo subsequentes (Tabela 1). Da biomassa total (parte aérea, raiz e serapilheira) de um povoamento de *Eucalyptus grandis* de sete anos (cerca de 190 t ha^{-1}), 66% é madeira, na qual estão contidos 36% do N, 36% do P, 43% do K, 23% do Ca e, 21% do Mg extraídos pela cultura (GONÇALVES et al., 2000).

Tabela 1. Quantidade1 média de nutrientes exportada na madeira de eucalipto, com ou sem casca, em função do incremento médio anual.

Nutriente	IMA (m^3 ha^{-1} ano^{-1})		
	30	40	50
	—— **kg ha^{-1}** ——		
	Madeira com casca		
N	198	264	330
P	41	54	67
K	116	155	194
Ca	202	270	338
Mg	23	31	39
S	37	49	61
	Madeira sem casca		
N	168	224	280
P	32	42	53
K	66	88	110
Ca	83	110	138
Mg	12	16	20
S	34	45	56

Fonte: Baseado em Neves (2000), Gonçalves et al. (2000) e Rocha (2014).

O descascamento da madeira no campo tem grande relevância para o sistema solo-planta em termos nutricionais. Em plantações de eucalipto, as cascas representam cerca de 12 a 14% da massa do tronco e possui elevadas concentrações de Ca e P (Tabela 2). Em um povoamento de *Eucalyptus grandis* de 7 anos, a casca representa cerca de 23% do total de resíduos florestais após a colheita, contendo cerca de 12, 41, 42 e 28% de N, P, K e Ca total, respectivamente (GONÇALVES, et al., 1997).

A quantidade e as características dos resíduos florestais que permanece na área após a colheita variam em função de diversos fatores, como: i) sistema de colheita; ii) idade do povoamento; iii) produtividade do povoamento; iv) material genético; v) finalidade da produção; vi) espaçamento de plantio; vii) condições climáticas. Desses, o sistema de colheita é o que apresenta maior influência na quantidade de resíduos que permanece sobre o solo. Rocha (2014) observou que, após a colheita da madeira sem casca de uma plantação de *Eucalyptus grandis* de 8 anos, permanecem sobre o solo aproximadamente 55 t ha^{-1} de resíduos. No sistema de colheita em que a árvore inteira é retirada, a quantidade de resíduos (serapilheira) foi de aproximadamente 30 t ha^{-1}. Na área em que todos os resíduos foram mantidos sobre o solo (MRe), o autor observou que as folhas, galhos, cascas e miscelânea, representaram em média 12, 32, 45 e 11% da biomassa total de resíduos, respectivamente. No tratamento em que foi mantido apenas a serapilheira (MSe), a massa de folha, galho, casca e miscelânea representaram cerca de 7, 47, 10 e 36% da biomassa de resíduos total, respectivamente (Tabela 3).

Esse mesmo autor verificou que, devido a maior quantidade de resíduos mantidos sobre o solo e a maior concentração de nutrientes nesses, a área em que todos os resíduos florestais foram mantidos sobre o solo apresentou grande estoque que nutrientes. Nessa área, mais de 30% do N, 15% do P e do Mg, 20% do K e do S e 12% do Ca encontravam-se nas folhas, sendo essa a reserva mais lábil de nutrientes dos resíduos florestais. A casca foi a fração que apresentou maior contribuição no acúmulo de P, K, Ca, Mg e S. Na área em que foi mantido apenas a serapilheira, a maior parte dos nutrientes encontravam-se na fração miscelânea, devido ao estágio mais avançado de decomposição dos resíduos. Na mesma área, os galhos apresentaram grande contribuição no montante de nutrientes acumulados, sendo, no entanto, um material de elevada recalcitrância, o que dificulta o processo de decomposição e mineralização de nutrientes (Tabela 3).

Tabela 2. Biomassa e nutrientes acumulados em uma plantação[1] de *Eucalyptus grandis* localizada no município de Itatinga, SP, com sete anos de idade, IMA igual a 40 m^3 ha^{-1} ano^{-1} de madeira com casca.

Compartimento	0Massa	Nutrientes										
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Fe	Zn	Mn	Cu
	t ha^{-1}	kg ha^{-1}						g ha^{-1}				
Folha	3	57	5	21	25	11	3	89	203	41	313	8
Galho	4	18	3	15	18	6	1	55	0233	92	653	13
Casca	12	40	12	67	160	15	4	0152	519	130	790	43
Lenho	150	224	42	88	110	16	45	291	7191	1280	880	148
Total PA[2]	**169**	**339**	**62**	**191**	**313**	**48**	**53**	**587**	**8146**	**1543**	**2636**	**212**
Raiz grossa (> 3mm)	20	75	3	28	31	6	3	32	789	59	112	12
Raiz fina (< 3mm)	4	22	1	4	17	3	1	15	708	43	61	6
Serapilheira	25	187	10	36	209	24	13	250	9500	520	4300	58
Total	**218**	**623**	**76**	**259**	**570**	**81**	**70**	**0884**	**19143**	**2165**	**7109**	**288**

[1] O solo local foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, textura média; [2] Parte aérea: folhas, galhos, casca e lenho. **Fonte**: Gonçalves et al. (2000).

Tabela 3. Quantidade de nutrientes nos resíduos florestais remanescentes sobre o solo após a colheita de um povoamento de *E. grandis* com 8 anos de idade, em tratamentos que receberam diferentes práticas de manejo de resíduos florestais.

MRF[(1)]	Massa		N		P		K		Ca		Mg		S	
	t ha^{-1}		kg ha^{-1}											
							Folha							
MRe	6,63	(12) [(2)]	103,3	(35)	4,1	(17)	16,6	(22)	34,8	(12)	9,7	(16)	4,6	(21)
MSe	2,14	0(7)	20,9	(11)	0,9	(7)	0,7	(12)	13,3	(12)	2,5	(9)	1,3	(9)
							Galho							
MRe	17,57	(32)	55,1	(19)	7,5	(31)	11,0	(14)	46,8	(16)	16,4	(26)	4,3	(19)
MSe	13,95	(47)	44,0	(23)	5,9	(46)	2,1	(34)	37,0	(32)	11,7	(40)	3,9	(29)
							Casca							
MRe	24,86	(45)	82,8	(28)	8,8	(36)	43,9	(57)	181,5	(62)	29,0	(46)	9,0	(40)
MSe	3,10	(10)	11,4	(6)	0,3	(3)	0,6	(10)	7,2	(6)	2,6	(9)	1,0	(7)
							Miscelânea							
MRe	6,35	(11)	53,9	(18)	3,9	(16)	5,2	(7)	27,9	(10)	7,4	(12)	4,4	(20)
MSe	10,76	(36)	118,3	(61)	5,7	(44)	2,7	(44)	56,6	(50)	12,5	(42)	7,5	(55)
							Total							
MRe	55,41	[5,27] [(3)]	295,1	[31,2]	24,3	[4,0]	76,8	[15,9]	291,0	[26,0]	62,5	[6,1]	22,3	[3,5]

[(1)]Manejo dos resíduos florestais, sendo: MRe – manutenção de todos os resíduos florestais (folhas, galhos, cascas e serapilheira), MSe – Manutenção apenas da serapilheira; [(2)]Percentual do nutriente acumulado na fração; [(3)] desvio padrão.

MSe	29,95	[3,10]	194,6	[24,0]	12,8	[0,7]	6,1	[1,5]	114,1	[13,6]	29,3	[4,8]	13,7	[1,7]

Decomposição e liberação de nutrientes

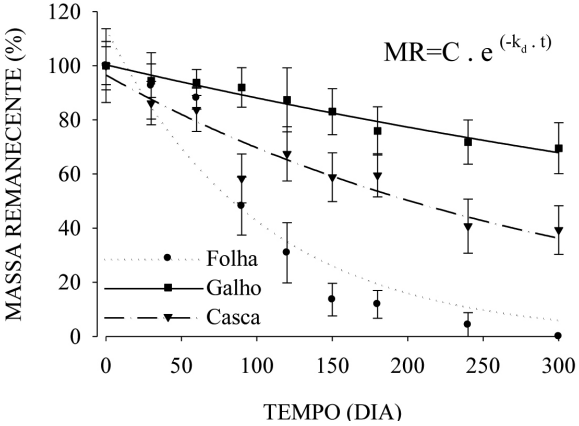
Os resíduos florestais e as raízes são as principais fontes de matéria orgânica para o solo. Estes tecidos vegetais, quando verdes, contêm em média entre 60 e 90% de água em relação à sua massa. A taxa de decomposição dos resíduos florestais de plantações de eucalipto no Brasil pode variar de 0,2 a 1,2 (GAMA-RODRIGUES; BARROS, 2002; ZAIA; GAMA-RODRIGUES, 2004; CUNHA et al., 2005; FERRAZ, 2009; ROCHA, 2014), ou seja, o tempo necessário para decompor metade da massa desses resíduos pode variar de meio ano a três anos. Apesar dessa grande variação, os resíduos de eucalipto apresentam baixa taxa de decomposição, decorrente de seu elevado grau de recalcitrância.

Em um estudo realizado com *Eucalyptus grandis* no município de Itatinga, SP, Rocha (2014) observou que as folhas apresentaram a maior velocidade de decomposição. Elas foram totalmente decompostas em 240 dias após a colheita (DAC). Os galhos apresentaram a menor velocidade de decomposição, apresentando, aos 300 DAC, aproximadamente 75% de sua massa inicial. As velocidades de decomposição das frações dos resíduos florestais seguiram a seguinte ordem: folha > casca > galho (Figura 1). O tempo médio de meia vida ($t_{0,5}$ - tempo necessário para decompor 50% da massa total dos resíduos) dessas frações foram 0,2, 0,6 e 1,5 anos, respectivamente. A grande diferença na velocidade de decomposição dessas frações ocorre principalmente pelas diferenças nas concentrações de nutrientes, relação C/N, teor de extrativos e superfície específica dos resíduos florestais (BRADY; WEIL, 2013).

Após a colheita, a velocidade de decomposição dos resíduos é alta, reduzindo exponencialmente ao longo do tempo. A maior velocidade de decomposição nos primeiros meses após a colheita se deve à maior concentração dos nutrientes nas folhas e galhos finos, os quais decompõem rapidamente, remanescendo apenas galhos grossos e cascas que são difíceis de decompor (Figura 2). Essa dinâmica de decomposição dos resíduos florestais é fortemente influenciada pelas condições climáticas, por exemplo, as limitações hídricas e térmicas.

A alta velocidade de decomposição nos primeiros meses após a colheita é suportada por grande aumento na atividade microbiana, o que pode resultar em imobilização inicial de alguns nutrientes. Rocha (2014) observou imobilização de N e S nos primeiros 60 dias após a colheita. Aos

300 dias após a colheita, foi observado liberação de aproximadamente 50% do N, P, Ca, Mg e S, e 80 % do K presentes nos resíduos florestais (folhas, galhos, cascas, e serapilheira) mantidos sobre o solo (Figura 3). O K apresentou liberação mais rápida que os demais nutrientes, pois este elemento não forma nenhum composto dentro da planta, permanecendo



em sua forma livre (Tabela 4).

Figura 1. Massa remanescente média (n=9) dos resíduos florestais e seus respectivos comportamentos descritos por modelos exponenciais simples, conforme sugerido por Olson (1963), após a colheita de uma plantação de *E. grandis* com 8 anos. Dados

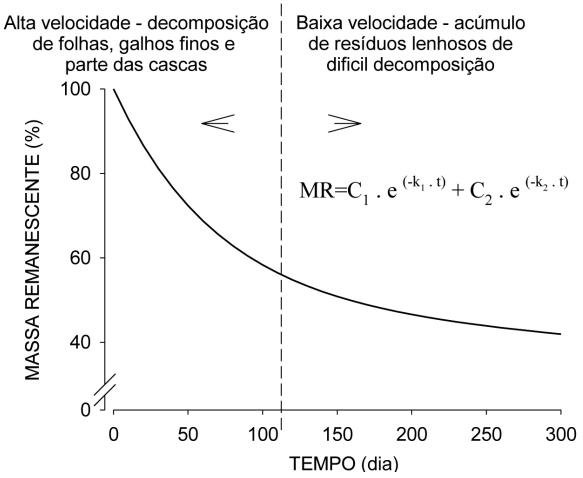
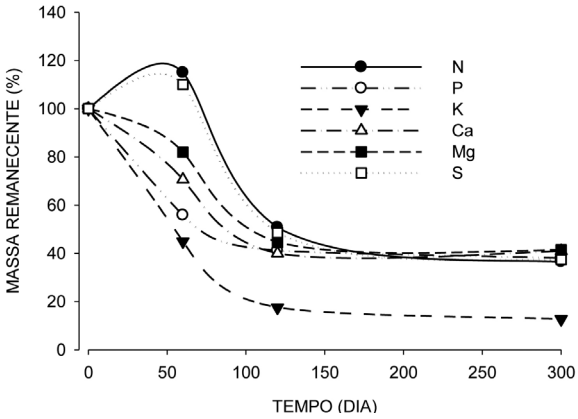


Figura 2. Decomposição dos resíduos florestais após a colheita (GONÇALVES et al., 2014)



adaptados de Rocha (2014)

Figura 3. Velocidade de liberação dos nutrientes contidos nos resíduos da colheita (folhas, galhos, cascas e serapilheira) de um povoamento de *Eucalyptus grandis* de oito anos em um Latossolo de textura média na região de Itatinga, estado de São Paulo. Dados adaptados de Rocha (2014) por Gonçalves et al. (2014).

Tabela 4. Quantidade de nutrientes liberados dos resíduos florestais sobre o solo nos primeiros 300 dias após a colheita.

MRF[(1)]	N	P	K	Ca	Mg	S
	kg ha^{-1}					
MRe	83,4	12,7	56,4	73,0	21,5	5,7
MSe	96,6	9,4	3,9	58,4	15,2	7,0

[(1)]Resíduos florestais, sendo: MRe – Manutenção de todos os resíduos (folhas galhos cascas e serapilheira); MSe – Manutenção penas da serapilheira.

Efeitos nos atributos do solo

Outro papel muito importante referente à manutenção dos resíduos florestais é sua contribuição para a proteção do solo, reduzindo os extremos térmicos (GONÇALVES et al., 1997), as perdas de água por evaporação (MATTHEWS, 2005) e escoamento superficial (GONÇALVES, et al., 2002; BERTONI; LOMBARDI NETO, 2008), além de contribuir para o aumento da biomassa microbiana do solo

(MENDHAM et al., 2002) e da mineralização de nutrientes (NZILA et al., 2002; O'CONNELL et al., 2004; GONÇALVES et al., 2008; SANKARAN et al. 2008; FERNÁNDEZ, et al., 2009).

Rocha (2014) avaliou atributos químicos do solo quanto as diferentes intensidades de remoção de resíduos florestais. Observou que as maiores diferenças se encontravam nas camadas de 0-5 e 5-10 cm de profundidade. A decomposição dos resíduos florestais não resultou em grandes alterações na fertilidade do solo. De modo geral, os teores de P e K reduziram com o decorrer do tempo devido à absorção pelas árvores. O pH do solo pouco alterou com o decorrer do tempo (Tabela 5). As práticas de manejo aplicadas pouco influenciaram os teores de nutrientes no solo, pois logo após suas mineralizações foram rapidamente absorvidos pelas árvores.

Este autor também avaliou o efeito da remoção dos resíduos da colheita no teor e na qualidade da matéria orgânica do solo (MOS). Observou que, no final do ciclo de cultivo de oito anos, o teor de carbono orgânico oxidável (CO) variou de 30 a 40 g kg^{-1} na camada de 0-5 cm, de 12 a 16 g kg^{-1} na camada de 5-10 cm e de 7 a 8 g kg^{-1} na camada de 10-20 cm. Na camada de 0-5 cm, em média, 42% do CO foi caracterizado como facilmente oxidado (Fração 1), 42% como mediamente oxidável (Fração 2) e 16% como de difícil oxidação (Fração 3). Na camada de 5-10 cm, houve aumento da contribuição da fração 2 no CO e, na camada de 10-20 cm, diminuição do percentual de carbono oxidado na fração 1e aumento na fração 3, sugerindo incremento em frações mais recalcitrantes em detrimento das frações mais lábeis (Tabela 6).

A remoção dos resíduos florestais reduziu o teor e impactou a qualidade da matéria orgânica do solo, sendo esses efeitos observados até o final da rotação de cultivo de 8 anos. Em muitos trabalhos, o manejo dos resíduos florestais influenciou o teor de matéria orgânica do solo apenas nos primeiros anos após a adoção de diferentes práticas de manejos, não sendo observado efeito dessas práticas no final da rotação de cultivo (MENDHAM et al., 2002; MENDHAM et al., 2003; LACLAU, et al., 2010a). Isso ocorreu principalmente quando se avaliou o carbono total do solo em regiões de clima temperado, ou em áreas com solos de alto teor de argila. O carbono total do solo, devido a sua alta estabilidade, apresenta poucas e lentas modificações em função do manejo do solo,

especialmente em plantações florestais, cujas intervenções no solo ocorrem com baixa frequência. Em regiões de clima temperado, devido as menores temperaturas e precipitação, a atividade dos microrganismos decompositores é mais lenta, o que, conjuntamente com a presença de argilas de alta atividade, contribui para a maior estabilização da matéria orgânica no solo. Com isso, há menor sensibilidade às práticas de manejo. Em solos com maior teor de argila, devido à formação de complexos organominerais, a matéria orgânica apresenta maior estabilidade que em solos arenosos. Mendham et al. (2003) observaram que em áreas com alto teor de argila, o manejo dos resíduos florestais de *Eucalyptus globulus* na Austrália não influenciou o teor de carbono orgânico no solo. Eles relataram que, em áreas arenosas, a remoção dos resíduos florestais reduziu o teor de carbono orgânico no solo, sendo esse efeito observado até o final da rotação de 7 anos.

Com o decorrer do tempo após a colheita, no tratamento em que os resíduos florestais foram mantidos sobre o solo (MRe), Rocha (2014) verificou que as concentrações de CO e das frações 1 e 2 da camada de 0-5 cm do solo se mantiveram constantes. Neste tratamento, a fração 3 apresentou pequena redução. A redução na fração de maior dificuldade de oxidação ocorre devido ao efeito *"priming"* (Brady e Weil, 2013). A adição de resíduos não decompostos sobre o solo pode ter aumentado a atividade microbiana, o que resulta na decomposição de formas lábeis de carbono no solo. Contudo, em médio prazo, não ocorrem alterações nas frações mais lábeis, devido à constante reposição dessas frações por meio da decomposição dos resíduos vegetais mantidos sobre o solo. No tratamento em que os resíduos florestais foram removidos, ocorreu redução no CO (Rocha, 2014). Essa redução foi bastante acentuada na fração 1 e não foi observada na fração 3. Com a remoção dos resíduos florestais, o carbono orgânico no solo decomposto pela ação microbiana não é reposto, ocorrendo redução em seu teor. Essa diminuição ocorre mais intensamente nas frações mais lábeis (Figura 4).

Tabela 5. Teores de nutrientes[1] em um Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, textura média (20% de argila), em função do tempo após a colheita, em tratamentos que receberam diferentes práticas de manejo de resíduos (Rocha, 2014).

Tempo	0-5 cm					5-10 cm					10-20 cm				
	P	pH[2]	K	Ca	Mg	P	pH	K	Ca	Mg	P	pH	K	Ca	Mg
dias	mg kg^{-1}		–mmol$_c$ dm^{-3}–			mg kg^{-1}		–mmol$_c$ dm^{-3}–			mg kg^{-1}		–mmol$_c$ dm^{-3}–		
Manutenção de todos os resíduos florestais															
0	8,0	3,5	1,1	5,2	4,9	4,4	3,6	0,8	1,9	2,2	3,3	3,8	0,6	1,2	1,2
60	7,0	3,7	1,0	4,7	7,2	4,5	3,9	0,6	2,0	4,1	-	-	-	-	-
120	6,8	4,0	0,7	7,9	9,5	4,1	3,9	0,6	2,7	2,2	4,0	3,9	0,5	1,2	1,7
300	6,1	3,6	0,7	7,6	8,5	4,1	3,8	0,6	1,8	2,7	2,2	4,0	0,5	1,8	2,4
Remoção de todos os resíduos florestais															
0	7,0	3,6	0,7	6,3	7,0	3,6	3,8	0,6	1,1	1,6	3,1	3,8	0,4	1,0	1,0
60	4,9	3,9	0,7	6,8	9,0	3,6	3,9	0,1	1,4	2,5	-	-	-	-	-
120	5,9	3,8	0,3	6,8	5,1	4,2	3,9	0,2	2,4	1,9	3,4	3,9	0,3	1,4	0,7
300	3,6	3,8	0,2	7,0	6,3	3,1	3,9	0,6	0,9	0,9	2,1	4,0	0,4	1,1	0,6
Manutenção apenas da serapilheira															
0	5,7	3,8	0,8	8,1	7,8	4,0	4,1	0,5	3,3	4,2	3,1	4,0	0,4	1,2	2,4
60	5,3	3,9	0,6	6,6	10,9	3,3	4,0	0,1	1,7	1,9	-	-	-	-	-
120	7,5	3,6	0,7	5,2	4,1	4,2	3,9	0,3	1,7	1,5	3,2	3,9	0,3	1,3	0,8
300	5,2	3,7	0,2	3,5	4,2	2,8	3,9	0,6	1,7	2,0	1,9	4,0	0,7	1,3	0,7
DMS $_{(trat.)}$ [3]	1,5*	0,2**	0,2**	3,2**	2,4**	ns	ns	ns	0,7*	0,9**	ns	0,1**	ns	ns	0,5*
DMS $_{(tempos)}$	1,3*	0,1**	0,2**	ns	ns	0,6**	0,1**	0,1**	ns	ns	0,4**	ns	ns	ns	0,3**

[1] Resina como extrator; [2] $CaCl_2$ 0,01mol L^{-1} com razão solo/solução de 1:5; [3] Diferença mínima significativa pelo teste LSD a 5% de probabilidade.

Tabela 6. Teor de carbono orgânico oxidável e diferentes frações da matéria orgânica do solo para as áreas em que os resíduos florestais foram mantidos sobre o solo (CRe) e removidos (SRe).

MRF. [1]	Frações						CO[2]	
	1		2		3			
	Facilmente oxidável		Mediamente oxidável		Dificilmente oxidável			
	g kg^{-1}							
	0-5							
CRe	17,5	(1,6) [3]	16,3	(2,1)	6,0	(0,1)	39,8	(3,8)
	44[4]		41		15			
SRe	12,1	0,2	12,7	(1,3)	5,4	(0,1)	030,2	(1,3)
	40		42		18			
	5-10							
CRe	6,4	(1,6)	7,7	(1,4)	1,6	(0,2)	15,6	(2,3)
	41		49		10			
SRe	4,9	(0,6)	6,1	(1,7)	1,4	(0,3)	12,4	(2,4)
	40		49		11			
	10-20							
CRe	2,8	(0,5)	3,8	(0,3)	1,5	(0,3)	8,2	(0,2)
	34		47		19			
SRe	2,6	(0,3)	3,0	(1,4)	1,8	(0,3)	7,3	(1,1)
	35		40		24			

[1] Manejo de resíduos florestais, sendo: CRe – manutenção de todos os resíduos florestais sobre o solo, SRe – Remoção de todos os resíduos florestais; [2] Carbono orgânico oxidado pelo método de Walkley e Black (1934); [3] Erro padrão da média (n=3); [4] Percentual do CO oxidado na fração. (ROCHA, 2014).

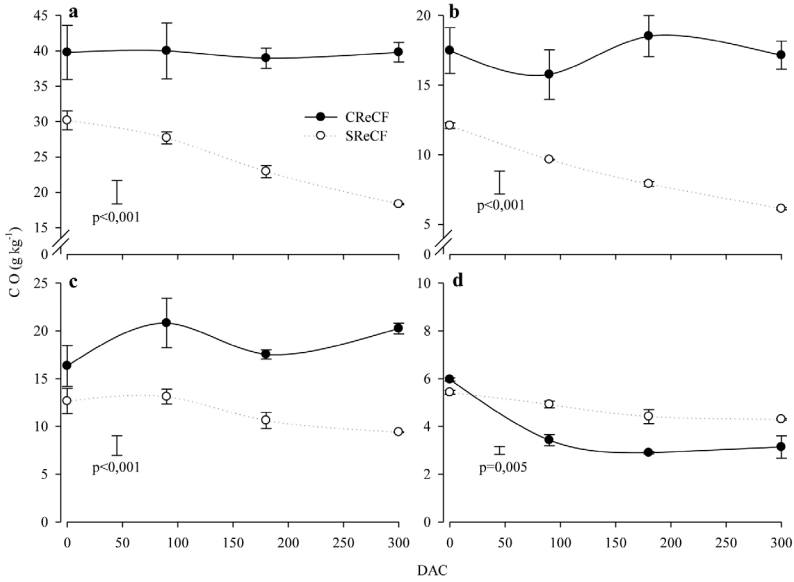


Figura 4. Teor de carbono orgânico oxidável (CO) na camada de 0-5 cm do solo (a) e nas frações facilmente oxidável (b), mediamente oxidável (c) e dificilmente oxidada (d). As barras sobre os pontos indicam o erro padrão da média e, a barra sem o ponto indica a diferença mínima significativa pelo teste LSD. Valores sob as barras indicam a probabilidade do teste F (Rocha, 2014).

Efeito na produtividade de madeira

Os resíduos florestais podem influenciar de diversas formas a produtividade da floresta. De forma direta, a manutenção dos resíduos florestais reduz a exportação de nutrientes, elevando sua disponibilidade às árvores (MENDHAM et al., 2003; MATHERS et al., 2003; O'CONNELL et al., 2004; CORBEELS et al., 2005; ROCHA, 2014). Porém, os resíduos apresentam diversos outros efeitos sobre o solo que resultam em melhor condição de desenvolvimento (JONES et al., 1999; GONÇALVES et al., 2002; MATHERS et al., 2003). Quanto mais arenoso e menos fértil for o solo, mais intenso são os efeitos dos resíduos florestais.

Em povoamentos de *Eucalyptus grandis* estabelecidos em Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico de textura média, Rocha (2014) relatou uma

produção de 350 m^3 ha^{-1} de madeira ao final da rotação de cultivo (8 anos), no tratamento em que todos os resíduos florestais foram mantidos sobre o solo. Quando só a serapilheira foi mantida (colheita das árvores inteiras), houve perda de 15% no volume de madeira e, quando todos os resíduos foram removidos, a perda de produtividade foi de 39% (Figura 5 a e b).

Os resíduos florestais apresentam inúmeros benefícios ao solo, dentre eles, redução dos estresses térmicos (GONÇALVES et al., 2000), proteção do solo contra erosão (GONÇALVES, et al., 2002; BERTONI; LOMBARDI NETO, 2008), aumento da biomassa microbiana (MENDHAM et al., 2002), da capacidade de mineralização de nutrientes (NZILA et al., 2002; O'CONNELL et al., 2004; SANKARAN et al. 2008; FERNÁNDEZ, et al., 2009), redução das perdas de água por evaporação e escoamento superficial (GONÇALVES et al., 2000; MATTHEWS, 2005). Todos esses benefícios podem ter contribuído para maior produtividade do tratamento em que todos os resíduos florestais foram mantidos sobre o solo (Rocha, 2014). Mas, o principal efeito da manutenção dos resíduos florestais sobre a produtividade foi a redução da exportação de nutrientes. Neste estudo, quanto maior foi a quantidade de massa de resíduos mantida sobre o solo, maior foi a produção de biomassa aérea (Figura 6). Esse resultado destaca o grande efeito dos resíduos como fonte de nutrientes, consequentemente, economia no uso de fertilizantes. Este autor também constatou que a remoção integral de resíduos florestais na primeira rotação de cultivo resultou em perda de 6% de produtividade na segunda rotação de cultivo.

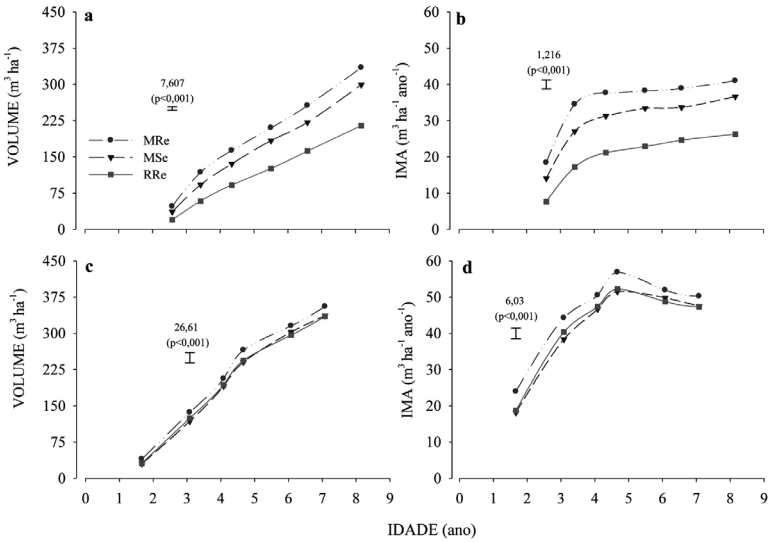


Figura 5. Volume de madeira com casca e incremento média anual (IMA) de plantações de *E. grandis* em tratamentos que receberam diferentes práticas de manejo de resíduos: MRe – manutenção de todos os resíduos florestais sobre o solo, MSe – remoção da parte aérea e manutenção apenas da serapilheira, RRe – Remoção de todos os resíduos florestais. Nos resultados apresentados nas figuras **a** e **b**, houve baixo investimento em fertilização (15 kg ha^{-1} de N, 30 kg ha^{-1} de P e e 165 kg ha^{-1} de K) e, nas figuras **c** e **d**, alto investimento em fertilização (100 kg ha^{-1} de N, 100 kg ha^{-1} de P, 150 kg ha^{-1} de K e 2 t ha^{-1} de calcário. As barras indicam as diferenças mínimas significativa a 5% de probabilidade pelo teste LSD e os valores sobre as barras a significância do teste F. Adaptado de Rocha (2014).

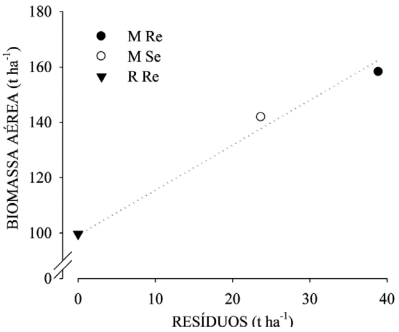


Figura 6. Relação entre a quantidade de resíduos florestais mantida sobre o solo e a produção de biomassa aérea em um povoamento de *Eucalyptus grandis* aos 8 anos de idade (ROCHA, 2014).

Balanço nutricional do sítio florestal

Quando a finalidade da plantação florestal é a produção de biomassa para a geração de energia, as folhas, os galhos, as cascas e, em alguns casos, a serapilheira, podem ser levados junto com a madeira. Do ponto de vista nutricional e de conservação do solo**,** o sistema de colheita mais adequado é aquele que remove apenas a madeira (lenho), deixando todos os resíduos sobre o solo. Para a produção de uma tonelada de madeira de eucalipto são consumidos em média 4 kg de macronutrientes, e para produção de uma tonelada de folhas, galhos, cascas e serapilheira são consumos 37, 16, 23 e 20 kg t^{-1} de macronutrientes, respectivamente (Rocha, 2014).

Com exceção do S, menos de 40% dos nutrientes acumulados na biomassa aérea estão contidos no lenho. Entre os resíduos florestais (folhas, galhos, casca e serapilheira), a serapilheira merece atenção especial, pois contém, cerca de 30% dos macronutrientes contidos no povoamento. A casca é uma importante fonte de Ca, K e P. Os galhos possuem baixa concentração de nutrientes. As folhas apresentam as maiores concentrações de nutrientes e baixa relação C/N, por isso, se decompõem rapidamente, sendo importante fonte de nutrientes.

Rocha (2014) verificou que foi exportado 125 t ha^{-1} de biomassa e 502 kg ha^{-1} de macronutrientes, no tratamento em que foi mantido todos os resíduos. No tratamento em que todos os resíduos foram removidos, exportaram-se 164 t ha^{-1} de biomassa e 1.340 kg ha^{-1} de macronutrientes. Neste estudo, o balanço nutricional do povoamento, indispensável à sustentabilidade da produção madeireira, foi altamente dependente do manejo silvicultural empregado. Mesmo no tratamento mais conservacionista, em que todos os resíduos florestais foram mantidos, sem a aplicação de fertilizantes, não foi sustentável do ponto de vista nutricional (Tabela 7). Este resultado pode ser explicado por três fatores principais: i) baixo investimento em fertilização, sendo as entradas de nutrientes inferiores às saídas; ii) alta produtividade e, com isso, alta exportação de nutrientes; iii) baixa contribuição do solo como fonte de nutrientes, pois este era de baixa fertilidade.

No tratamento em que todos os resíduos foram mantidos sobre o solo (MRe), o K foi o único nutriente que apresentou balanço positivo.

Para todos os demais nutrientes e manejos, o balanço de nutrientes foi negativo. Apesar do balanço de nutrientes ser negativo, o saldo continua positivo, sendo suficiente para rotações de cultivo futuras. No tratamento MRe, constata-se que os estoques de N do solo e da biomassa florestal seriam suficientes para mais 7 rotações de cultivo. Para P, Ca e Mg**,** os estoques seriam suficientes para mais de 10 rotações de cultivo. Para o tratamento em que foi mantido sobre o solo apenas a serapilheira (MSe), os estoques de P, K e Ca seriam suficientes para mais 3 rotações de cultivo, o estoque de N, para mais 4 e, o de Mg, para mais 5 rotações de cultivo. Neste manejo, houve perdas de 15% na produção de madeira já na primeira rotação. O Ca e o P foram os nutrientes que mais limitaram a produção. Este resultado refletiu a ausência de aplicação de calcário e a baixa dose de P aplicada (13 kg ha^{-1}), além das pequenas reservas do solo e da remoção da casca e da copa, as quais são importantes fontes desses nutrientes.

Quando todos os resíduos foram removidos (RRe), os estoques de Ca seriam suficientes apenas para uma rotação, os de P, N e Mg, para mais duas rotações, e os de K, para mais 7 rotações. Neste tratamento houve alta perda de produtividade (39%) na primeira rotação. O balanço nutricional indica que, com exceção do K, que foi fornecido em quantidade suficiente via fertilização, todos os demais macronutrientes podem ter limitado a produção (Tabela 7).

Tabela 7. Balanço de nutrientes em um povoamento de *Eucalyptus grandis* sobre um Latossolo Vermelho-Amarelo de textura média em rotações de 7 anos com diferentes práticas de manejo de resíduos.

Componente	Biomassa	N	P	K	Ca	Mg
	t ha^{-1}	kg ha^{-1}				
Estoque de nutrientes antes da instalação do experimento						
Estoque no solo (0-100cm) [1]		728,0	37,9	121,0	192,8	83,9
Estoque na biomassa florestal						
Serapilheira	24	187,2	9,5	35,5	208,6	23,7
Lenho	125	223,9	18,8	106,3	110,1	016,3
Casca	9	35,7	11,8	47,4	95,0	14,9
Copa	6,3	72,8	7,6	29,0	42,7	11,7
Raízes	24	97,6	3,9	29,2	32,9	9,5
Total	188	617,2	51,6	247,4	489,3	76,1
Total		1345,2	89,5	368,4	682,1	160,0
Saídas com a colheita						
Tratamento MRe[2]	125	223,9	18,8	106,3	110,1	16,3
Tratamento MSe	140	332,4	38,2	182,7	247,8	42,9
Tratamento RRe	164	519,6	47,7	218,2	456,4	66,6
Entradas						
Fertilização[3]		15,0	13,1	136,9		
Deposição atmosférica[4]		31,5		31,5	51,0	12,6
Balanço de nutrientes[5]						
Tratamento MRe		-177,4	-5,7	62,1	-59,1	-3,7
Tratamento MSe		-285,9	-25,1	-14,3	-196,8	-30,3
Tratamento RRe		-473,1	-34,6	-49,8	-405,4	-54,0
Saldo de nutrientes[6]						
Tratamento MRe		1167,6	83,8	430,5	623,0	156,3
Tratamento MSe		1059,1	64,4	354,1	485,3	129,7
Tratamento RRe		871,9	54,9	318,6	276,7	106,0
Número potencial de rotações de cultivo de 7 anos						
Tratamento MRe		7	>10	In	>10	>10
Tratamento MSe		4	3	3	3	5
Tratamento RRe		2	2	7	1	2

[1] Para determinar a contribuição do solo foram realizadas análises dos teores disponíveis de P, K, Ca e Mg pelo método da resina e para o N foi considerado que 10% do N total é decomponível; [2] MRe - Manutenção de todos os resíduos culturais sobre o solo, MSe - Remoção dos resíduos florestais, manutenção da serapilheira sobre o solo, RRe - Remoção de todos os resíduos culturais, incluindo a serapilheira; [3]Na fertilização foi utilizado 150 e 250 kg ha^{-1} de NPK 10-20-10 e KCl, respectivamente, sendo a mesma para todos os tratamentos; [4] Para estimativa da deposição atmosférica foram utilizados os dados de Laclau et al. (2010b); [5] Foi considerado como as entradas de nutrientes via adubação e deposição atmosférica menos as saídas por meio da colheita; [6] O saldo foi calculado por meio da soma do balanço com o estoque inicial de nutrientes (ROCHA, 2014).

Valoração financeira dos resíduos florestais

Atualmente, com as pressões que vêm surgindo para a utilização de fontes de energias renováveis, os resíduos florestais estão sendo vistos como potenciais subprodutos para a geração de energia. Para que a produtividade seja mantida, com a remoção parcial ou integral dos resíduos florestais, há necessidade de investimentos mais elevados em fertilização, de modo a se assegurar o balanço nutricional do sítio. Quanto maior a remoção de resíduos, maior o potencial de perda de produtividade, a qual pode chegar a 40% quando todos os resíduos são removidos, sem suplementação compensatória de nutrientes (Rocha, 2014).

Para que a produtividade de madeira seja sustentável, o saldo entre a quantidade de nutrientes exportada e a quantidade de nutrientes aportada deve ser próximo à zero. Rocha (2014) constatou que para repor todos os macronutrientes exportados pela colheita (apenas lenho), com o uso de fertilizantes, seria necessário um investimento de aproximadamente R$ 1.800,00 por hectare em fertilizantes. Caso a madeira e todos os resíduos florestais fossem extraídos, este custo seria de aproximadamente R$ 4.150,00 por hectare (Tabela 8). Este grande aumento (130%) no custo com fertilizantes se deve, em grande parte a alta concentração de nutrientes nos resíduos. Assim, para repor os nutrientes contidos em uma tonelada de madeira, o custo com fertilizantes é de R$14,30. Os valores são muito maiores para cada tonelada de resíduos: folhas = R$ 135,00, galhos = R$ 45,00, casca = 55,00 e serapilheira = R$ 55,00.

Tabela 8. Custo com insumos para a reposição dos nutrientes exportados nos diferentes cenários de manejo florestal.

Tratamento	Biomassa[1]	Custo para reposição dos nutrientes exportados		
	t ha^{-1}	BRL	USD[2]	Eq m^3[3]
MRe	125	1.791,33	799,70	34,9
MSe	140	2.845,30	1.270,22	55,5
RRe	164	4.157,52	1.856,04	81,0

[1]Considerando a madeira e os demais compartimentos aéreos removidos em cada tratamento; [2] Dólar a R$ 2,24 - data base 04/04/2014; [3] valor em m^3 de madeira equivalente, considerando o preço da madeira de R$51,30 m^{-3}.

Diretrizes e recomendações

a principal contribuição da manutenção dos resíduos florestais no campo, que pode resultar em ganhos de produtividade em curto prazo (uma rotação de cultivo), é a redução na exportação de nutrientes e, com isso, o aumento da disponibilidade para as árvores. Esse efeito é observado, principalmente, quando é efetuado baixo investimento em fertilização. Se os nutrientes exportados com a remoção dos resíduos forem repostos via fertilização, não se esperam ganhos de produtividade com a manutenção dos resíduos.

Considerando-se apenas o custo com fertilizantes, a reposição dos nutrientes contidos nos galhos, cascas e serapilheira é viável economicamente. Apenas para as folhas não seria viável, devido a sua alta concentração de nutrientes. Porém, essa avaliação é complexa, devido à dificuldade de valoração financeira dos outros benefícios dos resíduos, algumas com efeitos em médio e longo prazo.

Para a tomada de decisão sobre a remoção de resíduos, devem-se considerar vários fatores relacionados à sua remoção: i) ganhos ambientais decorrentes da utilização de uma fonte de energia renovável; ii) ganhos operacionais decorrentes da redução dos obstáculos para as operações silviculturais; iii) redução dos danos às máquinas e implementos; iv) facilidade de controle de algumas pragas e doenças. Por outro lado, deve-se ponderar com vários fatores relacionados à sua manutenção: i) aumento no teor e na qualidade do C orgânico do solo; ii) redução das perdas de água por evaporação e escoamento superficial; iii) redução dos extremos térmicos do solo; iv) proteção do solo contra erosão; v) redução da compactação do solo pelo tráfego de máquinas; vi) redução da infestação de plantas daninhas; vii) aumento da atividade biológica do solo.

Fazendo um balanço de todos esses benefícios e oportunidades, entende-se que é possível utilizar parte dos resíduos florestais sem comprometer a conservação do solo e a sustentabilidade da produção. Para isso alguns critérios devem ser considerados:

- Manter sobre o solo ao menos a serapilheira e as folhas;
- Manter no mínimo 70% da superfície do solo coberta com

resíduos;

- Remover, preferencialmente, os resíduos lenhosos (cascas, galhos e ponteiros das árvores).
- As quantidades de P, K, Ca e Mg contidas nos resíduos removidos devem ser repostas via fertilização e o incremento na quantidade de N e S aplicada também deve ser considerada;
- Se o tempo de espera até o novo plantio for longo, maior quantidade de resíduos deve ser mantido sobre o solo para garantir sua cobertura, sobretudo em áreas mais sucetíveis à erosão;
- No período de chuvas mais intensas e em áreas suscetíveis à erosão, como áreas declivosas e com solos mais erodíveis, todos os resíduos florestais devem ser mantidos sobre o solo.

Referências

ANUÁRIO Estatístico da ABRAF 2013: ano base 2012. Brasília, DF, 2013. 148 p.

BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F. Recomendação de fertilizantes minerais em plantios de eucalipto. In: GONÇALVES, J. L. M; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. 427 p.
BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 6. ed. São Paulo: Ícone, 2008. 355 p.

BIZON, J. M. C. **Avaliação da sustentabilidade nutricional de plantios de Pinus taeda L. usando um balanço de entrada-saída de nutrientes**. 2005. 92 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. Porto Alegre: Bookman, 2013. 716 p.

CORBEELS, M.; McMURTRIE, R. E.; PEPPER, D. A.; MENDHAM, D. S.; GROVE, T. S.; O'CONNELL, A. M. Long-term changes in productivity of eucalypt plantations under diferente harvest residue and nitrogen management practices: A modelling analysis **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 217, p. 1-18, 2005.

CUNHA, G. D. M.; GAMA-RODRIGUES, A. C. D.; COSTA, G. S. Nutrient cycling in a eucalypt plantation (Eucalyptus grandis W. Hill ex Maiden) in Northern Rio de Janeiro State. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, p. 353-363, nov. 2005.

Du TOIT, B.; DOVEY, S. B.; SMITH, C. W. Effects of slash and site management treatments on soil properties, nutrition and growth of a Eucalyptus grandis Plantation in South Africa In.: NAMBIAR, E. K. S. **Site management and productivity in tropical plantation forests**. Bogor, Indonésia: Center for International Forestry Research (CIFOR), 2008. p. 63-78.

FERNÁNDEZ, C.; VEGA, J. A.; BARÁ, S.; BELOSO, C.; ALONSO, M.; FONTURBEL, T. Nitrogen mineralization after clearcutting and residue management in a second rotation Eucalyptus globulus Labill. stand in Galicia (NW Spain) **Annals of Forest Science**, Les Ulis, v. 66, p 807, 2009.

FERRAZ, A. V. **Ciclagem de nutrientes e metais pesados em plantios de Eucalyptus grandis adubados com lodos de esgoto produzidos em diferentes estações de tratamento da região metropolitana de São Paulo**. 2009. 122 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F. Ciclagem de nutrientes em floresta natural e em plantios de eucalipto e de dandá no sudeste da Bahia, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 26, n. 2, p. 193-207, 2002.

GONÇALVES, J. L. M.; ALVARES, C. A.; HIGA, A. R.;SILVA, L. D.; ALFENAS, A. C.; STAHL, J.; FERRAZ, S. F. B.; LIMA, W. P.; BRANCALION, P. H. S.; HUBNER, A.; BOUILLET, J. P. D.; LACLAU, J. P.; NOUVELLON, Y.; EPRON, D. Integrating genetic and silvicultural strategies to minimize abiotic and biotic constraints in Brazilian eucalypt plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 301, p. 6-27, Aug. 2013

GONÇALVES, J. L. M.; BARROS, N. F.; NAMBIAR, E. K. S.; NOVAIS, R. F. Soil and stand management for short-rotation plantations. In: NAMBIAR, E. K. S.; BROWN, A. G. **Management of soil, nutrientes and water in tropical plantation forests**. Canberra: ACIAR, 1997. p. 379-418.

GONÇALVES, J. L. M.; ROCHA, J. H. T.; BAZANI, J. H.; HAKAMADA, R. E. Nutrição e adubação da cultura do eucalipto manejada no sistema de talhadia. In: Simpósio Brasileiro sobre Nutrição de Plantas Aplicada em Sistemas de Alta Produtividade, 4., 2014. **Anais**... Jaboticabal: Unesp, 2014

GONÇALVES, J. L. M; STAPE, J. L.; BENEDETTI, V.; FESSEL, V. A. G.; GAVA, J. L. Reflexos do cultivo mínimo e intensivo do solo em sua fertilidade e na nutrição das árvores. In: GONÇALVES, J. L. M; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 1-58.

GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L.; WICHERT, M. C. P.; GAVA, J. L. Manejo de resíduos vegetais e preparo de solo. In: GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L. **Conservação e cultivo de solos para plantações de florestas**. Piracicaba: IPEF, 2002. p. 131-204.

GONÇALVES, J. L. M.; WICHERT, M. C. P.; GAVA, J. L.; SERRANO, M. I. P. Soil fertility and growth of Eucalyptus grandis in Brazil under deferente residue management practices. In.: NAMBIAR, E. K. S. S**ite management and productivity in tropical plantation forests**. Indonésia: CIFOR, 2008. p. 51-62.

JONES, H. E.; MADEIRA, M.; HERRAEZ, L.; DIGHTON, J.; FABIÂO, A.; GONZÁLEZ-RIO, F.; MARCOS, M. F.; GOMEZ, C.; TOMÉ, M.; FEITH, H.; MAGALHÂES, M. C.; HOWSON, G. The effect of organic-matter management on the productivity of Eucalyptus globulus stands in Spain and Portugal: tree growth and harvest residue decomposition in relation to site and treatment. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 122, p.73-86, 1999.

KIMMINS, J. P. Identifying key processes affecting long-term site productivity. In: DYCK, W. J.; COLE, D. W.; COMERFORD, N. B. **Impacts of forest harvesting on long-term site productivity**. Britain: 1994. p. 119-150.

KUMAR, K.; GOH, K. M. Crop residues and management practices: effects on soil quality, soil nitrogen dynamics, crop yield, and nitrogen recovery. **Advances in Agronomy**, San Diego,v. 68, p. 197-319, 2000.
LACLAU, J. P.; RANGER, J.; GONÇALVES, J. L. M.; MAQUÈRE, V.; KRUSCHE, A. V.; M'BOU, A. T.; NOUVELLON, Y.; SAINT-ANDRÉ, L.; BOUILLET, J. P.; PICCOLO, M. C.; DELEPORTE, P. Biogeochemical cycles of nutrients in tropical Eucalyptus plantations. Main features shown by intensive monitoring in Congo and Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 259, p. 1771–1785, 2010a.

LACLAU, J. P.; LEVILLAIN, J.; DELEPORTE, P.; NZILA, J. D.; BOUILLET, J. P.; SAINT-ANDRÉ, L.; VERSINI, A.; MARESCHAL, L.; NOUVELLON, Y.; THONGO, M'BOU A.; RANGER, J. Organic residue mass at planting is an excellent predictor of tree growth in Eucalyptus plantations established on a sand tropical soil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 260, p. 2148-2159, 2010b.

LACLAU, J. P. NOUVELLON, Y.; REINE, C.; GONÇALVES, J. L. M.; KRUSHE, A. V.; JOURDAN, C.; MAIRE, G.; BOUILLET, J. P.; Mixing Eucalyptus and Acacia trees leads to fine root over-yielding and vertical segregation between species. **Oecologia**, New York, v. 172, n. 3, p. 903-913, 2013.
MALINOVSKI, J. R.; CAMARGO, C. M. S.; MALINOVSKI, R. A. Sistemas. In: MACHADO, C. C. **Colheita florestal**. Viçosa, MG: UFV, 2002. p. 145-164.

MENDHAM, D. S.; O'CONNELL, A. M.; GROVE, T. S.; RANCE, S. J. Residue management effects on soil carbon and nutrient contents and growth of second rotation eucalypts. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 181, n. 3, p. 357-372, Aug 2003.

MENDHAM, D. S.; SANKARAN, K. V.; O'CONNELL, A. M.; GROVE, T. S.; Eucalyptus globules harvest residue management effects on soil carbon and microbial biomass at 1 and 5 years after plantations establishment. **Soil Biology and Biochemistry**, Amsterdam, v. 34, p. 1903-1912, 2002.

MATHERS, N. J.; MENDHAM, D. S.; O'CONNELL, A. M.; GROVE, T. S.; XU, Z.; SAFFIGNA, P. G. How does residue management impact soil organic matter composition and quality under Eucalyptus globulus plantations in southwestern Australia? **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.179, p 253-267, 2003.

MATTHEWS, S. The water vapour conductance of Eucalyptus litter layers. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 135, n. 1/4, p. 73-81, Dec. 2005.

NZILA, J. D. BOUILLET, J. P.; LACLAU, J. P.; RANGER, J. The effects of slash management on nutrient cycling and tree growth in Eucalyptus plantations in the Congo. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 171, n. 1/2, p. 209-221, Nov. 2002.

O'CONNELL, A. M. GROVE, T. S.; MENDHAM, D. S.; RANCE, S. J. Impact of harvest residue management on soil nitrogen dynamics in Eucalyptus globulus plantations in south western Australia. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 36, n. 1, p. 39-48, Jan. 2004.

OLSON, J. S. Energy-storage and balance of producers and decomposers in ecological-systems. **Ecology**, Washington, v. 44, n. 2, p. 322-331, 1963.

ROCHA, J. H. T. **Reflexos do manejo de resíduos florestais na produtividade, nutrição e fertilidade do solo em plantações de Eucalyptus grandis**. 2014. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais)) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SANKARAN, K. V.; MENDHAM, D. S.; CHACKO, K. C.; PANDALAI, R. C.; PILLAI, P. K. C.; GROVE, T. S.; O'CONNELL, A. M. Impact of Site Management Practices on Growth of Eucalypt Plantations in the Monsoonal Tropics in Kerala, India. In.: NAMBIAR, E. K. S. **Site management and productivity in tropical plantation forests**. Bogor: CIFOR, 2008. p. 23-38.

TIARKS, A.; NAMBIAR, E.; COSSALTER, C. **Site Management and productivity in tropical forest plantations**. Bogor: CIFOR, 1998. (Occasional Paper, 16.).

TIESSEN, H.; CUEVAS, E.; CHACON, P. The role of soil organic matter in sustaining soil fertility. **Nature**, London, v. 371, p. 783–785, 1994.

WALKLEY, A.; BLACK, I. A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**, Philadelphia, v. 37, n. 1, p. 29-38, Jan 1934.

ZAIA, F. C.; GAMA-RODRIGUES, A. C. Nutrient cycling and balance in eucalypt plantation systems in north of Rio de Janeiro state, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, p. 843-852, 2004.

ZEN, S.; YONEZAWA, J. T.; FELDEBERG, J. E. Implantação de florestas no sistema de cultivo mínimo. In: SEMINÁRIO SOBRE CULTIVO MÍNIMO DO SOLO EM FLORESTAS, 1., 1991, Curitiba. **Anais**... Colombo: EMBRAPA-CNPF, 1995. p. 65-72.

Bloco 3

Manutenção de florestas e manejo integrado das pragas

Uso de tecnologia de precisão na silvicultura da Suzano papel e celulose

Lindenberg Rodrigues Perpétuo[1]

Resumo

O uso de tecnologias de precisão em processos florestais tem adquirido significativa importância junto às organizações de um modo geral, principalmente por ter se tornado um dos principais fatores de mudança de conceitos, visando potencializar a qualidade e produtividade florestal. Estas tecnologias são fundamentais para a exploração das oportunidades de otimização de processos, redução de custos e suporte para a gestão operacional, garantindo a sustentabilidade dos negócios florestais.

Desta forma, este trabalho apresenta a experiência da Suzano Papel e Celulose na implantação e uso destas tecnologias disponíveis no mercado, em especial aquelas aplicadas às atividades de preparo de solo, fertilização e aplicação de herbicida, que serão detalhadas adiante.

Para a Suzano, a inserção de ferramentas de precisão na operação florestal é um fator chave na geração de valor de nossos povoamentos na busca por custos competitivos de silvicultura e na alavancagem da produtividade florestal.

Palavras-chave: Silvicultura. Precisão.

1 Tecnólogo em Gestão da Agropecuária, Especializado em Gestão Empresarial, Gerente de Desenvolvimento e Excelência Operacional SP, Suzano Papel e Celulose, e-mail: lperpetuo@suzano.com.br

Introdução

O interesse da Suzano Papel e Celulose no uso de tecnologias de precisão aplicadas à atividade florestal vem desde 2008, quando este tema passou a figurar com mais ênfase no setor. Desta forma, em 2010, iniciamos um projeto denominado "Valor em Ação Tecnologia", que tinha como objetivo principal buscar alternativas para "modernizar" a silvicultura na Companhia, até então realizada com muitas atividades manuais e/ou mecanizadas, porém sem máquinas e implementos totalmente adequados às atividades florestais. Neste contexto, abriu-se a possiblidade de estudar e implementar ferramentas de precisão, com vistas a melhorar o controle operacional, a qualidade das operações e otimizar o uso dos recursos aplicados.

Após as etapas de avaliação e conceituação do projeto e revisão do processo silvicultural, foi possível desenvolver um programa de modernização considerando o aporte de tecnologias disponíveis no mercado e de ferramentas de gestão que possibilitavam a otimização de recursos e a redução dos custos de formação florestal, tendo como uma de suas importantes etapas a transição do "modelo generalista" para o "modelo especialista" de execução das etapas do processo.

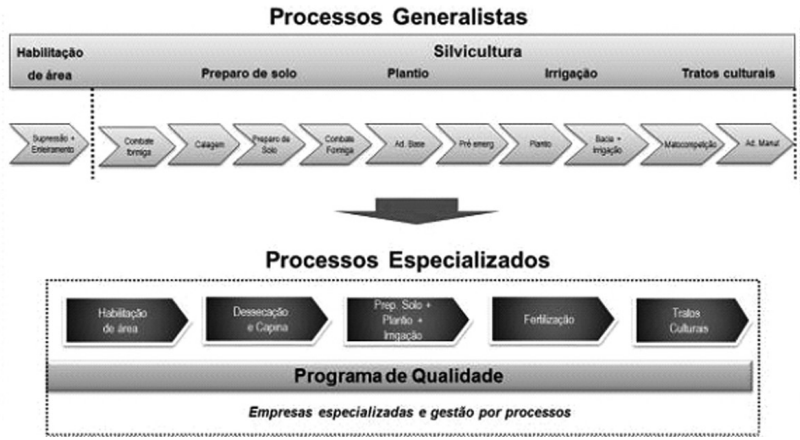


Figura 1. Processos Generalistas x Processos Especializados

A revisão do processo possibilitou a inserção de novas tecnologias de manejo operacional que permitiram a aplicação plena dos conceitos propostos e consequentemente a inter-relação entre as etapas do processo proposto (*olhar sistêmico*), que passaram a ser aplicados por empresas especializadas e sustentados por ferramentas de gestão das entradas e saídas de cada etapa do processo.

O uso de ferramentas de precisão na silvicultura representa uma nova forma de produção e administração de recursos florestais. O conhecimento pré-existente e a inclusão das variabilidades espaciais e temporais dos fatores de produção passam a contar com o apoio de tecnologias de última geração. Sendo assim, é necessário o acompanhamento e gerenciamento de um volume significativo de informações que variam de acordo com o espaço e o tempo. Considerando a complexidade e dinamismo dos processos que envolvem a produção florestal, faz-se necessário ampliar a discussão sobre o tema, de modo que se possa dispor de informações que permitam a análise do potencial produtivo da floresta, por meio do uso de tecnologias adequadas.

Material e métodos

O programa foi conduzido entre o período de 2010 a 2012 na Suzano Papel e Celulose, iniciando pela Unidade Bahia e em seguida abrangendo as unidades São Paulo, Maranhão e Piauí; com a instalação de projetos de desenvolvimento para avaliar potenciais ferramentas de precisão disponíveis no mercado, visando a melhoria da qualidade, redução de custos, otimização de estrutura operacional (equipamentos e pessoas), ganho de produtividade e obtenção de informações que possibilitassem a imediata tomada de decisão para a melhoria contínua do processo. Considerando a conceituação de cada processo especializado foi realizado um amplo levantamento de tecnologias de precisão disponíveis e avaliadas quais estariam integradas aos conceitos e poderiam ser aplicadas a silvicultura. Para o desenvolvimento deste trabalho abordaremos o uso de tecnologia de precisão no seguinte contexto:

- Aplicação de Calcário;
- Aplicação de Herbicida;
- Adubação de Cobertura.

Após a avaliação dos testes em áreas operacionais, as decisões foram baseadas em parâmetros de qualidade e viabilidade técnica-econômica das ferramentas de precisão.

Para tecnologia de aplicação de calcário em taxa variável, foram conduzidos testes com implemento STARA Hércules 10.000, com capacidade de 10 toneladas, kit de agricultura de precisão com computador de bordo para gerenciamento da aplicação a taxa fixa ou variável e GPS.

Figura 2. Implemento com kit de precisão

Figura 3. Computador de Bordo

Na aplicação de herbicidas foram conduzidos testes com o equipamento UNIPORT Jacto 3000 com controlador de vazão eletrônico e controlador de pulverização, que é ligado a sensores nas rodas dianteiras, corrigindo a vazão de acordo com a oscilação da velocidade de trabalho, e computador de bordo para o gerenciamento da aplicação.

Figura 4. Autopropelido

Figura 5. Computador de Bordo

Na adubação de cobertura foram conduzidos testes com o sistema Arvus dotado de computador de bordo modelo TxF-2200, conjunto de sensores eletromecânicos e software para tratamento dos dados coletados.

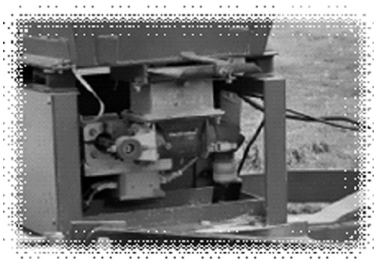


Figura 6. Sistema dosador

Figura 7. Computador TxF Arvus

Resultados e discussão

Os resultados referentes à viabilidade do uso do sistema de precisão na aplicação de calcário foram satisfatórios em relação a qualidade, onde houve redução de 20 a 30% no consumo de insumos e redução no custo da atividade com a aplicação em taxa variável na ordem de 18%. Outros importantes resultados observados foram em relação a homogeneidade da distribuição do fertilizante, acompanhamento das informações da aplicação através do computador de bordo e a geração de mapas de aplicação.

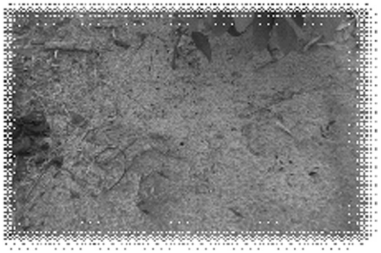


Figura 8. Qualidade da aplicação

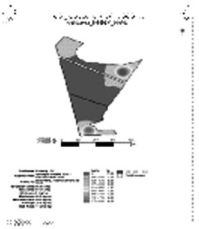


Figura 9. Mapa aplicação taxa variável

Para a avaliação de sistemas de precisão na atividade de aplicação de herbicida, a utilização da tecnologia embarcada no equipamento auto propelido se mostrou viável para as unidades BA e MA. A redução no custo da atividade de deu na ordem de 15% para aplicação pré e pós-emergente. Outros importantes resultados observados foi a otimização de máquinas devido ao melhor rendimento operacional do auto propelido *versus* uso de trator agrícola, qualidade da aplicação proporcionada pelo

sistema de controle de aplicação embarcado, redução do desperdício de insumos com o controle de seção da aplicação, acompanhamento das informações da aplicação através do computador de bordo e geração de mapas da aplicação. Para SP devido às condições logísticas, devem ser estudadas alternativas com equipamentos de menor porte, porém com as mesmas tecnologias de precisão embarcadas no equipamento auto propelido, de maneira a garantir a qualidade da aplicação observada nos testes.

Figura 10. Convencional - Pré Emergente

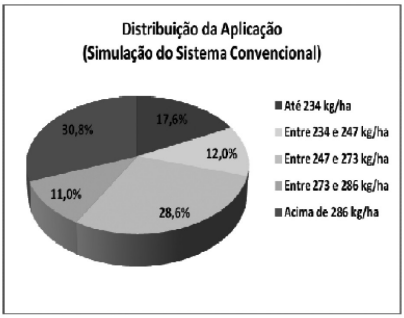
Figura 11. Auto propelido - Pré Emergente

Figura 13. Autopropelido - Pós Emergente

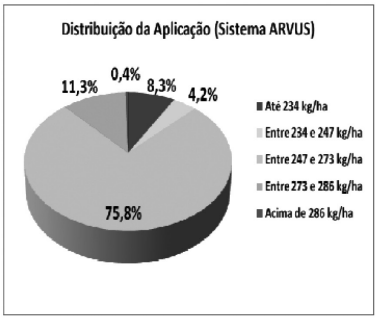
Figura 12. Convencional - Pós Emergente

O uso de sistemas de sensoriamento da adubação de cobertura demonstra significativa melhoria na redução dos desvios de dosagens em relação à recomendação e proporciona redução no tempo de processo de calibração, aumentando a disponibilidade operacional do equipamento. Outro importante resultado e a geração de mapas de aplicação e informações de rendimento da operação via sistema.

	SP2 (Convencional)	SP2 (Arvus Hidráulico)
Abaixo de 10% (até 234 kg/ha)	17,6%	8,3%
Entre -5% e -10% (entre 234 e 247 kg/ha)	12,0%	4,2%
Entre -5% e +5% (entre 247 e 273 kg/ha)	28,6%	75,8%
Entre +5% e +10% (entre 273 e 286 kg/ha)	11,0%	11,3%
Acima de 10% (acima de 286 kg/ha)	30,8%	0,4%



Subsolador SP2: Simulação da aplicação com sistema convencional de adubação



Subsolador SP2: Dados da aplicação do Sistema Arvus de Acionamento Hidráulico

Figura 14. Avaliação comparativa da aplicação conforme recomendação

Sistema	Tempo médio (Min.)
Calibração com sistema Convencional	45'
Calibração com sistema Arvus	10'
Diferença convencional x Arvus	-35'

Figura 15. Tempo médio de calibração

Conclusões

As avaliações realizadas ao longo do projeto "Valor em Ação Tecnologia", constataram que a aplicação de ferramentas de precisão permitem ganhos significativos em qualidade da operação, gerenciamento de informações, redução de custos e otimização de recursos, tornando-se uma importante aliada na busca por competitividade e alavancagem da produtividade florestal. As ferramentas avaliadas em questão foram implantadas de acordo com a viabilidade apresentada para cada unidade de negócio florestal da Suzano Papel e Celulose.

Referência

GEDOP. **Relatório final do Projeto Valor em Ação**. Mucuri: Suzano Papel e Celulose, 2011. 35 f.

Manejo integrado de pragas em florestas de eucalipto

Carlos Frederico Wilcken [1]

Introdução

com o aumento expressivo da área plantada com espécies florestais no Brasil, principalmente, eucalipto e *Pinus* , tem-se constatado aumento na ocorrência de pragas nativas e exóticas. O melhor caminho para resolver esse problema é o manejo integrado de pragas. O manejo integrado de Pragas (MIP) é uma filosofia baseada no uso de técnicas para manipulação do agroecossistema, visando manter os insetos na condição de não-praga, de forma econômica e harmoniosa com o meio ambiente (CROCOMO, 1990). Dessa forma, não é necessária a erradicação da praga no campo, o que é quase impossível, mas apenas manter a praga em níveis baixos, possibilitando a convivência com o inseto no campo. O MIP é baseado em três premissas: 1) Avaliação do ecossistema, envolvendo monitoramento de pragas e inimigos naturais, 2) Tomada de decisão (controle ou não-controle) e 3) Escolha do método de controle, buscando, se possível à integração entre eles. Os principais benefícios do MIP são a manutenção da produtividade da cultura florestal e a redução no uso de inseticidas químicos, pela utilização apenas nas áreas com infestação da praga com possibilidade de uso de métodos alternativos ou pela integração entre os métodos, satisfazendo uma questão-chave no processo de certificação florestal. Além disso, se reduz o risco das pragas se tornarem resistentes aos inseticidas e de desequilíbrio ambiental, pois a população de inimigos naturais é preservada no campo. Tudo isso leva, conseqüentemente, a redução de custos no processo de produção.

No caso de florestas plantadas de eucalipto há poucos casos de MIP florestal, basicamente por falta de mais pesquisas básicas, principalmente quanto à determinação do nível de dano econômico e

1 FCA/UNESP - Campus de Botucatu

de controle. Uma das dificuldades é a altura das árvores, que dificulta a avaliação da infestação. A outra é a grande extensão de áreas plantadas, o que dificulta o monitoramento.

Mip das principais pragas de eucalipto

Manejo de Formigas Cortadeiras

As formigas cortadeiras, que compreende as saúvas (*Atta* spp.) e quenquéns (*Acromyrmex* spp.), são o principal grupo de pragas florestais no Brasil (DELLA LUCIA, 1993). O controle de formigas cortadeiras é feito anualmente em área total das plantações florestais, com uso de inseticidas químico, principalmente com iscas formicidas (FORTI et al., 1987). Como o uso de formicidas é intensivo, o custo de controle, considerando o produto e a aplicação, é considerável. Além disso, há possíveis riscos ambientais pelo uso excessivo desses produtos. Pesquisadores e empresas florestais brasileiras vem estudando formas de uso racional de formicidas em plantações de eucalipto há mais de 20 anos, baseando-se na filosofia do MIP.

O manejo de formigas cortadeiras envolve um sistema de amostragem, que pode ser em faixas ou transectos, com contagem e medição dos ninhos das formigas cortadeiras e avaliação de danos. Após isso, os dados são analisados, baseados em estudos prévios de distribuição espacial dos ninhos no campo e de quantificação das desfolhas, e é feita a recomendação (controle ou não-controle) e a forma desse controle (escolha do tipo de formicida, quantidade estimada e forma de aplicação). Posteriormente é feita a avaliação da aplicação, ou seja, o controle de qualidade do processo.

Os sistemas de monitoramento e manejo de formigas cortadeiras são desenvolvidos nas próprias empresas florestais ou por empresas prestadoras de serviços específicos para esse fim. Em 2013, 81 % das empresas florestais brasileiras adotaram monitoramento e manejo de saúvas e quenquéns em suas áreas (Wilcken, não publicado).

O manejo de formigas cortadeiras tem possibilitado otimização na operação de controle e redução de custos, na ordem de 20 a 30 % nos primeiros anos de implantação do sistema. Isto é devido à aplicação de formicidas apenas nas áreas necessárias e tem-se controle da quantidade a ser usada, evitando-se desperdício.

Manejo de cupins em Eucalipto

Outro programa é o monitoramento de cupins em plantios de eucalipto. Os cupins são um tipo de praga de difícil previsão de ocorrência, pois são subterrâneos, ou seja, não visíveis ao produtor ou operador. Seus danos são a destruição do sistema radicular ou o anelamento do caule das mudas novas. A maioria das empresas florestais faz controle preventivo, com tratamento de mudas por imersão em calda inseticida. O programa de monitoramento de cupins, apesar de ser considerado como MIP, pois ainda não há tomada de decisão baseado no grau de infestação, atinge os principais objetivos do manejo de pragas. O monitoramento de cupins avalia a presença ou ausência de cupins-praga numa área através de instalação de iscas de papelão no solo, na densidade de uma isca/ha. Após 30 dias essas iscas são avaliadas e é feita a recomendação baseada apenas na presença da praga. Mesmo assim, a redução do uso de inseticidas químicos é expressiva, sendo em média acima de 60 %, variando de aproximadamente 50 até 100 %, em algumas regiões da Bahia. Portanto, esse programa tem demonstrado que os cupins são pragas pontuais com possibilidade de determinar precisamente os focos de infestação para controle.

Manejo de lagartas desfolhadoras

As lagartas desfolhadoras do eucalipto são um grupo importante, que causa danos em aproximadamente 50.000 ha/ano no Brasil (IPEF, não publicado). Apesar de existirem 10 espécies de lagartas desfolhadoras no Brasil, a lagarta parda do eucalipto *Thyrinteina arnobia* (Lepidoptera: Geometridae) é a principal espécie, com a maioria das ocorrências no campo.

Algumas empresas florestais adotam um sistema de monitoramento baseado no uso conjunto de duas formas de amostragem: avaliação de excrementos das lagartas e uso de armadilhas luminosas, que avalia a população de adultos. Após a detecção do foco, é feita a instalação de panos ou de bandejas plásticas ou de papelão entre as árvores. Duas vezes por semana os excrementos são recolhidos dos coletores, e seu peso é determinado por meio de frascos dosadores. O resultado das pesagens é avaliado graficamente para se determinar progressão da infestação.

A redução do peso dos excrementos é o indicativo que as lagartas completaram seu ciclo biológico. Após 15 dias, são instaladas armadilhas luminosas na área para determinação da população de mariposas. O nível de controle é quando as coletas ultrapassam 100 indivíduos, em média, por armadilha. Nesse caso, se aguarda de 15 a 20 dias para aguardar a oviposição e eclosão das lagartas, para a aplicação de inseticidas.

Para o controle é recomendado o uso de inseticida biológico à base de *Bacillus thuringiensis*. Após a aplicação do bioinseticida é possível a avaliação da eficiência do controle realizado, pelo mesmo método, para comprovação da redução da população de lagartas e de mariposas.

Manejo da mosca do viveiro

Outro exemplo é o MIP da mosca do viveiro, em viveiros de eucalipto. A mosca do viveiro tem ocorrido desde 1990 em muitos dos modernos viveiros de eucalipto. A larva da mosca causa danos ao sistema radicular de mudas obtidas por estaquia, favorecendo o ataque de fungos de solo e resultando na mortalidade das plantas (BERTI FILHO & WILCKEN, 1993). A mosca do viveiro tem causado prejuízos em viveiros e casas de vegetação onde se realiza a multiplicação vegetativa de plantas do gênero *Eucalyptus* (TORRES, 1995).As perdas podem passar de 90 % de estacas não-enraizadas, em viveiros com alta infestação. O controle sempre foi baseado em aplicação de inseticidas químicos, com aplicações semanais, com resultados insatisfatórios ou extremamente caros e impactantes.

O programa de MIP para a mosca do viveiro teve que ser iniciado com estudos básicos, como a identificação das espécies, A espécie que predomina na região Sul da Bahia é *Scythropochroa* sp.. Com o estudo da biologia do inseto, para o conhecimento da duração e fases do ciclo de vida, se determinou a melhor fase para o controle. Em seguida, foi desenvolvido o sistema de monitoramento da praga, para avaliar com precisão as infestações nas casas-de-vegetação (CV) e também determinar o nível de controle da praga. Nesse caso, a amostragem foi baseada na contagem de adultos capturados em armadilhas adesivas amarelas, distribuídas nas CVs. O nível de dano adotado foi igual ou maior que 15 adultos/armadilha.

Depois foram avaliadas as opções de controle, desde controle cultural até seleção de inseticidas químicos de baixa toxicidade. Como resultado final, recomenda-se a escolha criteriosa da fonte de matéria orgânica do substrato para as mudas, pois o substrato é a mais provável fonte das infestações, eliminação adequada do resto de substrato e quando necessário, a aplicação do inseticida biológico à base de *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis*, específico no controle de moscas e mosquitos. Novamente, teve-se redução de custos e praticamente a eliminação da necessidade de uso de inseticidas químicos, reduzindo impactos ambientais no viveiro e risco de contaminação dos funcionários envolvidos.

Considerações finais

Esses resultados demonstram que é possível realizar o manejo integrado das pragas do eucalipto, apesar das dificuldades por seu uma cultura florestal, com redução significativa no uso de produtos químicos e atendendo as exigências dos sistemas de certificações florestais, sem comprometer a produtividade das plantações florestais de eucalipto.

Referências

BERTI FILHO, E.; WILCKEN, C. F. Um novo inseto associado aos viveiros florestais: Sciara spp. (Diptera: Sciaridae). **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 68, n. 3, 1993.

CROCOMO, W. B. (Org.). **Manejo integrado de pragas**. São Paulo: Ed. da UNESP, 1990. 358 p.

DELLA LUCIA, T. M. C. (Ed.). **As formigas cortadeiras**. Viçosa, MG, 1993. 262 p.

FORTI, L. C.; CROCOMO, W. B.; GUASSU, C. M. O. 1987. Bioecologia e controle de formigas cortadeiras de folhas em florestas implantadas. **Boletim Técnico FEPAF, Botucatu**, n. 4, 39 p. 1987.

TORRES, J. B.; ZANUNCIO, J. C.; BORSATO, I.; CAMPOS, W. O. Sobre o ciclo biológico de Bradysia coprophila (Lintner) (Diptera: Sciaridae) em estacas de Eucalyptus grandis. p.540. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 15.; 1995, Caxambú. **Resumos**... Caxambú: Sociedade Entomológica do Brasil, 1995. p. 540.

Manejo integrado de pragas em plantios de pínus

Edson Tadeu Iede[1], Susete do Rocio Chiarello Penteado[2], Wilson Reis Filho[3]

Introdução

Entre os principais fatores que proporcionam o aumento do potencial biótico dos insetos destaca-se os monocultivos, visando altas produtividades. Os plantios florestais, normalmente estabelecidos com materiais homogêneos, em termos de espécie, procedência, progênie ou clone, tendem a gerar impactos diferenciados sobre a entomofauna. Os insetos fitófagos são favorecidos pela maior disponibilidade de alimento e pela diminuição da resistência ambiental, devido à ausência de inimigos naturais, os quais não encontram condições favoráveis, principalmente hospedeiros alternativos e/ou intermediários, para sobreviver no ambiente modificado. Desta forma, os insetos fitófagos tornam-se pragas.

O surgimento de complexos de pragas nas principais espécies utilizadas para reflorestamento no Brasil, têm despertado o setor florestal para a necessidade da elaboração de programas de controle de pragas racionais e econômicos.

O homem, em sua luta contra as pragas e doenças, tem utilizado medidas errôneas de combate às pragas, que algumas vezes criam problemas maiores do que aqueles que deveriam ser resolvidos, devido ao desconhecimento das relações que ocorrem no ecossistema, com as medidas de controle. Desta forma, para resolver problemas de pragas e

[1] Pesquisador, Doutor em Entomologia Embrapa Florestas. e-mail: edson.iede@embrapa.br

[2] Pesquisadora, Doutora em Entomologia Embrapa Florestas. e-mail: susete.penteado@embrapa.br

[3] Pesquisador, Doutor em Entomologia Epagri/Embrapa Florestas. e-mail: wilson.reis@colaborador.embrapa.br

doenças, deve-se conhecer todos os fatores que agem no ecossistema, a fim de que seja utilizado, racionalmente, todos os meios disponíveis para resolvê-los, minimizando impactos ambientais.

Uma das estratégias que recebeu maior apoio entre os entomologistas, por sua flexibilidade em selecionar uma série de técnicas de controle em função de cada situação em particular, surgiu a quase 50 anos e é chamada Manejo Integrado de Pragas (MIP). O desenvolvimento de um programa de MIP requer um exame profundo das táticas de monitoramento e controle das espécies, a fim de determinar as estratégias mais adequadas a cada região. O programa deve ser necessariamente flexível e dinâmico, começando com a utilização das táticas mais promissoras e com adição contínua de outras resultantes de pesquisas e desenvolvimento de novos métodos à medida que o cenário muda. Deve haver também um balanço entre soluções de curto e longo prazo, desde que ambas se complementem e sejam eficientes. É necessário dispor de diversas estratégias e ferramentas para que o programa não fique dependendo de poucos métodos, os quais podem ao longo do tempo tornar-se ineficientes ou inadequados.

O MIP surgiu como uma estratégia de controle de pragas, após um longo período de uso intensivo de produtos químicos. Neste período, estes produtos por serem de baixo custo e de certo modo eficientes, foram usados de forma indiscriminada, não levando em consideração os seus efeitos colaterais. Em função do aparecimento de problemas, como resistência de insetos a esses produtos, ressurgência de pragas e contaminação devido a resíduos desses produtos no ambiente, foi necessário repensar e renovar as estratégias para o controle de pragas.

A execução de um Programa de Manejo Integrado de Pragas requer, inicialmente, um sistema de monitoramento adequado, visando a detecção precoce dos surtos, sua distribuição geográfica, assim como, para a avaliar a densidade populacional da praga e a efetividade das medidas de controle. Num sentido mais amplo, um sistema de monitoramento é um processo de avaliação de variáveis necessárias para o desenvolvimento e uso de prognósticos para predição de surtos de pragas e tomada de decisão para seu controle. Um sistema eficiente deve ser preciso e sensível a fim de acusar variações na densidade populacional

de diferentes espécies daninhas. Isto propiciará elementos para a tomada de decisão do momento em que se deve utilizar diferentes métodos de controle para evitar danos econômicos. A técnica de monitoramento deve ser precisa, de fácil execução e de certa forma flexível, para adaptar-se a diferentes locais.

Um dos pontos mais difíceis é a definição do momento em que se deve intervir, para evitar o crescimento populacional da praga e as consequentes perdas econômicas. Este momento, para insetos desfolhadores, que causam danos indiretos, é relativamente mais fácil de se estabelecer. Porém, para as pragas crônicas, principalmente em cultivos perenes que proporcionam um ambiente mais estável ao inseto, fica mais difícil de se estabelecer este momento. As perdas ocorridas pela ação crônica da praga passam despercebidas, mascaradas pelo dano direto e, principalmente, pela ausência de termo de comparação. Desta forma, perdas aparentemente sem significado econômico, num primeiro instante, vão intensificando-se com as sucessivas gerações da praga, e quando o problema se torna evidente, normalmente o reflorestamento já está comprometido.

Num Programa de Manejo Integrado de Pragas, todos os métodos de controle têm seu espaço e importância, entretanto, quando se trata de plantios florestais, o uso de agrotóxicos apresenta sérias restrições, devendo ser utilizado apenas como último recurso, em áreas de alto valor comercial. Por outro lado, o controle biológico natural e o aplicado, assim como os métodos físicos, silviculturais, mecânicos e os biotécnicos são os que apresentam grande potencial de uso e de integração.

A utilização de produtos fitossanitários no Manejo Integrado de Pragas Florestais está condicionado à existência de inseticidas que sejam de baixa toxicidade para o homem e animais, que apresentem um baixo impacto ambiental e que não gerem subprodutos tóxicos.

Dentro do manejo integrado de pragas, o controle biológico apresenta papel de destaque, sendo uma das táticas mais recomendadas para manter as pragas em baixos níveis populacionais, principalmente, pela fácil harmonização com outros métodos de controle e pela pequena possibilidade de que ocorram grandes impactos ambientais. Consiste na regulação da população alvo pela utilização de inimigos naturais

(parasitos, parasitoides, predadores e patógenos). O controle biológico natural é aquele em que não existe a intervenção do homem. Já o aplicado, resulta da manipulação pelo homem dos inimigos naturais (introduzidos ou nativos), num determinado ecossistema (Soares & Iede, 1997).

A existência de cerca de 1,7 milhões de ha de *Pinus* spp., no Brasil, normalmente com uma base restrita de espécies e procedências por região bioclimática, facilitam a colonização, estabelecimento e dispersão de pragas exóticas, assim como fornecem condições para surtos de pragas nativas. Hoje o complexo de pragas associado ao pínus envolve a vespa-da-madeira (*Sirex noctilio*), os pulgões-gigantes-do-pínus (*Cinara atlantica* e *Cinara pinivora*) e o gorgulho-do-pínus (*Pissodes castaneus*), para os quais foram desenvolvidos programas de MIP, que serão descritos nesse artigo. Espécies de insetos nativos como, *Naupactus* spp., *Diloboderus abderus*, aparecem em surtos fortuitos, favorecidos por práticas silviculturais inadequadas. As formigas cortadeiras dos gêneros *Acromyrmex* e *Atta,* já fazem parte dos programas de manejo florestal dos produtores de pínus.

Estudo de caso I

Manejo integrado de pragas para *cinara* spp. (Hemiptera: aphididae) em plantios de *pinus* spp. (Pinaceae)

Os pulgões-gigantes-do-pínus, *Cinara pinivora* e *C. atlantica*, introduzidos no Brasil em 1996 e 1998, respectivamente, podem provocar perdas econômicas significativas em plantios mais jovens.

Foi desenvolvido um Programa de Manejo Integrado Pragas para *Cinara* spp., no Brasil, com ênfase no controle biológico. Estudos multidisciplinares e multi-institucionais intensivos de laboratório e campo precederam a implantação do programa. Estas pesquisas envolveram estudos biológicos e ecológicos da praga, assim como táticas de monitoramento e controle, com prioridade para o estabelecimento do controle biológico clássico.

A introdução de pragas exóticas em um novo ambiente florestal pode causar distúrbios ambientais, perdas econômicas e sociais consideráveis. Os efeitos ocorrem, geralmente, na fase inicial

da introdução quando a praga não encontra resistência ambiental nem inimigos naturais durante seu processo de colonização e estabelecimento, normalmente acompanhados de surtos que causam danos econômicos em plantios florestais.

C. pinivora e *C. atlantica*, são originários da América do Norte e foram registrados a partir de 1996 (Iede *et al.* 1998; Lazzari & Zonta de Carvalho 2000), infestando diversas espécies de *Pinus* no sul do Brasil, espalhando-se para a região sudeste. Como as demais pragas exóticas, na ausência de seus inimigos naturais específicos, atingiram níveis populacionais elevados e causaram danos severos nesse novo ambiente.

As colônias de *Cinara* ocorrem em altas densidades populacionais, provocando a redução do desenvolvimento das plantas, a queda das acículas, a morte dos brotos, murchamento de ramos e algumas vezes a morte das árvores.

No caso de *Cinara* spp., uma grande atenção deve ser dada aos métodos biológicos e silviculturais de controle, evitando o aumento dos riscos ambientais e de resistência da praga, resultantes do controle químico contínuo. O controle silvicultural de pragas pode ser implantado gradualmente, usando espécies alternativas de *Pinus*, plantios multiclonais ou uma mistura de espécies nas áreas de cultivo, além de investir na resistência genética de plantas às pragas. Outras soluções, como época de plantio, escolha de sítios para o plantio, adoção de tratos silviculturais emergenciais, também poderão ser utilizadas. O controle biológico com inimigos naturais presentes no ecossistema e com eventuais introduções de parasitoides da região de origem da praga é uma das estratégias mais eficientes e permanentes de MIP.

O programa de MIP consiste na aplicação de medidas ecologicamente aceitáveis, baseadas no monitoramento das pragas e dos inimigos naturais, como medidas biológicas, culturais, genéticas e mecânicas, usadas isoladamente ou em combinação para reduzir a população de pragas a níveis toleráveis (Mills 1990), que serão discutidas, brevemente, a seguir:

Controle químico

Apesar de o controle químico apresentar uma ação rápida e eficiente, este não deve ser considerado como uma medida de controle a longo prazo, visto que seu custo é bastante elevado, além dos problemas de contaminação ambiental e segurança dos aplicadores, aumentando também o processo de resistência aos ingredientes ativos. O controle químico não seletivo também afeta o estabelecimento dos agentes de controle biológico (Mills 1990).

Estudos realizados na Itália (Inserra *et al.* 1979) indicam que os tratamentos químicos com aficidas, aplicados no início da colonização dos afídeos sobre as plantas, podem prevenir os danos nas árvores. Essa observação reforça a necessidade do monitoramento para indicar o momento certo de se fazer o tratamento, visto que, aqueles autores constataram também, que aplicações após o período de colonização, foram eficientes, mas incapazes de evitar os danos. Desta forma, é importante definir a época de aplicação de inseticidas químicos.

Alguns ingredientes ativos apresentam um controle efetivo de afídeos que atacam espécies florestais, porém sua utilização deve ser planejada cuidadosamente para minimizar os efeitos indesejáveis. Como vantagem de sua utilização, destaca-se a rapidez de ação para a proteção das árvores. As desvantagens são muitas e incluem o efeito potencial adverso sobre a população de parasitoides e predadores, contaminações ambientais, ressurgência de pragas, surgimento de pragas secundárias e pressão de seleção para a resistência de pragas (Weiss 1991). Entretanto, novas técnicas de manejo de inseticidas podem reduzir estes efeitos indesejáveis.

Controle silvicultural

A manipulação silvicultural, de acordo com Weiss (1991), inclui o uso de espécies alternativas, a seleção de sítios desfavoráveis aos afídeos, o aumento do vigor das árvores, entre outras práticas. A maior vantagem do método silvicultural é a melhoria no equilíbrio ecológico do ecossistema silvicultural.

Como os afídeos respondem direta ou indiretamente a fatores climáticos e microclimáticos, é necessário entender quais os componentes que operam nos locais de origem destes insetos, quando da elaboração e implantação de programas de MIP.

Nas regiões planas, os solos são relativamente mais profundos, demonstrando aí uma importância da seleção de sítio como fator de resistência ao ataque dos afídeos. Em Ruanda, verificou-se que a gravidade do ataque de *Cinara cupressi* (Buckton) estava relacionada ao grau de fertilidade do solo, portanto, a disponibilidade de água é outro fator relevante na escolha do sítio (Claude & Fanstin 1991).

O estabelecimento de plantações em sítios onde os solos são mais pobres, ou existe uma umidade insuficiente expõe as árvores hospedeiras ao estresse nutricional, tornado-as mais sensíveis ao ataque. Os fatores presentes nos sítios que tornam certas árvores mais suscetíveis ao ataque devem ser identificados, e não deverão ser utilizados para o plantio de espécies suscetíveis ao ataque dos afídeos, no futuro.

O grau de resistência ou suscetibilidade da praga também varia em função da espécie e da idade das árvores. Desta forma, o manejo adequado desses fatores pode minimizar os riscos de uma dispersão rápida da praga.

A manipulação de técnicas silviculturais, como a limpeza dos plantios para evitar a mato-competição, deve ser mais bem avaliada, para que se criem condições favoráveis de abrigo, alimentação e reprodução para os inimigos naturais presentes no momento, como os predadores e patógenos, esses necessitando de uma proteção do solo para se manterem no campo e causar epizootias.

A pesquisa demonstrou que a época de plantio associada à idade, representa um fator importante na susceptibilidade das plantas de pínus ao ataque do pulgão-gigante-do-pínus.

Controle mecânico

No caso do controle de pulgões que atacam plantas em viveiros, ou plantios para produção de árvores de natal, pode-se recomendar a

lavagem da fumagina provocada pelos fungos, pulverizando as partes afetadas das árvores com uma solução de detergente líquido dissolvido em água, aplicado com alta pressão no final da tarde, deixando passar a noite e, na manhã seguinte, enxaguar com água (McCullough *et al.* 1998). No caso de mudas de pínus atacadas por *C. atlantica* e *C. cupressi*, esta medida poderia ser adotada para materiais de valor destinados aos programas de melhoramento e conservação genética, por exemplo.

Resistência de plantas

Observações de campo indicam que algumas plantas são relativamente livres de afídeos em zonas bastante infestadas. Isto pode ser devido, entre outros fatores, à resistência fisiológica da planta, ou seja, à habilidade da mesma em repelir as pragas durante o período de rápido crescimento; às defesas dinâmicas da árvore hospedeira, tal como liberação de fenóis tóxicos; à tolerância, que é a capacidade da árvore desenvolver-se apesar da infestação.

Várias observações foram feitas a respeito da variação da susceptibilidade dos hospedeiros em relação a afídeos ou entre espécies, sugerindo que existe um potencial para a seleção e plantio de espécies alternativas (Weiss 1991). A maior vantagem da seleção dentro da espécie seria o potencial para continuar utilizando a(s) espécie(s) hospedeira(s) e a possibilidade de capitalizar sobre a resistência observada, em árvores já estabelecidas. Existe uma incerteza nas observações, não sabendo se as árvores são resistentes ao ataque, no caso do afídeo encontrar a árvore não palatável, ou tolerância ao ataque, quando o afídeo ataca, mas a árvore não é danificada. Isto sugere a necessidade de se fazer observações a longo prazo, antes de iniciar um programa de melhoramento genético (Weiss 1991). O problema de se substituir uma espécie, é que a espécie candidata à troca, muitas vezes, não tem a mesma qualidade industrial da espécie que está sendo utilizada, no caso da Região Sul do Brasil, *P. taeda e P. elliotti.*

A fim de esclarecer os mecanismos de resistência, é recomendável selecionar procedências e progênies resistentes e/ou tolerantes ao ataque de *Cinara* spp., no Brasil.

Controle biológico

Em geral, as possibilidades de controle biológico clássico são maiores para pragas exóticas do que para pragas nativas, pois a maioria dos inimigos naturais específicos já está presente no ambiente da praga nativa. No complexo de inimigos naturais de afídeos, os parasitoides são, geralmente, os agentes de controle mais eficientes, principalmente devido à sua especificidade. As pragas que mantêm populações moderadamente altas de forma constante, são melhores para ser controladas biologicamente do que aquelas que são escassas por um determinado período, mas, repentinamente, manifestam surtos.

O fator econômico é o único determinante do uso do controle biológico, porque é virtualmente impossível predizer os custos e a duração necessária para a conclusão satisfatória de um programa de controle biológico.

O controle biológico clássico tem sido visto como uma alternativa barata ao uso de inseticidas, o que é verdade para a supressão das populações de *C. atlantica* que tem se dispersado rapidamente no Sul e Sudeste do Brasil. Ademais, algumas vezes, o controle biológico é a única forma factível para o controle de uma praga. Entretanto, em um programa de controle biológico clássico, outras formas de manejo populacional da praga também devem ser consideradas, focando a relação genótipo x ambiente x praga x inimigos naturais.

As espécies de *Cinara*, em *Pinus*, são atacadas por um grupo de predadores que incluem os coccinelídeos, sirfídeos, hemerobídeos, crisopídeos e heterópteros, sendo mais abundantes em plantios já estabelecidos, ou seja, a partir do segundo ano, mas, que sua presença seria fundamental desde o primeiro ano. Desta forma, deve-se criar mecanismos para facilitar a colonização dos predadores desde a implantação dos reflorestamentos.

O registro de *Lecanicillium lecanni*, provocando eventuais epizootias, principalmente em plantios um pouco mais velhos, de 3 a 5 anos, também deve ser considerado para incluí-lo como um patógeno potencial no programa de MIP.

Existem muitos casos precedentes de sucesso de controle biológico de pragas florestais exóticas, segundo Dahlsten & Mills (1990). Dentro desses programas, alguns já são consagrados, como o controle de *Pineus pini* (Macquart) (Adelgidae) e *P. laevis* (Maskell), em diferentes regiões do mundo. Um surto devastador de *P. pini,* no Havaí, que ocorreu nos anos de 1960 foi controlado com bastante sucesso pela introdução de dois Chamaemyiidae (Diptera) *Leucopis obscura* Haliday, da Europa e *Leucopis nigraluna* (McAlpine), do Paquistão. Da mesma forma, *P. laevis* foi controlado com sucesso, na Nova Zelândia pela introdução de *Leucopis tapiae* (Blanchard) e, no Chile, pela introdução de *L. obscura* (Zuniga 1985).

Sucesso singular de controle biológico foi atingido para um número grande de espécies de afídeos da família Lachninae associados ao *Pinus,* como *Cinara cronartii* Tissot & Pepper, uma espécie da América do Norte que foi encontrada infestando *Pinus* na África do Sul, no final de 1970 e foi controlado com sucesso pela introdução do parasitóide específico *Pauesia,* do sudeste dos Estados Unidos (Kfir *et al.* 1985). Mais tarde, esta espécie foi identificada como *Pauesia bicolor* (Ashmead) (Mills 1990). Duas espécies de *Pauesia, P. cupressobii* (Stary) e *P. junipterorum* têm sido registradas em *Cinara juniperi* De Geer, um afídeo ligado a *C. cupressi,* que infesta *Juniperus communis*. Estes dois parasitoides são considerados específicos das espécies de *Cinara* que se alimentam de plantas da família Cupressaceae. Outro parasitoide, *Aphidius* sp. (Hymenoptera: Aphidiidae) foi registrado em *C. cupressi,* na Alemanha.

A inspeção visual das plantas de pínus e o monitoramento com armadilhas realizados no Brasil, não registraram a presença de nenhum parasitoide; contudo, foram registrados predadores das famílias Coccinellidae, Syrphidae e Chrysopidae e alguns mais generalistas, como mantódeos, hemípteros e aranhas, provavelmente, vindos das redondezas para os plantios de *Pinus.*

Para garantir o sucesso do controle biológico de *Cinara* spp. em plantios de *Pinus*, no Brasil, foi introduzido o parasitoide da região de origem, além da conservação e aumento da população dos predadores já existentes.

Foram envolvidas diversas Instituições: Embrapa Florestas, Epagri, Funcema (Fundo Nacional de Controle de Pragas Florestais), Universidade Federal do Paraná (Departamento de Zoologia e de Florestas), Universidade do Estado de São Paulo (UNESP-Botucatu) e o Museu de História Natural e Universidade de Illinois, Champaign, Estados Unidos.

Foram utilizados dois critérios para analisar o potencial de controle biológico para *C. atlantica* e *C. pinivora*: a ocorrência de inimigos naturais nas respectivas áreas de origem dos afídeos e o resultado de outros programas de controle biológico contra Lachninae, em outras regiões com condições climáticas semelhantes.

Os afídeos da sub-família Lachninae são atacados por parasitoides monófagos da família Braconidae, dentre os quais destacou-se a espécie *Xenostigmus bifasciatus* (Ashmead), introduzido em 2002 no Brasil.

Para o estabelecimento do controle biológico, entre os anos de 200 a 2002 foi realizada a coleta de parasitoides nos Estados Unidos, região de origem da praga. A primeira etapa foi a exploração de inimigos naturais no leste, sul e sudeste dos Estados Unidos, principalmente na Flórida, Carolina do Sul, Georgia e Tennessee, para coleta de parasitoides de *C. atlantica*, e em Illinois e Michigan para a coleta de parasitoides de *C. pinivora*. Essas coletas foram conduzidas por um pesquisador americano, especialista em Cinarini e um pesquisador brasileiro, especialista em controle biológico. A segunda etapa foi a quarentena dos parasitoides introduzidos, realizada no Quarentenário Costa Lima da Embrapa Meio Ambiente e finalmente, as etapas de criação massal, liberação e monitoramento, que foram realizadas pela Embrapa Florestas.

A implementação do programa teve como resultado o restabelecimento do equilíbrio ecológico e favorecendo os predadores, melhorando o manejo silvicultural e, consequentemente, reduzindo o prejuízo econômico que esses afídeos vinham causando ao setor florestal.

Estudo de caso II

Programa nacional de controle à vespa-da-madeira no Brasil

O Brasil possui cerca de 7 milhões de hectares de florestas plantadas, dos quais, aproximadamente 1,7 milhões com espécies de *Pinus*. Na região Sul concentram-se 1 milhão de hectares, basicamente com as espécies *P. taeda* e *P. elliottii*. A alta densidade de plantio e a não adoção de regimes de manejo florestal adequados, proporcionam as condições ideais para o aparecimento de surtos de pragas e doenças, além é claro, da base genética restrita das espécies plantadas no Brasil. O fator que despertou o interesse do setor florestal brasileiro para a necessidade de prevenir e monitorar a presença de pragas nos povoamentos de *Pinus* foi o registro, em 1988, de *Sirex noctilio* (vespa-da-madeira), no estado do Rio Grande do Sul (Iede et al. 1988,). Atualmente ela está presente também nos estados de Santa Catarina, Paraná, São Paulo e Minas Gerais (Iede & Zaneti, 2007).

Na Europa, Ásia e Norte da África, região de origem de *S. noctilio,* ela é considerada uma praga secundária. Já na África do Sul, Argentina, Austrália, Brasil, Chile, Nova Zelândia e Uruguai, tornou-se a principal praga das florestas de *Pinus*. No Canadá e Estados Unidos onde foi introduzida em 2005, não manifestou-se ainda como praga de importância.

A utilização de agentes de controle biológico é a medida mais eficaz para o controle desta praga, destacando-se a ação de *Deladenus siricidicola*, um nematóide que esteriliza as fêmeas, podendo atingir, em média, 70% de parasitismo. O manejo florestal, associado à utilização destes agentes, tem possibilitado o controle da praga (Iede et al. 1988).

Face à ameaça que esta praga significa para o patrimônio florestal brasileiro, foi criado em 1989, o Fundo Nacional de Controle de Pragas Florestais (FUNCEMA), pela integração da iniciativa privada e órgãos públicos, para dar suporte ao Programa Nacional de Controle à Vespa-da-Madeira (PNCVM). Esse programa contempla atividades de pesquisa para a geração e adaptação de tecnologias de controle da praga e, em uma primeira fase, priorizou a introdução e liberação de *D. siricidicola* (Iede et al. 1988).

O PNCVM contempla ainda: 1) o monitoramento para a detecção precoce e dispersão da praga, pela utilização de árvores-armadilha, que consiste no estressamento de árvores com a utilização de um herbicida a fim de atrair os insetos; 2) adoção de medidas de prevenção, com a utilização do manejo florestal, principalmente, a realização de desbastes, visando a melhoria das condições fitossanitárias dos plantios, minimizando a intensidade do ataque; 3) adoção de medidas quarentenárias, visando controlar e retardar ao máximo a dispersão da praga; 4) introdução dos parasitoides *Rhyssa persuasoria* e *Megarhyssa nortoni* a fim de aumentar-se a diversidade de inimigos naturais. As duas espécies foram introduzidas nos anos de 1996-97, com o apoio do Instituto Internacional de Controle Biológico e do Serviço Florestal do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos. *Ibalia leucospoides*, outra espécie de parasitoide, foi introduzida junto com seu hospedeiro e detectada em 1990 no estado do Rio Grande do Sul, estando presente em quase todos os povoamentos atacados pela vespa-da-madeira; 5) ações de divulgação, utilizando-se a mídia e os pesquisadores envolvidos, em um amplo programa de treinamento e palestras para produtores e técnicos, propiciando a capacitação e obtenção da informação por parte da comunidade (Iede et al. 1988). A integração dentro do PNCVM tem sido um exemplo à política de P&D em nível nacional, visto que, além dos órgãos públicos estão envolvidas mais de uma centena de empresas da região sul do Brasil. Estas, além de adotarem as tecnologias, fornecem também assistência técnica a pequenos reflorestadores, a fim de que as medidas de controle atinjam todos os plantios atacados pela vespa-da-madeira.

Estudo de caso III

O gorgulho-do-pínus, *pissodes castaneus* (coleoptera: curculionidae) - uma praga associada a problemas silviculturais

O gorgulho-do-pínus está intimamente ligado à condição silvicultural do plantio, como: a qualidade do sítio, condição física do solo, técnica de plantio, qualidade da muda, deficiência nutricional, ocorrência de fenômenos físicos de natureza abiótica, como chuvas de granizo, geadas fortes, secas prolongadas, etc. Fatores de natureza

biótica, como o ataque de pragas primárias, também podem estressar as plantas, favorecendo o aparecimento de plantas atacadas por *Pissodes castaneus*.

A avaliação de plantas atacadas no campo e a experiência têm demonstrado que, em pelo menos 90% dos casos, as plantas apresentam sérios problemas de enovelamento ou encachimbamento das raízes, que ocorreram na fase de produção de mudas ou no plantio. Ou seja, verifica-se que, em muitos casos, estão sendo plantadas mudas passadas, cujas raízes já enovelaram no tubete e/ou, casos de enovelamento e de encachimbamento provocados pelo espelhamento ou vitrificação do solo, pelo uso do chacho em solos rasos ou argilosos, impedindo o desenvolvimento normal das raízes.

Percebe-se que as empresas, no intuito de reduzir os custos de produção, reduziram ou simplificaram, de forma drástica, as operações silviculturais, muitas vezes, em detrimento à qualidade. Entretanto isso irá refletir também na resistência ou susceptibilidade das plantas aos fatores bióticos e abióticos a que forem expostas. Além disso, como estamos tratando de cultivos de longa rotação, é fundamental que se faça uma implantação com o menor número de inconformidades técnicas possíveis, pois os resultados serão obtidos a longo prazo, sendo de 20 anos, em média, no caso do pínus,

A escolha do sítio é outro fator extremamente importante para que se tenha um plantio que seja resistente ou suporte o ataque de pragas. Não adianta plantar em sítios ruins que apresentam solos rasos com afloramento de rocha, solos mal drenados, pois esses plantios serão alvos de pragas. Durante muitos anos isso não foi levado em consideração na silvicultura do pínus no Brasil. Porém, após a introdução da vespa-da-madeira no país, em 1988, dos pulgões do gênero *Cinara* e *Essigella*, do adelgidae, *Pineus boerneri* e de *Pissodes castaneus*, isso tornou-se uma condição indispensável, para propiciar condições de resistência aos plantios.

Plantas danificados por chuvas de granizo tornam-se predispostas ao ataque de *P. castaneus*, devido à emissão de aleloquímicos que irão atrair o gorgulho. Da mesma forma, o estresse hídrico provocado por

secas prolongadas e danos causados por geadas fortes, podem predispor as plantas ao ataque da praga.

As práticas silviculturais bastante importante, como a poda e o desbaste, quando realizados em época inadequada, poderão comprometer o plantio. As plantas com ferimentos provocados por estas práticas, exalam compostos químicos que atraem a praga, e por essa razão, deverão ser executadas somente nos períodos de baixa densidade populacional da praga, ou seja, no inverno. Além disso, os restos destas operações deverão ser eliminados e se possível picados, para evitar a proliferação do insetos.

A aplicação de herbicidas para o controle de ervas daninhas, em plantios jovens, deverá ser realizada de forma criteriosa, em horários que evitem possíveis derivas, com o uso de bicos de pulverização regulados, mantendo-se a velocidade do trator constante, caso contrário, poderão estressar as plantas e predispô-las ao ataque do gorgulho. É fundamental também, que se mantenha a vegetação nativa, entre linhas de plantio, visto que elas fornecerão locais de abrigo, alimentação e reprodução de inimigos naturais, que ajudarão no controle biológico da praga, principalmente no primeiro ano. Para isso deve-se controlar as plantas invasoras que concorrem com o cultivo, somente na linha, deixando-se a vegetação secundária entre linhas de plantio.

Outro fator importante a ser observado, é que as plantas atacadas por *Sirex noctilio*, são também um substrato ideal para o desenvolvimento de *P. castaneus*.

De modo geral, pode-se afirmar que a presença do gorgulho-do-pínus é um indicativo importante de que há algum problema silvicultural no plantio, o qual deverá ser identificado e corrigido, para conferir sanidade ao plantio. Dessa forma, durante a elaboração de um Programa de Manejo Florestal, na sua fase de planejamento, deve-se analisar todos os fatores bióticos e abióticos que possam favorecer o ataque da praga. Neste particular, somente os fatores climáticos não podem ser manipulados; porém, sabe-se que a distribuição geográfica das espécies/procedências também devem ser consideradas, visando o plantio daquelas adaptadas a cada região bioclimática, ou seja, aquelas adequadas ecologicamente na região onde será realizado o plantio.

Referências

BEDDING, R. A. 1972. Biology of Deladenus siricidicola (Neotylenchidae) an entomophagous-micetophagous nematode parasitic in siricidae woodwasps. **Nematologica**, Leiden v. 18, p. 482-493, 1972.

CARVALHO, A. G.; PEDROSA-MACEDO, J. H., .; SANTOS, H. R. 1993. Bioecológia de Sirex noctilio Fabricius, 1793 (Hymenoptera: Siricidae) em povoamentos de Pinus taeda L.. In: CONFERÊNCIA REGIONAL DA VESPA DA MADEIRA, SIREX NOCTILIO, NA AMÉRICA DO SUL, 1992, Florianópolis. Anais... Colombo: EMBRAPA-CNPF, 1993. Conferência regional da vespa-da-madeira, Sirex noctilio, na América do Sul (1992: Florianópolis). **Anais**. Colombo: EMBRAPA/FAO/USDA/FUNCEMA. p. 85-96.

CLAUDE, N. J.; , & FANSTIN, M. 1991. The case of cypress attack by Cinara cupressi in Rwanda. In: EXOTIC aphid pests of conifers: A a crisis in African Forestry. Muguga, Kenya: , 3-6 June 1991. Kenya Forest Research Institute, Muguga, Kenya :; Rome: and FAO, Rome Italy 1991. , pp. 76-80.

DAHLSTEN, D. L., MILLS, N. J. 1999. **Biological control of forest insects**. In: BELLOWS, T. S., FISHER, T. W. (Eds.),. Handbook of biological control. San Diego: Academic Press, San Diego,1999. pp. 761–788.

HAUGEN, D. A.; UNDERDOWN, M. G. 1990. Sirex noctilio control program in response to the 1987 Green Triangle outbreak. **Australian Forestry**, Melbourne v. 53, n. 1, p. 33-40, 1990.

IEDE, E. T.; PENTEADO, S. R. C.; BISOL, J. C. 1988. **Primeiro registro de ataque de Sirex noctilio em Pinus taeda no Brasil**. Colombo: EMBRAPA-CNPF, 1988. 12 p. (EMBRAPA-CNPF, Circular Técnica, 20).

IEDE, E. T.; PENTEADO, S. R. C; GAIAD, D. C. M; SILVA, S. M. S. 1992. Panorama a nível mundial da ocorrência de Sirex noctilio F. (Hymenoptera: Siricidae). In: CONFERÊNCIA REGIONAL DA VESPA DA MADEIRA, SIREX NOCTILIO, NA AMÉRICA DO SUL, 1992, Florianópolis. **Anais**... Colombo: EMBRAPA-CNPF, 1993. p. 23-33.

IEDE, E. T.; LAZZARI, S. M. N.; PENTEADO, S. R. C.; ZONTA DE CARVALHO, R. C.; & RODRIGUEZ-TRENTINI, R. F. 1998. Ocorrência de Cinara pinivora (Homoptera: 85 Aphididae:Lachninae) em reflorestamentos de Pinus spp. no sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOLOGIA, 22., 1998, Recife. **Resumos**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco; Sociedade Brasileira de Zoologia, 1998. Congresso Brasileiro de Zoologia. Recife, PE. Anais . p. 141.

IEDE, E. T.;, ZANETTI, R., 2007. Occurrence and management recommendations of Sirex noctilio Fabricius (Hymenoptera, Siricidae) on Pinus patula (Pinaceae) plantations in the state of Minas Gerais, Brazil. (Ocorrência ocorrência e recomendações para o manejo de Sirex noctilio Fabricius (Hymenoptera, Siricidae) em plantios de Pinus patula (Pinaceae) em Minas Gerais, Brasil.) **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 51, n.(4, p.): 529-531, 2007. HTTP://www.scielo.br/rbent

INSERRA, R. N.;, N. LUISI, N.; AND N. VOVLAS, N. . 1979. Il roulo delle infestazioni dell afide Cinara cupressi (Buckton) nei deperimenti de cipresso. **Informatore Fitipatologico**, v. 29, p.: 7-11, 1979.

KFIR, R.; KIRSTEN, F.; VAN RENSBERG, N. J. 1985. Pauesia sp. (Hymenoptera: Aphididae), a parasite introduced into South Africa for control of the black pine aphid, Cinara cronartii (Homoptera: Aphididae). **Environmental Entomology**, v. 14, n.(5, p.): 597-601, 1985.

LAZZARI, S. M. N.; CARVALHO, R. C. Z. 2000. Aphids (Homoptera:Ap hididade:Lachninae: Cinarini) on Pinus spp. and Cupressus sp. In: Southern Brazil. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF ENTOMOLOGY, 21.; BRAZILIAN CONGRESS OF ENTOMOLOGY, 21., 2000, Foz do Iguacu. **Abstracts**... Londrina: Embrapa Soja, 2000.International Congress of Entomology, XXI. Foz do Iguaçu, PR. Anais. p. 493.

MADDEN, J. L.1974. Oviposition behavior of the woodwasp Sirex noctilio F. **Australian Journal of Zoology**, Melbourne, v. 22, p. 341-351, 1974.

MCCULLOUGH, D. G.:, R. A. WERNER, R. A.; AND D. NEUMANN, D. 1998. Fire and insects in northern and boreal forest ecosystems of North America. **Annual Review of Entomology**, v. 43, p.: 107-127, 1998.

MADDEN, J. L. Sirex in Australia. 1988. In: BERRYMAN, A. A. **Dynamics of forest insects populations**. New York: Plenum, 1988. p. 407-429.

MILLS, N. J.1990. Biological control of forest aphid pests in Africa. **Bulletin of. Entomological. Research**, v. . , 80, p.: 1-36, 1990.

NEUMANN. F. G.; MOREY, J. L; MCKIMM, R. J. 1987. **The sirex wasp in Victoria**. Victoria: Department of Conservation,. Forest and Lands, Victoria1987.. 41 p. (Bulletin, 29).

SOARES, C. M. S. ; IEDE, E. T. 1997. Perspectivas para o controle da broca da erva-mate, Hedypathes betulinus (Klug, 1825) (Col.: Cerambycidae). In: CONGRESSO SUL-AMERICANO DA ERVA-MATE, 2., E REUNIÃO TÉCNICA DO CONE-SUL SOBRE A CULTURA DA ERVA-MATE, 1. 1997, Curitiba. **Anais** ... Colombo: EMBRAPA-CNPF, 1997. p. 391-400.

SPRADBERY, J. P. 1973. A comparative study of the phytotoxic effects of siricid woodwasp on conifers. **Annual applied Biology**, Camberra, v. 75, p. 309-320, 1973.

TAYLOR, K. L. 1981. The Sirex woodwasp: ecology and control of an introduced forest. In: KITCHING, R. L.; JONES, R. E. **The ecology of pests:** some australian case histories. Melbourne: CSIRO, 1981. p. 231-248.

TRIBE, G., D.1995. The woodwasp Sirex noctilio Fabricius (Hymenoptera), a pest of Pinus species, now established in South Africa. **African Entomology**, v. 3, p. 215-17, 1995.

WEISS, M. J. 1991. Compatibility of tactics: Aan overview. Pages 133135 in. In: CIESLA, W. M.,; J. ODERA, J.; AND M. J. W. COCK, M. J. W. (Eds.). **Proceedings Workshop on Exotic aphid pest of conifers**: A a crisis in African forestry. Muguga, Kenya: Sponsored by Food and Agriculture Organization of the United Nations at the Kenya Forestry Research Institute, Muguga, Kenya. 36 June 1991. p. 133-135.

ZUNIGA, E. 1985. Ochenta anos de control biologico en Chile, revision historcia y evaluacion de los proyectos desarrollados (1903-1983). **Agricultura Technica**, v. (Chile) 45, p.: 175-183, 1985.

Redução de custos no combate às formigas cortadeiras em plantios florestais

Wilson Reis Filho[1], Mariane Aparecida Nickele[2]

Entre os 15 gêneros existentes de formigas cultivadoras de fungos, os gêneros Atta (saúvas) e Acromyrmex (quenquéns), destacam-se pela importância econômica devido utilizarem exclusivamente substratos vegetais para cultivarem o fungo, sendo nocivas ao sistema agroflorestal, já que podem cortar e utilizar ampla faixa de espécies vegetais que são cultivadas pelo homem (Lima, 2001). Outras espécies de menor importância econômica pertencem aos gêneros Mycocepurus, Sericomyrmex e Trachymyrmex (Anjos, et al., 1998).

As formigas do gênero Acromyrmex podem ser confundidas com as do gênero Atta, por cortarem e carregarem folhas para os seus ninhos. No entanto, as espécies de Acromyrmex são reconhecidas por apresentarem de quatro as cinco pares de espinhos na parte dorsal do tronco, os quais podem ser muito reduzidos no pronoto, em algumas espécies. As saúvas possuem somente três pares. Além disso, as espécies de Acromyrmex apresentam no tergo I do gaster, vários tubérculos (exceto em Acromyrmex striatus), os quais não são encontrados em nenhuma das espécies de Atta (Mayhé-Nunes, 1991).

A aparência externa dos ninhos de Atta e Acromyrmex serve para diferenciar os dois gêneros e auxilia na identificação das espécies. O exterior dos ninhos das saúvas é constituído por um monte de terra solta, enquanto o interior do ninho é composto por várias câmaras resultantes da escavação do solo. No caso das quenquéns, os ninhos são mais difíceis de serem encontrados, porque são pequenos, geralmente formados por uma só câmara, e a terra solta pode aparecer ou não na superfície do solo.

[1] Epagri/Embrapa Florestas – wilson@cnpf.embrapa.br – Estrada da Ribeira, Km 111 CEP: 83.411-000, Colombo PR.

[2] UFPR – nickele.mariane@gmail.com – Caixa Postal 19020, CEP 81.531-980 Curitiba, PR, Brasil.

Em algumas espécies de Acromyrmex, os ninhos são superficialmente cobertos de palha, fragmentos e outros resíduos vegetais, além de terra, enquanto em outras, os ninhos são subterrâneos, sem que se perceba a terra escavada (Lima, et al., 2001).

O gênero Acromyrmex conta com 63 espécies nominais, das quais 28 têm ocorrência constatada no Brasil (Mayhé-Nunes, 1991). Para o gênero Atta, ocorrem no Brasil, 10 espécies e três subespécies (Della Lucia, et al., 1993).

As formigas cortadeiras Atta e Acromyrmex causam sérios prejuízos aos setores florestal, agrícola e pecuário dos países da Região Neotropical. Embora a literatura seja rica nos relatos sobre táticas de controle e prejuízos causados por essas pragas, verificase escassez nos estudos que investigam diversos aspectos sobre o gênero Acromyrmex, desde a taxonomia até a sua ecologia. Assim, os hábitos de forrageamento, o ritmo de atividade e o raio de ação das espécies continuam quase que desconhecidos. A maioria dos trabalhos nessa área foi realizada com espécies de cortadeiras do gênero Atta. As espécies de formigas cortadeiras mais freqüentes e de maior importância em florestas plantadas no Brasil são Atta sexdens, Atta laevigata, Acromyrmex aspersus, Acromyrmex crassispinus Acromyrmex disciger, Acromyrmex niger e Acromyrmex subterraneus subterraneus (Lima et al., 2001)

Em florestas plantadas, encontram-se relatos de que as formigas cortadeiras podem, devido a sua alta capacidade de proliferação e voracidade, causar prejuízos de até 30% do custo da floresta no final do terceiro ciclo (Mendes-Filho, 1981).

Para o sul do Brasil, particularmente nos estados do Paraná e Santa Catarina, dispõe-se de poucas informações, sobre a distribuição das espécies, biologia e comportamento, tanto de Atta, como de Acromyrmex. Nestes dois estados, onde as quenquéns constituem um dos principais problemas florestais, ainda não são conhecidas todas as espécies que ocorrem em florestas plantadas.

O cultivo de espécies do gênero *Pinus* no Brasil está particularmente mais concentrado na região Sul, onde o clima é mais ameno, registrando-se temperatura abaixo de zero durante o inverno. A ocorrência de

espécies de formigas cortadeiras de importância econômica para o cultivo florestal nessa região é mais restrita do que nas demais regiões do país. Entre as espécies de ocorrência mais frequentes estão Atta sexdens piriventris, Acromyrmex aspersus, Acromyrmex crassispinus, A. subterraneus subterraneus, entre outras, mas a predominância de Acromyrmex crassispinus é altamente relevante, chegando, em alguns plantios de Pinus na região norte catarinense, a alcançar 95% de prevalência em relação às outras espécies.

A concentração de ninhos é maior próximo da divisa com a área de preservação permanente ou com a área de reserva legal. A densidade de ninhos de A. crassispinus em plantios de Pinus é menor no início do desenvolvimento da floresta, praticamente duplica em plantios com três anos, e reduz quando a floresta está com seis anos, sendo praticamente inexistente a partir dessa idade se não houver a poda dos galhos inferiores das plantas. As maiores densidades de formigueiros de A. crassispinus ocorrem nos meses de dezembro a abril (Nickele et al., 2009).

O ataque da espécie A. crassispinus pode ocasionar diferentes níveis de desfolha em mudas de P. taeda recém-plantadas, podendo desfolhar até 100% e cortar o meristema apical. A maior porcentagem de ataque ocorre no primeiro mês após o plantio, sendo de, em média, 9,4% das plantas atacadas apresentam corte do meristema apical e/ou 100% de desfolha, o que pode causar a morte das plantas. A porcentagem de plantas atacadas diminuiu gradativamente nos meses seguintes, sendo que um ano após o plantio, a porcentagem média de plantas atacadas é de 0,8%. No primeiro mês após o plantio há pouca vegetação nativa entre as linhas de plantio, devido ao preparo do solo para o plantio, dessa maneira as formigas não tem outras opções de recursos para o forrageamento. A porcentagem de plantas atacadas diminui nos meses subseqüentes, provavelmente devido ao aparecimento da vegetação nativa, que fornece mais opções para o forrageamento das formigas. Desse modo, o ataque de A. crassispinus que pode causar prejuízos às plantas de P. taeda ocorre nos primeiros meses de idade do plantio, com maior impacto nos primeiros 30 dias. Em média, 7,5% das plantas morrem por ataques de formigas em áreas de reforma recém-plantadas, isto se a floresta colhida havia sido podada (Nickele et al., 2012). Caso contrário, em floresta de *Pinus* sem poda e nem desbaste, quando colhida, não há ocorrência de

A. crassispinus, não justificando o seu controle em momento algum do novo ciclo florestal, se essa colheita for após a revoada dessas formigas. Restando apenas o cuidado com as faixas fronteiriças com áreas de preservação permanente. A eliminação total da vegetal nativa, mesmo quando a floresta já está com três anos de idade pode acarretar em ataque de formigas às plantas de pínus. No entanto, os ataques a partir dos 24 meses não são significativamente prejudiciais ao desenvolvimento das plantas (Cantarelli et al., 2008).

Um estudo realizado no município de São Mateus do Sul, PR, em uma área de reforma de plantio de P. taeda (plantio em agosto de 2007), em que o plantio anterior não sofreu poda e nem desbaste, revelou que a presença de ninhos de A. crassispinus foi observada somente a partir de 15 meses após o plantio. A densidade de ninhos aumentou gradativamente até o plantio completar 30 meses de idade (em média 26 ninhos por ha), e sofreu uma redução considerável quando o dossel da floresta começou a se fechar, sendo que cinco anos após o plantio havia, em média, um ninho por ha (Reis Filho et al, 2012). Nessa mesma área, a presença de saúva só foi detectada quatro meses após o plantio, e eram ninhos iniciais de Atta sexdens piriventris. Cinco meses após o plantio (janeiro de 2008) foram registrados, em média, 11 olheiros de ninhos iniciais de A. sexdens piriventris por hectare, oriundos da revoada que ocorreu na primavera de 2007. A densidade média de sauveiros diminuiu gradativamente nos meses subseqüentes. No verão de 2009, surgiram três novos sauveiros iniciais em toda a área amostrada, ou seja, em média, um sauveiro por hectare. Esses novos sauveiros eram oriundos da revoada que ocorreu na primavera de 2008. No entanto, nenhum sauveiro oriundo dessa revoada sobreviveu. No verão de 2010 e 2011, nenhum sauveiro inicial foi observado em toda a área amostrada, oriundo da revoada que ocorreu na primavera de 2009 e 2010, respectivamente. Cinco anos após o plantio somente um sauveiro estava ativo em toda a área amostrada. A população de A. sexdens piriventris foi alta no início do plantio de P. taeda, mas naturalmente diminuiu nos meses subsequentes (Reis Filho et al., 2011). As plantas de P. taeda não sofreram nenhum ataque de formigas cortadeiras durante todo o período de avaliação nessa área.

O controle de A. crassispinus em áreas de reforma de plantios de P. taeda onde o plantio anterior sofreu poda e desbaste deve ser intenso

somente no início do plantio (primeiros 30 dias), pois os ataques mais severos ocorrem neste período. Quando se tratar de reforma de plantio de Pinus, onde a floresta anterior não sofreu poda e nem desbaste, o problema com formigas cortadeiras é menos preocupante. Nesse caso, o combate pode ser amenizado e deverá ser realizado de maneira localizada somente nas faixas fronteiriças com áreas de preservação permanente.

O controle de formigas cortadeiras deve ser feito antes do preparo do solo para o plantio, pois o revolvimento do solo para o plantio dificulta encontrar os ninhos de quenquéns, devido as colônias, por alguns dias, ficarem ocupadas reformando os ninhos, não apresentando, portanto, atividade externa.

Após o plantio, o controle de formigas só deve ser feito quando realmente necessário. Assim, existe uma tendência atual, em reflorestamentos do Sul do Brasil de conviver com formigas cortadeiras durante a fase de crescimento e maturação da floresta de Pinus. O monitoramento baseado na presença de ninhos de formigas cortadeiras e/ou plantas cortadas, indica a necessidade ou não de controle. A utilização de isca granulada é recomendada na quantidade de 5 gramas por ninho de Acromyrmex ou de 8 a 10 gramas por metro quadrado de terra solta, no caso de Atta (saúva).

Reis Filho e Oliveira (2003), testando diferentes dosagens de isca formicida granulada à base de sulfluramida, concluíram que um formigueiro de Acromyrmex crassispinus pode ser eliminado com apenas 3 gramas de isca granulada.

A redução dos custos no combate às formigas cortadeiras em plantios de pinus deverá levar em conta o manejo florestal e a duração do período entre o corte raso e o novo plantio, podendo haver casos, em determinados talhões, que o combate não seja economicamente justificável. A utilização de isca granulada continua a ser o meio mais empregado para combater essas pragas, mas o uso sem levar em conta os aspectos já mencionados, certamente levará a superdimensionar o problema e elevará os custos para combatê-las.

Em regiões do Brasil onde a floresta plantada está baseada em espécies de Eucalyptus e há ocorrência de diversas espécies de saúvas,

comumente o problema com formigas cortadeiras é mais preocupante do que em áreas de cultivo de *Pinus*, onde a predominância de espécies dessas formigas é do gênero Acromyrmex. Em plantios de *Eucalyptus*, é prática comum, o combate às formigas cortadeiras durante todo o ciclo florestal, representando custos considerados elevados pelas empresas florestais, que atualmente, devido à escassez da mão-de-obra, começaram a introduzir a aplicação mecanizada de isca granulada para o combate às formigas cortadeiras.

Em plantio de *Eucalyptus*, no Paraná e Santa Catariana, no entanto, tem-se observado que apesar da ocorrência de saúvas (*Atta laevigata*, *Atta sexdens rubropilosa* e *A. sexdens piriventris*), o ataque de formigas cortadeiras, causado por quenquéns (*Acromyrmex* spp) é muito mais frequente e preocupante do que o causado pelas saúvas e limita-se aos primeiros seis meses de idade do plantio, sendo o primeiro mês, o mais vulnerável.

Em um experimento em *Eucalyptus urugrandis* em Telêmaco Borba PR, conduzido em um plantio com 30 dias de idade, em área que tinha sido de pastagem e sem combate às formigas cortadeiras, verificou-se o ataque em 70% das plantas causado por quenquéns, pois não havia nenhum ninho de saúvas na área, nem nos vizinhos mais próximos.

Num outro plantio de *E. urugrandis*, numa área de reforma onde era Pinus, também em Telêmaco Borba PR, estudou-se a densidade de ninhos de formigas cortadeiras e de plantas cortadas, desde os trinta dias de idade do plantio, computandose três níveis de desfolha das plantas. Constatou-se que o dano ocorrido foi causado por quenquéns, apesar de ter ocorrido, em média, 5 ninhos iniciais de saúva por hectare, quando o plantio tinha três meses. As avaliações conduzidas até que o plantio atingisse dois anos, mostraram que nenhum dos ninhos de saúva sobreviveu. O corte de plantas causado pelas quenquéns foram mais expressivos durante os primeiros seis meses de idade do plantio, perdurando até completar um ano. Os primeiros 30 dias de idade do plantio foram os mais vulneráveis ao ataque de formigas cortadeiras, tendo ocorrido o corte de, em média, 29,5% plantas, considerando-se o nível de desfolha de 50%. Aos 90 dias de idade do plantio, as formigas tinham danificado, em média, 15% das plantas em nível de 75% de

desfolha e/ou 100% de desfolha mais o corte do meristema apical. A mortalidade de plantas causada pelas formigas até o sexto mês foi de 2,7% em média.

Assim, nessa região, o combate às formigas cortadeiras, pode ser direcionado para o período mais vulnerável dos plantios, que são os primeiros seis meses de idade, o que pode representar grande economia de produto e mão-de-obra. A partir dessa idade, a manutenção do monitoramento semestral, visando encontrar os ninhos e/ou plantas cortadas por formigas, irá mostrar a necessidade do controle localizado.

Referências

ANJOS, N. S.; DELLA-LUCIA, T. M. C.; MAYHÉ-NUNES, A. J. **Guia prático sobre formigas cortadeiras em reflorestamentos**. Ponte nova: Graff Cor, 1998. 100 p.

DELLA LUCIA, T. M. C.; ANJOS, N.; SILVA, A. M.; BARCELOS, J. A. V.; BENTO, J. M. S.; FOWLER, H. G.; FORTI, L. C.; FREITAS, G. D.; MORAES, E. J.; MOREIRA, D. D. O.; OLIVEIRA, A. C.; OLIVEIRA, M. A.; PINHÃO, M. A. S.; VILELA, E. F.; YASSU, W. K. **As formigas cortadeiras**. Viçosa, MG: Sociedade de Investigações Florestais, 1993. 262 p.

CANTARELLI, E. B.; COSTA, E. C.; PEZZUTTI, R.; OLIVEIRA, L. da S. Quantificação das perdas no desenvolvimento de Pinus taeda após o ataque de formigas cortadeiras. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 18, p. 39 45, 2008.

LIMA, C. A.; DELLA LÚCIA, T. M. C.; ANJOS, N. S. **Formigas cortadeiras**: biologia e controle. Viçosa, MG: Ed da UFV, 2001. 28 p. (Boletim de extensão; 44).

MAYHÉ-NUNES, A. J. **Estudo de Acromyrmex (Hymenoptera: Formicidae) com ocorrência constatada no Brasil**: subsídios para uma análise filogenética. 1991. 122 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MENDES FILHO, J. M. A. Técnicas de combate às formigas. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 2, p. 9-19, 1981.

NICKELE, M. A.; REIS FILHO, W.; OLIVEIRA, E. B.; IEDE, E. T.; CALDATO, N.; STRAPASSON, P. Leaf-cutting ant attack in initial pine plantations and growth of defoliated plants. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 47, p. 892-899, 2012.

NICKELE, M. A.; REIS FILHO, W.; OLIVEIRA, E. B. de; IEDE, E. T. Densidade e tamanho de formigueiros de Acromyrmex crassispinus em plantios de Pinus taeda. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 44, p. 347-353, 2009.

REIS FILHO, W.; NICKELE, M. A.; QUEIROZ, E. C.; BRIDI, G. 2011. Dinâmica populacional de Atta sexdens piriventris em um plantio de Pinus taeda. In: XX SIMPÓSIO DE MIRMECOLOGIA, 20.; ENCUENTRO DE MIRMECOLOGISTAS DE LAS AMERICAS, 1., 2011, Petrópolis. **Anais**... [S.l. : s. n.], 2011.

REIS FILHO, W.; NICKELE, M. A.; QUEIROZ, E. C.; STRAPASSON, P.; BRIDI, G. Dinâmica populacional de Acromyrmex crassispinus (Hymenoptera: Formicidae) em um plantio de Pinus taeda. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 14., 2012, Curitiba. **Anais**... Curitiba: SEB, 2012.

REIS FILHO, W.; OLIVEIRA, S. de. **Atividade externa, carregamento de isca granulada e Controle de Acromyrmex crassispinus em floresta de Pinus taeda**. Colombo: Embrapa Florestas, 2002, 3 p. (Embrapa Florestas. Comunicado Técnico, 78).

Manejo de plantas daninhas em florestas plantadas

Rudolf Woch[1]

Introdução

Segundo a Abraf, em seu anuário 2013, com dados referentes a 2012, na última década o Brasil que ocupava a primeira posição com o menor custo médio de produção para madeira de processo, hoje ocupa o quarto lugar atrás de Rússia, Indonésia e EUA. Ainda em 2012 a inflação no setor florestal no Brasil foi três vezes superior ao IPCA e quatro vezes maior que a inflação média internacional.

É notória a perda de competitividade dos negócios na área de produção de madeira no Brasil.

Os preços dos produtos originários da madeira são formados conforme a oferta e a demanda. Deste modo, o ganho de lucratividade ou competitividade depende da eficiência de produção.

O controle de plantas daninhas corresponde em até 25% do custo de implantação florestal no Brasil. Trabalhar com foco no manejo representa ganhos diretos no resultado econômico.

O manejo de plantas daninhas em florestas plantadas precisa ser observado sobre os seguintes aspectos:

- Possibilidade de retorno econômico;
- Estratégias de controle;
- Tecnologia de aplicação de herbicidas.

[1] Diretor técnico da Apoiotec, e-mail: rudolf@apoiotecnet.com.br

Perdas e ganhos

As principais perdas associadas às plantas daninhas são aquelas referentes a interferência destas na produtividade do eucalipto. Esta interferência pode se manifestar por fatores inerentes às daninhas como: competição por água, luz e nutrientes, alelopatia, hospedagem de pragas e doenças, riscos de incêndio e dificuldades na colheita. Por outro lado existem interferências que estão ligadas com os efeitos dos métodos de controle, entre os quais se pode destacar: fitotoxicidade de herbicidas por falhas na operação e danos mecânicos às mudas.

Vários trabalhos visando estudar o impacto das plantas daninhas no desenvolvimento do eucalipto já foram realizados. De acordo com Toledo et all em trabalho realizado em 1997 em Três Lagoas - MS, o período crítico de controle foi dos 14-28 dias até 140 dias após o transplante. Em Pelotas RS, Tarouco e seu grupo avaliaram a interferência por dois anos, de 2006 a 2008, e concluíram que naquelas condições o período a cultura deve ficar livre de convivência com as plantas daninhas até os 107 dias após o plantio.

Entre os trabalhos desenvolvidos as perdas podem ser substanciais. *Toledo*, em 2000, observou perdas de 71% no diâmetro e 68% de altura em plantas mantidas sob competição durante 364 dias, quando comparado àquelas livres de interferência.

O tipo e densidade de infestação de daninhas também interferem de modo diferente sobre os plantios de eucalipto. Em 2002, *Toledo* relatou que o período total de prevenção a interferência (PTPI) do eucalipto, em comunidade de braquiária e tiririca, foi de 180 - 210 dias, considerando reduções de 5% e 2% no volume de madeira, respectivamente. Já em comunidade de trapoeraba, o PTPI foi de 60 dias após o transplante das mudas. Ambos em condições de inverno.

Existe uma variação grande de interferência de acordo com as condições ambientais, tipo de solo, comunidade infestante, material genético, entre outros fatores. Contudo, de modo geral, não é possível submeter a cultura do eucalipto a condições de convivência com plantas daninhas, pois as perdas são indiscutíveis.

A definição do manejo deve levar em conta as possibilidades de retorno econômico em relação as diferentes alternativas de manejo, sob a pena de obter mais dispêndios que ganho de madeira ao final do ciclo.

Manejo

As características da comunidade infestante de cada área interferem de modo diferente sobre as plantas de eucalipto. Isto se deve às diferentes características:

- Propagação: seminal e/ou vegetativa;
- Longevidade/ ciclo: anuais, bienais e perenes;
- Dormência e viabilidade de sementes;
- Germinação;
- Dispersão de sementes e/ou propágulos

No comparativo com o eucalipto a competitividade das plantas daninhas é muito maior, uma vez que a cultura florestal apresenta espaçamentos abertos, desenvolvimento inicial lento e ciclo longo.

O melhor conceito está no manejo integrado das plantas daninhas. Em linhas gerais trata-se do uso de diferentes ferramentas para reduzir os efeitos da interferência das plantas daninhas com a floresta. Entre as ferramentas disponíveis estão:

- **Cobertura viva.**

O sombreamento fornecido pela cultura é dos pontos fundamentais para controle de germinação de sementes no solo. A seleção de mudas, material genético, preparo de solo, disponibilidade de água, enraizamento e nutrição das plantas são fundamentais para que a floresta se estabeleça mais rápido, reduzindo a necessidade de intervenções para controle de daninhas.

- **Cobertura morta.**

A presença de resíduos de colheita ou da dessecação diminui a amplitude térmica no solo, mantém a umidade e impede a passagem de luz. Estes fatores são decisivos na germinação das sementes das plantas daninhas no solo. Existem diferenças nestes aspectos entre os tipos de solo, volume de cobertura, umidade relativa do ar e temperatura do ar.

Em função das características físicas dos solos a amplitude térmica é maior nas camadas mais superficiais em solos arenosos quando comparados aos argilosos.

De modo geral, quanto maior a cobertura menor a emergência de plantas daninhas.

- **Métodos mecânicos.**

Entre os métodos mecânicos estão operações de coroamento manual, uso de lâminas, roçadas mecanizadas e manuais e implementos de preparo de solo como grades.

Em muitas situações, pode ser interessante o uso dessas tecnologias associadas a outros métodos.

- **Métodos químicos.**

O uso de herbicidas em áreas florestais é uma realidade desde a década de 80, quando o uso do glifostato foi intensificado.

Desde então foi criada uma cultura de manejo em pós-emergência das plantas daninhas, além de sistemas de monitoramento com o objetivo determinar os melhores momentos de realizar as aplicações.

Na atualidade existem outros herbicidas registrados para a cultura do eucalipto, como segue:

- Pré-emergentes:
    - Flumioxazin;
    - Oxyfluorfen;
    - Sulfentrazone;
    - Pendimethalin;
    - Isoxaflutole.
- Pós-emergentes:
    - Carfentrazone;

- Glyfosate;
- Amônio glufosinato.

• Associação de pré-emergentes com pós-emergentes:

- Clomazone associado ao carfentrazone.

As recomendações de cada produto e de suas doses dependem de aspectos como solubilidade, meia vida, eficácia para plantas alvo, condições climáticas e ambientais, tipo de solo, seletividade e sua associação com outros métodos de controle.

Tendências e expectativas para o manejo

como discutido anteriormente, é preciso manter a floresta livre da interferência de plantas daninhas, para a obtenção de ganhos de produtividade no campo, a custos competitivos e com seletividade.

O conceito de seletividade neste caso refere-se a evitar que os métodos de controle causem interferência no desenvolvimento da cultura, por exemplo: aplicação de herbicidas não-seletivos sobre as mudas, ruptura de tecidos das mudas por ação mecânica de máquinas ou ferramentas manuais.

O manejo de plantas daninhas é baseado no uso do glyphosate. Trata-se de um herbicida pós-emergente, não seletivo e sem efeito residual. Sendo assim, embora apresente um amplo espectro de controle traz alguns problemas:

- Convivência da floresta com plantas daninhas: como é um herbicida pós emergente, é necessário que as plantas alvo estejam presentes na área e com área foliar suficiente para receber o tratamento. Sendo assim, é preciso que o eucalipto conviva com as plantas daninhas por um período até serem controladas. Durante este período a cultura sofrerá interferência da comunidade infestante;
- Fitotoxicidade: como um herbicida não seletivo não pode ser aplicado sobre as mudas, sob a pena de gerar uma intoxicação.

Este produto não é metabolizado dentro da planta e alguns trabalhos demonstram seus efeitos mesmo em subdosagem nas plantas de eucalipto. Sendo assim, o método de aplicação em manutenção florestal é essencial para obtenção de sucesso;

- Timing de aplicação: como o herbicida não apresenta efeito residual, para manter a floresta no limpo até o final do período total de prevenção de interferência, várias aplicações precisam ser realizadas. O momento da execução destas atividades depende de sistemas de monitoramento e programação de atividades nas empresas. Fatores externos como precipitação por longos períodos ou planejamento logístico podem significar a falha no sistema comprometendo a seletividade da atividade e produtividade.
- Seleção de biótipos resistentes ou tolerantes: o uso consecutivo e seqüencial do glyphosate, vem selecionando espécies resistentes ou tolerantes ao ativo. A ineficácia de controle em áreas com a presença de erva-quente, trapoeraba e bulva são evidentes no campo.

O aumento no volume de áreas plantadas e as dificuldades operacionais e de logística que o setor percebe, já foi ponto de discussão em outras culturas perenes. De modo geral, culturas que precisem se manter livre da interferência de plantas daninhas por mais de trinta dias, utilizam em seu manejo herbicidas pré-emergentes.

O uso de pré-emergentes na maioria das áreas florestais, fica restrito a operações na linha de plantio, em faixas de 0,5 m para cada lado desta. *Toledo,* em 2002, apresenta resultados em trabalhos conduzidos avaliando as faixas de controle na linha de plantio, em dois grupos: faixas fixas de controle e faixas crescentes, verificando aos 49 meses após o plantio que faixas fixas superiores a 1m ou crescentes a partir de 0,5 metros para cada lado da linha de plantio, propiciaram ganhos em altura, DAP e incremento médio anual.

Novos estudos realizados nas universidades analisam o uso de tratamentos em pré-emergência em área total nos plantios de florestas.

Abaixo é possível avaliar as diferenças entre as etapas no processo produtivo para condução até o final do primeiro ano do plantio.

Manejo convencional.

Trata-se por convencional, pois a maior parte do mercado controla plantas daninhas conforme a seqüência abaixo ou com alguma pequena alteração.

1. Dessecação em área total com glyphosate;
2. Preparo de solo;
3. Plantio manual ou mecanizado;
4. Aplicação de pré-emergente em faixa de 0,5 m para cada da linha de plantio;
5. Segunda aplicação de pré-emergente na faixa de plantio, em alguns casos, precedida ou conjugada com uma operação de lâmina mecanizada;
6. Duas a três aplicações de glyphosate nas entre-linhas, dependendo da época do ano e região;
7. Uso de operações manuais - mecânicas ou químicas - em parte das áreas para solucionar deficiências de controle ou logísticas.

Neste caso o total de intervenções é de no mínimo 5 e pode chegar a 8 para um ano de manutenção.

O uso de mão-de-obra está cada vez mais restrito e de qualidade limitada, ficando recluso às áreas não mecanizáveis. O uso de operações manuais em áreas mecanizáveis acontece na maior parte das vezes por questões operacionais, quando as equipes não entraram nas áreas no tempo correto, quer seja por questões ambientais, como chuvas por períodos prolongados concomitantes ao período das operações, ou por questões gerenciais e de monitoramento.

Manejo em pré-emergência em área total:

Neste caso, existem algumas empresas que têm conseguido manejar suas áreas com menos atividades.

1. Dessecação em pré-plantio em área total: associação de herbicidas para amplo controle de plantas de folhas estreitas e largas, visando obter o máximo de desinfestação das áreas;
2. Preparo de solo;
3. Aplicação de pré-emergentes em área total;
4. Plantio;
5. Aplicação de barra protegida: associação de herbicidas dessecantes e pré-emergentes.

A redução de intervenções com este manejo é notável, ficando restritas a apenas três, sendo que duas são realizadas antes do plantio, onde as equipes e gestores estão nas áreas para coordenar todas as atividades referentes ao plantio e a estrutura está na fazenda. Dependo da região e época do ano, uma manutenção é realizada com uso de pós e pré-emergente simultaneamente.

Tecnologia de aplicação de herbicidas e manejo

A principal forma de aplicação de herbicidas e florestas é a pulverização, que tem por objetivo a quebra do líquido em gotas, até o tamanho necessário, para distribuição da calda de modo uniforme, contínuo e na quantidade necessária.

A quebra se dá quando o líquido é forçado a passar através de um orifício sob pressão, ocorrendo a quebra da tensão superficial, e assim as gotas são formadas.

O tipo de pontas, a pressão de trabalho e o tamanho dos orifícios determinam a geração de diferentes espectros de gotas, como são chamados os conjuntos de partículas geradas em uma pulverização.

De acordo com o tamanho, as gotas apresentam comportamentos diferentes após seu lançamento. As gotas grandes ficam sujeitas a atração gravitacional, e as pequenas, sujeitas à movimentação de ar a sua volta.

Quanto mais uniforme o espectro de gotas gerado, mais uniforme será o comportamento das gotas.

Outros fatores que interferem na qualidade das pulverizações são:

- Velocidade de operação: as aplicações são realizadas com tratores. Durante a operação ocorrem variações de velocidade da máquina, que podem chegar a 20%, mesmo em áreas planas, isso considerando que a marcha e rotação selecionadas deveriam ser predefinidas e constantes. Se a calibração é realizada considerando uma velocidade fixa, significa que a pressão de trabalho também é fixa. Neste caso, mesmo que todas as gotas do espectro sejam do mesmo tamanho, e grandes, ainda assim haverá uma variação de dosagem ao longo da área aplicada da mesma ordem da variação de velocidade;
- Faixas de tratamento: o alcance obtido com cada passada de um pulverizador pode ser considerado como faixa de tratamento.

Como exemplos, temos:

- Em pulverizadores de barra protegida, no geral a faixa de tratamento nas entre-linhas de plantio é de 2 a 3 metros. Contudo, o arranjo de pontas de pulverização não leva em conta a uniformidade de distribuição dentro da faixa. São utilizadas as mais variadas pontas com escorrimentos exagerados nas laterais. Mesmo assim, nos cálculos de dosagem se considera que o produto que escorreu foi distribuído no alvo, erroneamente;
- Em pulverizações em área total, podem ser utilizados pulverizadores de barras longas ou curtas. Nestes últimos as barras são curtas, mas o alcance é longo, são utilizados bicos sem barra, onde a pulverização é projetada até 5 metros de

distância dos bicos. A desuniformidade de distribuição normalmente é compensada com doses maiores nas aplicações de pós emergentes, o que gera custos adicionais. Para aplicações de pré-emergentes esta estratégia pode significar perda de seletividade de alguns tratamentos resultando em interferência no desenvolvimento da floresta.

- Ainda em faixas tratadas, existe o problema das referências utilizadas pelo operador no momento da aplicação para as passadas subseqüentes. Em áreas de expansão quando não há uso de GPS como guia, podem ocorrer excessos de sobreposição ou falhas de aplicação, resultando em elevação de custos, perda de rendimento e retrabalho. Nas áreas de reforma, é comum o operador utilizar os espaçamentos da rotação anterior. Deste modo ele se orienta andando nas entrelinhas do plantio anterior. Como os espaçamentos não são uniformes, do mesmo modo pode ocorrer sobreposições em final de barras ou falhas de aplicação.
- Circuito hidráulico de defensivos: assim como os fatores anteriores, pulverizadores bem dimensionados com sistemas de agitação e mistura de produtos adequados, sistemas de filtragem, bombas e comandos confiáveis, e um sistema de manutenção preventivo são fundamentais para o sucesso dos tratamentos.
- Os investimentos em tecnologia de aplicação devem ser realizados em função do volume de área a ser tratada e dos custos envolvidos nos processos:
- Para áreas maiores com plantios ao longo de todo o ano, sugere-se o uso de silvicultura de precisão com sistemas que compensem variações de velocidade e gerenciem automaticamente seções de barra em função de posicionamento geográfico, impedindo falhas de aplicação e excessos de sobreposição;
- Em plantios menores onde a diluição dos investimentos é mais restrita, é fundamental o dimensionamento dos pulverizadores, pontas adequadas, escolha de espectro de gotas, pressão, vazão e orientação para aplicação em campo.

Considerações finais

- A definição do melhor manejo de plantas daninhas em florestas plantadas é multifatorial. As variáveis ambientais, regionais, biológicas, de tecnologia de aplicação, de metas de custos e competitividade exigem cada vez mais dos profissionais ligados a produção florestal.
- As oportunidades estão nas mudanças da substituição de controle de mato em pós-emergência para pré-emergência, com adequação das tecnologias disponíveis para cada situação. Pesquisas na área de comportamento de moléculas no solo, ambiente e plantas, modos de ação de produtos e resistência, tecnologia de aplicação e cursos de especialização para tomadores de decisão, devem ser fomentados unindo a iniciativa privada e as universidades, aproximando o conhecimento gerado às necessidades e aplicabilidade no campo.
- O setor pode e será maior e mais competitivo em termos globais.

Referências

ANUÁRIO estatístico ABRAF 2013: ano base 2012. Brasília, DF, 2013.

GOMES, G. L. G. C.; VELINI, E. D.; CARBONARI, C. A.; TAKAHASHI, E. N.; ARALDI, R.; TRINDADE, M. L. B. Níveis de absorção de Sulfentrazone por mudas de eucalipto em solos de diferentes texturas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27., 2010, Ribeirão Preto. [**Trabalhos científicos**]. Ribeirão Preto, 2010.

PEREIRA, F. C. M. **Métodos de controle de plantas daninhas e doses de adubação de cobertura na cultura do eucalipto**. 2012. 67 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Jaboticabal.

TAROUCO, C. P.; AGOSTINETTO, D.; PANOZZO, L. E.; SANTOS, L. S. dos; VIGNOLO, G. K.; RAMOS, L. O. de O. Períodos de interferência de plantas daninhas na fase inicial de crescimento do eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 44, n. 9, p. 1131-1137, set. 2009.

TOLEDO, R. E. B. **Faixas e períodos de controle de plantas daninhas e seus reflexos no crescimento do eucalipto**. 2002. 130 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

TOLEDO, R. E. B.; VICTÓRIA FILHO, R.; PITELLI, R. A.; ALVES, P. L. C. A.; LOPES, M. A. F. Efeito de períodos de controle de plantas daninhas sobre o desenvolvimento inicial de eucalipto. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 18, n. 3, p. 395-404, 2000.

Bloco 4

Cadeia produtiva de madeira

Nota:
Os trabalhos publicados neste bloco fizeram parte de programação comum com o 17º Seminário de Atualização em Sistemas de Colheita de Madeira e Transporte Florestal. Portanto, também podem ser encontrados em:

In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO EM SISTEMAS DE COLHEITA DE MADEIRA E TRANSPORTE FLORESTAL, 17., 2014, Campinas. Anais... 2. ed. Colombo: Embrapa Florestas, 2016. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle /item/14>.

Silvicultura, mercado e a qualidade da madeira pau que nasce torto, morre torto?

Armando José Giacomet[1]

Desde os primórdios de nossa história, na chegada das caravelas portuguesas comandadas por Cabral temos consumo de madeira serrada, pois a cruz e provavelmente o altar construído para a primeira missa utilizaram nossos recursos florestais, sem claro deixarmos de lembrar que nosso nome de batismo se deve ao histórico Pau Brasil.

Depois disso, tirando o reflorestamento na cidade do Rio de Janeiro, a Floresta da Tijuca, não me vem à mente outro grande projeto de plantio.

Foram-se a mais de 400 anos de exaustão por motivos ora mais, ora menos louváveis e, por vezes, inexplicáveis. Mas é bem verdade que grande parte de tudo o que produzimos e alimentamos nosso povo e nossas indústrias em termos de grãos, carnes, moradia, etc, só foram viáveis pela referida exaustão florestal.

Embora tenha-se referências de plantios de eucalipto em meados do século 19 no interior do Rio Grande do Sul, somente no princípio do século 20 houve implantação com finalidades comerciais, que hoje representa a grande maioria das áreas reflorestadas de nosso país, pouco mais de 5 milhões de hectares.

Já a segunda espécie, o pinus, teve algumas iniciativas de empresas verticalizadas, mas de forma maciça a partir dos "famigerados" incentivos fiscais vigorantes desde meados da década de 60 até o início dos anos 80.

E que bom que os "famigerados" incentivos aconteceram, pois foi graças a eles que temos formado a maior parte das florestas de madeira mole do Brasil, que hoje abastecem o mercado de madeiras serradas, laminadas e seus derivados.

1 Diretor das Indústrias BrasPine Madeiras e Braslumber Indústria de Molduras, que trabalham no beneficiamento da madeira de pinus, gerando produtos destinados ao acabamento da construção civil.

Sem eles muito certamente teríamos avançado com muito mais força sobre a floresta tropical ou muito provavelmente estaríamos importando de nossos vizinhos: Chile, Argentina, Uruguai, etc.

Hoje, as florestas de eucaliptos e pinus no Brasil somam aproximadamente 7 milhões de hectares e ainda ocupam menos de 1% do território nacional. Como citado, desde o início do século XX são plantadas florestas renováveis para a produção de madeira, buscando racionalizar a exploração de florestas nativas, bem como preservar todo o contexto que isso representa em termos de flora e fauna. Estratégia essa que garante a preservação de 4,3 milhões de hectares de florestas nativas protegidas pelo setor.

Dados extremamente significativos para o meio ambiente e sociedade, porém fortemente reforçados em sua significância pela dimensão econômica: em 2012 foram mais de 4,4 milhões de empregos diretos e indiretos gerados no setor florestal, que exportou U$7 bilhões e o valor bruto da produção obtido pelo setor totalizou R$56,3 bilhões. Somente no madeireiro, de processamento mecânico, a geração de empregos foi de aproximadamente 700 mil postos de trabalhos, representando 15% de todo o setor; números que fundamentados elevam expressivamente o desenvolvimento socioeconômico totalmente interiorizado e bem distribuído, fixando a mão de obra longe dos grandes centros.

Aliando a estratégia de extinguir o corte de florestas nativas, com a modernização e tecnologia a nossa disposição, a silvicultura passou de significado para significante, passou a ser estrategicamente elaborada e desenvolvida para atender um mercado sedento por matéria-prima de qualidade, que também foi se modernizando ao longo dos anos. As atividades de pesquisa e desenvolvimento em prol do melhoramento genético e da otimização do manejo florestal vêm recebendo investimentos, a fim de melhorar a produtividade e a qualidade atingindo os interesses comerciais do setor. Além disso, a silvicultura alia esse desenvolvimento a práticas ambientalmente corretas, indo além da opção e se incluindo como exigência de mercado, pois devem ser certificadas e comprometidas para o bom manejo florestal, onde se torna necessário uma postura de plantar e manejar bem, além de correta e legalmente.

Os mercados do Pinus

Histórico

Tendo iniciado no fim dos anos 80 e sem qualquer ajustamento em termos de equipamentos produtivos, vimos velhas serrarias que processavam toras centenárias de 1 m de diâmetro produzindo toras com 30, 20 ou até mesmo 15 cm de diâmetro, com idades variando de 10 a no máximo 20 anos.

O resultado foi o que se viu, desqualificamos o pinus que até hoje tem sua imagem comprometida pela sequência de erros de sua introdução, associado a produtos de baixo valor e qualidade.

Aqueles "palitos", como se referiam os antigos produtores de araucária, ou imbuia, precisavam de uma atualização tecnológica para terem alguma chance de se tornarem viáveis.

Os produtos inicialmente focados foram:

Madeiras simplesmente serradas (notadamente indústria mobiliária e de embalagens no mercado interno, no norte da África e Oriente Médio), o fence e o clear block (Estados Unidos) e algum cabo de vassoura (Europa).

Na segunda metade dos anos 90, algumas indústrias (poucas, diga-se de passagem) decidiram pelo investimento em modernos equipamentos e o desenvolvimento da tecnologia até então pouco utilizada.

O início do sub-prime, que gerou uma sobre demanda irreal, nos anos 2000 acabou dando uma sobrevida aquele processo meio antigo/meio moderno, até que em 2006 os mais de 2 milhões de casas anuais construídas nos USA enfrenta o seu "acerto de contas" e aquele número caiu a menos de 500 mil casas em 2008/2009. Crise essa que culminou no fechamento de diversas indústrias, pois este era o único grande cliente, agora com o fence, molduras e compensados.

Entre 60 e 70% da produção brasileira (e também do Chile e mesmo dos USA) simplesmente evaporou.

Passaram-se um pouco mais de 5 anos desde que isso aconteceu e em 2013 os americanos construíram pouco mais de 900 mil casas e

as previsões para 2014 variam entre 1.000 a 1.050 novas residências, e diga-se de passagem previsões estas são decrescentes desde que o ano começou!!!

Some-se a isso, e não menos importante, junto com a queda de consumo americano a brutal depreciação do dólar em relação ao real; o maior crescimento da demanda doméstica nos últimos tempos, em especial no triênio 2009/2011, que provocou fortes incrementos em termos reais ao custo da matéria prima (tora).

Investimento em tecnologia de produção, processos produtivos, gestão de negócio, logísticas otimizadas e muito esforço mercadológico mantiveram viva uma parcela destas indústrias.

Madeira serrada com unidades de alta produtividade, manufaturados com alta agregação de valor em acabamentos e especificidades, produtos engenheirados, torneados com altíssima produção e aproveitamentos, enfim, uma verdadeira revolução na indústria da madeira.

Europa, USA, Ásia (menos China) demandando produtos de maior valor agregado e China grandes volumes de madeira brutas, foram as molas desta nova indústria.

No entanto, enquanto dados econômicos oscilam, a única certeza é que as exigências do mercado estão em constante crescimento, nunca param. As crises que abalam setores produtivos também contribuem para o desenvolvimento da produção, numa disputa acirrada para ver quem tem mais qualidade.

Qualidade da madeira

Garantir a matéria-prima de acordo com os padrões estabelecidos pelos clientes reflete na qualidade dos produtos que o mercado exige. Tora clonada, com bom manejo florestal, colhida no tempo certo e uniformidade de crescimento são requisitos fundamentais para aprovar a qualidade da madeira.

E, analisando esse cenário, uma pergunta surge de forma espetacular: Pau que nasce torto, morre torto?

E a resposta, para nós que estamos mergulhados nesse instigante universo é que não, velhos paradigmas precisam ser vencidos!

A tecnologia em função da qualidade da madeira, bem como dos produtos dela fabricados comprova a afirmação acima citada, desde o plantio, como já visto, e até o beneficiamento.

Sem a menor sombra de dúvida o Brasil, como na agricultura, é o seleiro do mundo, certamente também o será em florestas e seus produtos.

Temos ainda um espaço muito grande a conquistar, tanto no mercado interno quanto no externo.

Mercado interno

Há sem dúvida um primeiro passo a ser dado, quando o assunto é o Mercado Interno. A "queima" de imagem feita pelo próprio setor produtivo precisa ser recuperada.

Hoje, ainda e infelizmente, o Pinus está associado a produtos de baixa qualidade e/ou sinônimo de produtos baratos (exceções como Tock Stock ainda são dignas de destaque).

Mesmo inconscientemente o Brasil hoje tem na construção civil centenas de milhares de residências utilizando Pinus em seus interiores. Ainda em grande maioria de forma oculta através de marcos, portas e batentes que, pintados (kit de porta) foram tomando espaço antes ocupado por madeiras tropicais em sua vasta maioria.

A exceção do território abaixo da BR 277 (meio PR, SC e RS), no restante do país a casa de madeira sempre foi sinônimo de pobreza e baixa renda.

Até mesmo no sul do Brasil o sonho do interiorano era construir uma "casa de material" como sinal de status e enriquecimento.

Já temos hoje empresas com tecnologia e desenvolvimento para a construção a seco, com rapidez, racionalidade e qualidade térmica e acústica tanto para baixa renda como para casas de melhor qualidade.

Uma casa de 43m² falamos em duas horas para montar, uma de 350m² falamos em doias dias.

Casas produzidas com estrutura de madeira, chapas de OSB ou compensado e acabamentos em madeira, além da placa cimentícia.

A introdução no Brasil da construção a seco (Dry wall) de prédios e edifícios, prática comum nos Estados Unidos, nos permitirá também, a exemplo de lá, o desenvolvimento de um mercado mais artístico, embelezador, através de perfis decorativos de madeira até hoje inviáveis pelas imperfeições das paredes de alvenaria totalmente irregulares.

Além é claro das tradicionais utilizações em forma de embalagens, construção civil, comércio varejista e até mesmo o *"do it yourself"* que começa muito discretamente a aparecer no mercado brasileiro.

Mercado internacional

Não nos parece devam acontecer grandes variações de consumo e produtos no mercado internacional.

A China e países como Camboja, Vietnã, Indonésia, Índia e etc., como grande demandadores de matéria-prima em função de suas disponibilidades abundantes de mão de obra.

Embora a China seja um grande mistério, ela ainda tem 800 a 900 milhões de pessoas que não têm o mesmo padrão das regiões desenvolvidas.

Por mais que seus controles e regulações restrinjam as mobilidades populacionais, as melhorias já experimentadas por 1/3 da população (notadamente do litoral) deverão ser expandidas para o interior, sob o risco de algum colapso social se isto não se tornar realidade.

Talvez não sejam os 10 a 12% de crescimento anual, mas algo entre 6 a 8%, que na verdade precisarão ser mantidos, diminuindo o investimento em infraestrutura (que inveja, não?) e aumentando o estímulo ao consumo. Pouco provável nos parece para produtos de alto valor agregado, mas sem dúvida, para volumes ainda muito grandes de madeiras brutas para alimentar o "dragão", altamente viabilizados pelos baixos custos do frete marítimo em função da necessidade de retorno dos contêineres que inundam o comércio ocidental com produtos orientais.

Produtos beneficiados

Mercados tradicionais como a América do Norte, Europa e o seletivo Japão continuam sendo os grandes (ou pelo menos os potenciais) clientes dos produtos beneficiados sólidos.

O Japão, assolado por sua crise imobiliária de 20 anos atrás ainda não recuperou toda a sua força, mas é um mercado muito exigente em termos qualitativos.

Apesar de todas suas dificuldades ainda é a 3ª economia mundial e merece atenção.

A Europa, ou pelo menos a velha Europa rica, já há muito não vinha sendo um grande e amplo consumidor. As crises da Espanha, Portugal, Irlanda e Grécia contaminaram o continente como um todo, além de terem ofertas de madeiras brutas e beneficiadas da Escandinávia, Rússia e países do leste.

Continuará, acreditamos, embora sem grandes volumes, porém há nichos de mercado para produtos de alto valor agregado e sem grandes perspectivas de mudança no curto prazo.

Os Estados Unidos em especial, que nos enviaram as sementes das florestas, depois nos ensinaram a fazer o fence, o block e por fim os produtos de acabamentos, são, naturalmente, pela cultura da casa de madeira (3/4 da população americana mora em casas de madeira).

Estados Unidos, como já abordamos amplamente, com a indústria da construção destroçada entre 2006 e 2009 e como consequência a crise financeira que seguiu a uma catástrofe econômica e social, tendo desemprego se mantido por quase dois anos acima dos 9%, vem de uma forma muito gradual (frustrando previsões mais otimistas) recuperando seu mercado imobiliário.

Ainda hoje, depois de 5 anos, está a 60% do que era sua média histórica de construções e ainda com muitas dúvidas em relação ao desatar das medidas econômicas adotadas nos piores momentos 2008/2009.

Deverá manter uma lenta e gradual recuperação, mas ainda tomar vários anos atingir o consumo histórico.

A direção é positiva, o ângulo é 3°!

Conclusão

Temos sim grandes e promissores mercados consumidores tanto interno, quanto externo.

Precisamos sim nos focar no tripé que preconiza o FSC – Socialmente Justa, Ambientalmente correta e Economicamente viável,

Simples assim!!!

O setor que emprega e qualifica seus funcionários, por estar fora dos grandes centros, provê assistência de saúde, educação, transporte, atividades sociais, lazer, 4,5 milhões de empregos gerados; fixando o homem no seu ambiente.

O setor produtivo regulado por um Ministério do Meio Ambiente ao invés de um ministério de produção! Mantem sob sua guarda e atenção mais de 4,3 milhões hectares de preservação, verdadeiros parques florestais para nossa fauna e flora.

É viável economicamente, pois plantamos (investimos) para colher em 7 a 20 anos, dependendo do foco de nossos produtos. Temos uma participação no superávit da balança comercial nacional de 28,1%!

O que mais justo que este país finalmente reconhecer o fantástico valor de nossa atividade!

Mas para que possamos crescer, e muito, faz-se necessário políticas públicas que nos viabilizem ocupar ainda alguns milhões de hectares de terras improdutivas e degradadas com Floresta.

Claramente, não se trata de substituir culturas, mas a agregação pura de valor a pequenas e médias propriedades espalhadas por todo o país, bem a como a conscientização e demonstração à grandes projetos de como o setor pode contribuir com o desenvolvimento socioeconômico de uma região, do país, do mundo!

Parabéns senhores por fazermos parte deste complexo Floresta/ Indústria!

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL. **Bracelpa**. Disponível em: <http://bracelpa.org.br>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FLORESTAS PLANTADAS. **Abraflor**. Disponível em: <www.abraflor.org.br>.

GEORIA-PACIFIC. **GP**. Disponível em: <https://www.gp.com/>.

IBGE. **Geociências**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias>.

NEW ZELAND. Ministry for Primary Industries. **Funding & programmes**: forestry. Disponível em: <http://www.mpi.govt.nz/funding-and-programmes/forestry/>.

Integração lavoura-pecuária-florestas na cadeia produtiva da madeira

Vanderley Porfírio-da-Silva[1]

Introdução

O agronegócio brasileiro tem representado cerca de 24 % do PIB nacional, (CEPEA, 2012) gerado em torno de 37% dos empregos, respondido por cerca de 40% das exportações e sustentado, de certa forma, o saldo comercial. Ampliou, nos últimos anos, a área de produção de grãos em 123% e aumentou a produção em 225%. A produção de carne bovina cresceu em 55% (ABIEC, 2014) a suína em 76% (ABPA, 2012a) e a de frango em 75% (ABPA, 2012b). A produção de celulose cresceu em média 5,7% ao ano desde 2002 e o Brasil é o atualmente o 3º maior produtor mundial

Assim, o Brasil, enquanto firma-se, a cada ano, como competidor dos países desenvolvidos e como principal contribuinte para o atendimento da demanda de uma população mundial que, já em 2030, deverá ser de 8,13 bilhões de pessoas (60% nas áreas urbanas) o agronegócio brasileiro, também, acumula um expressivo passivo ambiental. Atualmente tem uma área desmatada, em seus três maiores biomas, que alcança 2,7 milhões de km^2, ou 31,7% do território nacional. Um destes biomas sofreu nos últimos 25 anos a destruição de 15% ou 551 mil km^2, outro perdeu 93% da cobertura florestal original e o terceiro, de acordo com estimativas de instituições importantes, deverá desaparecer até 2030.

Esta discrepância poderá justificar ações preventivas de grandes potências agrícolas, mesmo aquelas que sabidamente destruíram suas florestas em maior proporção que o Brasil, na forma de barreiras não tarifárias. As barreiras ambientais, por terem um imenso poder de sensibilizar a opinião pública mundial serão, certamente, preferenciais para utilização pelos competidores do agronegócio brasileiro. Afinal de contas, o mundo moderno estabeleceu na Rio 92, que a sustentabilidade

1 Dr. Pesquisador da Embrapa Florestas (vanderley.porfirio@embrapa.br)

do planeta depende de nossa decisão de "atender às necessidades das presentes gerações sem comprometer a capacidade das futuras gerações em atender às suas próprias necessidades". Em função disso, o agronegócio brasileiro necessita preocupar-se com o atendimento à legislação ambiental interna e mesmo continental.

A maior parte das pressões recebidas, hoje, pelo agronegócio diz respeito ao cumprimento do Código Florestal, principalmente, em relação à reabilitação ou manutenção de áreas de preservação permanente (APP) e de reserva legal (RL) que variam, neste caso, de 80% na região de floresta da Amazônia Legal, 35% na área de transição de cerrado dessa mesma região e 20% das demais. Depois delas aparecem as devidas ao mau uso agropecuário, dentre as quais se destacam a degradação de milhões de hectares de pastagens, o crescimento exagerado das monoculturas e o pouco caso com o uso e conservação de nossa biodiversidade.

Apesar dos principais agentes de pressão, na atualidade, serem o Ministério Público e as Organizações Não Governamentais (ONGs) ambientalistas, não está longe a incorporação de movimento de consumidores. Estes passarão a demandar produtos gerados de forma social e ambientalmente correta para eximirem-se da responsabilidade indireta sobre as ocorrências de catástrofes climáticas e sociais. Preventivamente, muitas empresas e cooperativas do agronegócio brasileiro têm adotado posturas socialmente justas e ambientalmente corretas visando assegurar sua permanência, com sucesso, no mercado. Elas estão conscientes de que não há saída diferente senão a de diferenciar-se no mercado adequando-se à legislação ambiental utilizando-se dos chamados sistemas de gestão ambiental, certificados ou não. Assim, poderão qualificar-se para faixas especiais de preço e para assegurar ao agronegócio brasileiro a condição de protagonista mundial.

Em função desse quadro, cresce a importância do estabelecimento de uma estratégia nacional para o desenvolvimento sustentável do agronegócio do século XXI. Para a Embrapa, a estratégia de integração lavoura, pecuária e floresta – iLPF é uma alternativa importante.

O surgimento da idéia de integração lavoura, pecuária e florestas na Embrapa

Na Embrapa as pesquisas em sistemas de integração dos componentes arbóreo, agrícola e pecuário, tiveram início na década 1980 (CONGRESSO...1994). O curso sobre " Diseño estadístico y evaluacion economica de sistemas agroforestales" , realizado em Curitiba, PR, no ano de 1986, oportunizou a sistematização de experiências isoladas, que existiam nas diferentes regiões do país, e promoveu a difusão de atividades de pesquisa nas diferentes unidades da empresa (TALLER... 1986).

No ano de 1994, após a realização de "Encontros Regionais sobre Sistemas Agroflorestais" em diferentes regiões do país, aconteceu o "I Congresso Brasileiro sobre Sistemas Agroflorestais" – CBSAF - e "I Encontro sobre Sistemas Agroflorestais nos Países do Mercosul", na cidade de Porto Velho, RO (CONGRESSO... 1994). À época, já existiam cenários, tanto nacional quanto internacional, que sinalizavam para mudanças importantes na forma de uso da terra. Aspectos relacionados à sustentabilidade ambiental e social assumiam importância e necessitavam ser considerados igualmente aos parâmetros de produtividade econômica e física dos sistemas de uso da terra. Em 2013, a Sociedade Brasileira de Sistemas Agroflorestais (constituída no ano de 2000) realizou a 9ª edição do CBSAF.

Já no ano de 2000, a Embrapa realizou o Simpósio Internacional sobre Sistemas Agroflorestais Pecuários na América do Sul, com a perspectiva da integração de árvores e pastagens com animais, especialmente pela preocupação com a degradação das áreas de pastagens e a necessidade de alternativas capazes de promover a sustentabilidade da pecuária a pasto.

O uso da terra no Brasil é marcado pelo predomínio das pastagens (71%) (DIEESE, 2011; IBGE, 2006). As pastagens brasileiras têm sido utilizadas de forma inadequada em inúmeras situações. Isto tem gerado grande superfície de pastagens degradadas que além de diminuírem a rentabilidade da pecuária e dos pecuaristas nacionais têm, também, efeitos negativos na imagem desta atividade. Em função disto, há muitas

décadas tem-se estabelecido um esforço de recuperação destas áreas, inclusive, por meio do plantio de lavouras que além da diversificação de renda e promoção da rotação de cultura com efeitos positivos no solo, propicia resíduos de adubos que favorecem a pastagem que vem posteriormente.

Há algum tempo, esta prática de recuperação vem sendo feita com a inclusão do sistema de plantio direto e sendo denominada de integração lavoura e pecuária – ILP. Esse sistema de recuperação é reconhecido, atualmente, como um redutor do impacto da agropecuária sobre o meio ambiente (SIMPÓSIO..., 2007). E, na Embrapa passou a ser considerada como "diversificação, rotação, consorciação ou sucessão das atividades agrícolas e pecuárias dentro da propriedade rural, de forma harmônica, constituindo um mesmo sistema, de tal maneira que há benefícios para ambas" (Kluthcouski, 2003).

Mais recentemente, pesquisadores da Embrapa tradicionalmente envolvidos com o ILP associaram-se a outros da área florestal e agroflorestal e complexaram o ambiente de ILP com a introdução do componente arbóreo valorizando o sistema em termos de biodiversidade e transformando-o em um sistema agrossilvipastoril.

Na carteira de projetos da Embrapa, os projetos estruturados de transferência de tecnologia para a integração do componente arbóreo às atividades de agricultura e, ou de pecuária a pasto, tiveram início em 2004. Em 2007, pesquisadores de 26 unidades da Embrapa em parceria com organizações do Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária, agentes da Assistência Técnica e Extensão Rural, e instituições de ensino, deram início ao "Projeto Transferência de Tecnologia em iLPF" que, entre outros objetivos pretende promover a produção de alimentos e energia renovável de madeira sustentável, diminuir a necessidade desflorestamento de novas áreas, gerando renda aos produtores rurais (detalhes em <http://ilpf.cnpms.embrapa.br/template.php?idcategorias=2>). Com atuação assistida em 196 áreas (Balbino et al, 2011) dispersas por todos os biomas do território brasileiro, o Projeto iLPF contribui fortemente para a divulgação de sistemas de integração dos componentes arbóreo, agrícola e pecuário, como proposta de mudança do uso da terra.

Atualmente, o conceito de ILPF está sendo ampliado, ultrapassando os limites do sistema agrossilvipastoril e passando a considerar a propriedade como um todo. Deste modo, ao contrário do que muitos escrevem e propagam, a estratégia ILPF indicada pela Embrapa, atualmente, não se reduz ao uso de sistemas agrossilvipastoris. Estes, constituem-se em uma das ferramentas utilizadas mas são muitas as outras, com destaque para: a recuperação e valorização das áreas de preservação permanente; o manejo sustentável das áreas de reserva legal; as inúmeras formas de introdução do componente florestal na propriedade; a silvicultura comercial em mosaicos. Além disso, as espécies arbóreas nativas podem exercer um papel fundamental, contribuindo com projetos redutores da emissão de gases de efeito estufa (carvão vegetal e biocombustíveis, entre outros) por meio de sistemas agroflorestais e plantações florestais comerciais.

O conceito de ILPF, portanto, define uma estratégia de gestão sustentável da atividade agropecuária para o novo século cujo aperfeiçoamento passará, indubitavelmente pelo trabalho complementar de todas as Unidades do sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária – SNPA.

A produção agrícola, pastoril, florestal e o sistema agrossilvipastoril

As terras utilizadas para as pastagens no Brasil estão sob condições climáticas que determinam a estacionalidade na produção das forrageiras; sendo agravada pela ocorrência de geadas (nas áreas abaixo do paralelo 24º S) e, ou, veranicos.

A atividade agrícola de grãos (lavouras) se concentra nos meses de outubro a março, e também está sujeita a frustrações de safras por eventos climáticos de estiagem, aumentando os riscos para a sustentabilidade econômica das propriedades rurais.

Apesar disso, é possível oferta abundante de forragem aos animais de rebanho nos meses de inverno ou de estiagem por meio das estratégias de integração lavoura-pecuária (Kluthcouski et al,. 2003; SIMPÓSIO..., 2007). A utilização da integração lavoura-pecuária, nas áreas de cultivos

agrícolas de verão ou "das águas", que de outra forma ficam sem rendimento durante tais períodos, proporciona a terminação e, ou, recria de bovinos (Silva et al., 2011; Rocha et al.; 2011) durante a entressafra, o que corrobora para melhoria de índices zootécnicos da pecuária (Moraes et al.,2007; Silva et al., 2012). Ainda, segundo esses autores, quando o pastejo é corretamente conduzido, não compromete a formação de palha para o método de semeadura direta das lavouras de verão.

A perspectiva de integrar a atividade pecuária, à atividade de lavouras de grãos, e vice-versa, uma vez que ambas estão sujeitas a frustrações de safras por eventos climáticos, aumenta a sustentabilidade das propriedades rurais que passam, então, a utilizar mais eficientemente a terra e a depender menos do rendimento de determinada atividade (Balbinot Jr. et al., 2009; Ambrosi et al., 2001).

A produção de madeira proveniente de plantios florestais no país é originada em cerca de 7 milhões de hectares e, apesar de concentrada em menos de 1% do território nacional, a produção do complexo madeira é a 4ª maior contribuidora da balança comercial brasileira (ABRAF, 2013)

O consumo de madeira serrada no mercado interno brasileiro no ano de 2009, foi de 13,5 milhões de m³ de madeira serrada oriunda de florestas naturais nativas (UNECE & FAO, 2009) e 7,5 milhões de m³ originados em florestas plantadas (ABRAF, 2013). Atualmente são consumidos cerca de 15 milhões de m³ de madeira oriunda de florestas nativas (SFB, 2013; UNECE, 2013) e 8,3 milhões de m³ provenientes de plantios florestais (ABRAF, 2013).

O consumo total de madeira proveniente de plantios florestais no ano de 2012 foi estimado em 183 milhões de m³, que foram utilizados em celulose, painéis de madeira industrializada, serrados, compensados, carvão vegetal, lenha e outros produtos florestais, 76,5% desse montante foi destinado para o mercado interno brasileiro (ABRAF, 2013). A estimativa da demanda de madeira no mercado interno, para o ano de 2030, é de que poderá atingir 300 milhões de m³ (AMS, 2005), o que significará plantar 2 a 2,5 vezes mais do que é plantado atualmente.

A integração de árvores em pastagens e, ou, em áreas de lavouras de grãos, segue a mesma lógica, discutida por Balbinot Jr. et al. (2009), da

estratégia para a intensificação econômica de áreas agrícolas e pecuárias. Onde o componente arbóreo pode constituir uma diversificação de produção da área que estará, concomitante com a produção agrícola e pastoril, produzindo madeira. Segundo estimativas da FAO (2002) e UNECE & FAO (2009), até o ano de 2030, o consumo mundial de madeira em toras atingirá 2,4 bilhões de m^3 . Segundo esses estudos, a pergunta fundamental não é se haverá madeira no futuro, mas sem de onde deverá vir, quem a produzirá e como deverá ser produzida?

Diante desse cenário torna-se interessante a possibilidade de introdução de árvores em sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP), especialmente em regiões tipicamente pecuárias, onde, "a agricultura entra como uma opção para o estabelecimento ou reforma de pastagens" (Moraes et al., 2007; Balbino et al., 2011). Assim, a utilização da agricultura no processo de recuperação da capacidade produtiva das áreas destinadas às pastagens possibilita controle de plantas indesejadas e adoção de fertilização de uma forma mais fácil, além da diversificação da renda das propriedades. Nessa fase, então, tem-se uma oportunidade estratégica para a conversão do sistema de pastagem solteira em pastagem arborizada.

A introdução de árvores em meio às pastagens, apresentam potencial para aumentar e diversificar a oferta de forragem ao longo do ano, reduzir os danos causados por geadas e reduzir os extremos climáticos, que causam desconforto e prejudicam a produtividade e o desempenho reprodutivo dos animais, configurando assim melhorias no ambiente produtivo (Payne, 1995; Lin et al., 2001; Paciullo et al., 2009; Souza et al., 2010). A otimização do desempenho animal pode ser alcançada sem efeitos negativos sobre o crescimento das árvores, desde que práticas de manejo adequadas sejam adotadas, tais como a adequação da pressão de pastejo para maximizar o ganho médio diário e prevenir os riscos de danos às árvores (Garret et al., 2004; Porfírio-da-Silva et al., 2012).

A arborização de pastagens degradadas ou em degradação, por meio da agricultura de grãos, pode ser uma alternativa para reduzir custos com correção de solo (Dias-Filho, 2006) e do plantio de árvores. A presença de árvores adequadamente dispostas em área de

pastagens proporciona melhoria nos índices de conforto térmico animal (Porfírio-da-Silva & Moraes, 2010; Ferreira et al., 2010) influenciando positivamente o desempenho animal (Paciullo et al, 2009). Assim, os benefícios da arborização de pastagens, potencialmente, vão além ambiência animal, alguns desses são: agregação de renda; produção ambientalmente adequada, por exemplo, pela oportunidade de contribuir para a mitigação da emissão de gases de efeito estufa (Leite et al., 2010; Tonucci et al., 2010) e melhoria da oportunidade de negócios para carne e leite produzidos a pasto.

A associação intencional de cultivos agrícolas, ou forrageiros com árvores, numa mesma área, é conceituada como o sistema que integra os componentes lavoura, pecuária e floresta, em rotação, consórcio ou sucessão, na mesma área (N. O componente lavoura pode, ou não, ficar restrito à fase de implantação do componente florestal (Balbino et al, 2011; Nair, 1984). De forma que, quando o sistema integra somente componentes pecuários e florestal em consórcio, configura-se a integração pecuária-floresta (silvipastoril); quando o sistema integra componentes florestal e agrícola pela consorciação de árvores com lavouras, está configurada a integração lavoura-floresta (silviagrícola).

Ocorre que, quando da introdução do componente arbóreo no sistema ILP, tem-se a alternância, no tempo, das formas: silviagrícola, silvipastoril. Essa alternância de status do sistema configura um sistema agrossilvipastoril. Tais formas de uso da terra, conforme Macedo (2000) incluem em seus conceitos referenciais os principais elementos da sustentabilidade, ou seja, o econômico, o social e o ambiental.

As características do sistema agrossilvipastoril

O agrossilvipastoril é uma opção diferente de uso da terra, comparado com sistemas tradicionais de cultivos anuais (grãos e forrageiras), de pastagens e de plantios florestais comerciais, que são fundamentados em arranjos monoespecíficos e monousuário da terra.

No agrossilvipastoril ocorre a complementaridade entre os componentes arbóreo e não-arbóreo, proporcionando que os recursos disponíveis possam ser utilizados de forma mais eficiente. É uma forma

de uso da terra (uma prática) ambientalmente mais adequada, e tem uma vantagem óbvia quando se trata da paisagem.

A área com sistema agrossilvipastoril continua gerando receitas no curto prazo, o que não ocorre quando o uso da terra é modificado de lavouras e/ou pastagem para plantio florestal exclusivamente. Por outro lado, o uso da terra somente com lavouras e/ou pastagem não proporcionam os rendimentos cumulativos possíveis da produção de madeira.

Em resumo, o agrossilvipastoril promove a diversificação da atividade agrícola e pastoril e uma melhor utilização dos recursos ambientais, tendo vantagens interessantes a partir de três perspectivas distintas:

1) Da perspectiva da lavoura (cultivo de grãos e forrageiras), da pastagem e do gado; propiciando a diversificação das atividades rurais, com a construção de um valioso patrimônio de árvores (poupança) (Vale, 2005; Dupraz et al., 2005; Rodigheri, 2000; Dubé, 1999); exercendo proteção da lavoura e da pastagem pelas árvores que proporcionam o efeito de quebra-ventos, fornecendo abrigo ao gado, do sol, da chuva, do vento; prevenindo da perda de solo (erosão) e água, e estimulando a biota do solo (Ong; Huxley, 1996; Ferreira et al., 2010; Porfirio-da-Silva et al., 2006a); oportunizando a reciclagem de nutrientes lixiviados ou drenados para camadas mais profundas do solo pelas raízes das árvores, incremento da matéria orgânica do solo pela serapilheira e raízes mortas das árvores (Ong & Huxley, 1996; ; Dupraz et al., 2005; Dias et al., 2007; Kruschewsky, 2009).

Além disto, pode gerar a combinação interesses de proprietários de terras (uma poupança em madeira) e de agricultores arrendatários (acesso a terras para produção de lavouras), configurando possíveis negócios para o agricultor arrendatário para que cuide da formação das árvores.

É uma alternativa ao plantio florestal comercial, importante por propiciar a introdução da atividade florestal nas terras cujo potencial

agropecuário é alto, sem com isso, deslocar as atividades agropecuárias; ao contrário, mantendo-as em bases sustentáveis. A colheita das árvores é facilitada por estarem plantadas em linhas largamente espaçadas e a destoca poderá ser desnecessária, pois serão poucos tocos e dispostos em linha não prejudicam a atividade agropecuária nem o plantio de novas árvores.

2) Na perspectiva florestal, as árvores podem crescer a taxas maiores em diâmetro, devido ao maior espaço entre os indivíduos, espera-se redução do custo de implantação das árvores, pelo menor número de árvores plantadas (em alguns arranjos) e pela renda oriunda dos componentes agrícola e pecuário intercalares (Dupraz et al., 2005; Dubé, 1999). Dupraz et al. (2005), registraram maior regularidade da espessura de anéis de crescimento, adequando-se melhor às necessidades da indústria, uma vez que ciclos de concorrência e desbaste são menos frequentes. A atividade de cultivo ou de pastoreio intercalar favorecem os tratos silviculturais, em particular, a proteção contra fogo em áreas de maior risco de incêndios.

Ao produzir madeira de qualidade que é um recurso que complementa, ao invés de concorrer com os produtos da floresta tradicionalmente produzidos/explorados, o sistema agrossilvipastoril torna-se importante forma de produção para substituir as madeiras extraídas de florestas naturais, que estão cada vez mais escassas e de acesso limitado. As áreas dedicadas à lavouras e pastagens no país são vastas (98% da área utilizada pelos estabelecimentos agropecuários – DIEESE, 2011) e poderiam proporcionar um incremento substancial na oferta de madeira de maior valor agregado. Especialmente pela inclusão de espécies madeireiras que são pouco utilizadas nos plantios comerciais tradicionais, mas que possuem elevado valor.

3) Na perspectiva ambiental, pela otimização do uso dos recursos naturais: ao constituir um sistema eficaz para a captura de carbono, combinando a manutenção do estoque de matéria orgânica no solo com a sobreposição de uma camada fixadora acima do solo que são as árvores (Tonucci et al., 2011; Ong & Huxley, 1996); ao suprimir a ocorrência de plantas indesejadas, que normalmente ocorrem em plantações florestais jovens,

pelo cultivo de grãos ou de forrageiras diminui o custo de produção florestal e a adubação é mais eficientemente utilizada pelo conjunto de plantas do sistema.

Áreas agrossilvipastoris têm um potencial verdadeiramente inovador de paisagismo, e pode melhorar a imagem pública dos agricultores para a sociedade (Schroth, 2004; Harvey, 2001). Isto será particularmente importante para regiões onde as propriedades rurais são pouco ou nada arborizadas e, também, para as regiões onde são totalmente cobertas por plantações de florestas comerciais.

Promoção da biodiversidade, especialmente pela abundância de "efeitos de borda" ou interfaces. Esta, em particular, permite uma melhoria sinérgica, por favorecer novos nichos e habitats (Harvey, 2001). Uma via promissora de futuro poderá ser a proteção dos cultivos por sua associação com árvores, escolhidas para estimular o controle biológico das populações existentes nas lavouras e nas pastagens.

Estas características são favoráveis e coadunam com muitos objetivos da legislação ambiental e de normativas de boas práticas na agropecuária e florestas, bem como corroboram para a mudança do uso das terras. Particularmente pode contribuir para com os objetivos da Planto Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura – Plano ABC – do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento –MAPA – em seus objetivos e questionamentos internacionais.

Combinando os componentes arbóreo e herbáceo do agrossilvipastoril

A integração lavoura-pecuária-floresta será facilitada pela adequada distribuição espacial das árvores no terreno, fundamentalmente para que oportunize práticas de conservação do solo e água, o favorecimento do trânsito de máquinas e, a observância de aspectos comportamentais dos animais de rebanho (Porfirio-da-Silva, 2006; Sharrow, 1998).

Nas condições brasileiras é prioridade planejar o sistema agrossilvipastoril tendo como fundamento a conservação do solo e da

água. A observância do caminhamento aparente do Sol para orientar a disposição das linhas de árvores não deve ter maior prioridade do que a de conservação do solo e água.

Os tipos climáticos predominantes no Brasil oferecem bastante luminosidade durante todo o ano (média de 5 kW. $h.m^{-2}$/dia (INPE, 2003), energia igual à de 50 lâmpadas de 100 W ligadas em cima de 1 m^2 de superfície da terra), portanto a preocupação com luz para o crescimento das forrageiras e lavouras deve ser menor do que com a perda de água por escorrimento superficial que pode causar erosão do solo.

Por meio de desramas e desbastes é feito o manejo das copas das árvores para regular o sombreamento de modo que permita a manutenção da produtividade da pastagem e da lavoura, sem tirar a sombra para o gado, ou seja, manter uma sombra que favoreça o bem-estar do gado sem prejudicar o crescimento das forrageiras e lavouras.

Portanto, a distribuição das faixas de plantio das árvores deverá ser em curvas de nível (não necessariamente com a construção de terraços) que é uma forma eficiente de impedir a erosão do solo e a perda de água por escorrimento superficial. Além disso, as árvores dispostas em linhas que "cortam" o sentido da pendente do terreno atuam como estruturas que orientam o trânsito de máquinas e implementos, o sentido do plantio de lavouras e forrageiras, o caminhamento do rebanho, minimizando a formação de sulcos de escoamento superficial das águas de chuva no sentido da declividade do terreno e oportunizando maior infiltração da água precipitada no solo.

A locação de curvas de nível, no sentido *strictu sensu*, tem o inconveniente das curvas de nível que se aproximam ou se afastam dependendo da declividade do terreno, dificultando a operação de maquinário e o manejo do sistema, podendo gerar, por exemplo, zonas com diferentes densidades arbóreas e consequentemente com diferente intensidade de sombreamento. Para evitar tal inconveniente das curvas de nível que se aproximam ou se afastam, utiliza-se o conceito de "linha-mestre" (Yeomans, 1954) que favorece o plantio em faixas paralelas, mantendo a mesma distância de uma linha de árvore para outra.

Para tanto, o arranjo espacial mais simples e eficaz é o de aléias, onde as árvores são plantadas em faixas (linhas simples ou linhas múltiplas) com espaçamentos amplos entre cada faixa. Essa forma pode ser ajustada previamente, de acordo com o interesse estabelecido por produtos (Porfírio-da-Silva et al., 2009).

Pelo componente arbóreo, basicamente pode-se identificar dois grupos de interesse (Tabela 1): I) produção de maior volume de madeira fina (lenha, carvão, escoras, palanques…) no primeiro terço da rotação florestal (cerca de 6 anos para eucalipto), para isso o plantio deve ser feito com maior número de árvores, geralmente entre 600 e 1.000 árvores por hectare; II) produção de madeira grossa (serraria, laminação, faqueado) no terço final da rotação florestal (a partir de 10 anos, dependendo da espécie e do sítio), com plantio de menor número de árvores, cerca de 250 árvores por hectare.

A Tabela 1 mostra três formas de implantação do sistema agrossilvipastoril que nos primeiros anos no sistema terão maior número de árvores por hectare, mas que ao final, em função da operação de desbaste, terão um número menor de árvores que produzirão madeira grossa. Por exemplo, no plantio em faixa com três linhas de árvores, o sistema começa com 1.000 árvores/ha, mas os desbastes o transformarão em linha simples com 167 árvores/ha, que serão colhidas para madeira de serraria ou laminação.

O arranjo espacial das árvores pode variar, sendo que a mesma quantidade de árvores pode ocupar áreas diferentes (Tabela 2 e 3), e assim, proporcionar condições para diferentes produtos escalonados no tempo. As distâncias maiores entre faixas de árvores (ruas mais largas) permitem cultivos forrageiros e agrícolas por mais longo tempo, até que seja necessário fazer desbastes de árvores. Nas ruas mais estreitas, o tempo de cultivos antes dos desbastes será menor, ou seja, a necessidade de desbaste será mais precoce.

Tabela 1. Exemplo de plantios em diferentes espaçamentos e quantidades de árvores por hectare. Os diferentes arranjos podem ser plantados menos espaçados e conduzidos por desbastes, produzindo madeiras para diferentes finalidades (madeira fina nos primeiros anos do sistema silvipastoril e madeira grossa nos anos finais da rotação). Nota: não estão consideradas possíveis mortes de árvores ao longo do tempo.

	Finalidade da Madeira					
	Madeira Fina (carvão, lenha, palanques de cerca).			Madeira Grossa (serraria e laminação)		
Arranjo espacial (espaçamento)	Espaçamento (m)	nº árvores. ha-1	Área ocupada pela faixa de árvores (%)	Espaçamento (m)	nº árvores /ha	Área ocupada pela faixa de árvores (%)
Faixa de árvores em linha simples	14 x 2	357	14,3	14 x 4 ou 28 x 4	179 ou 89	14,3 ou 7,1
Faixa de árvores em linha dupla	14 x 2 x 3	417	25	18 x 3	185	11,1
Faixa de árvores em linha tripla	14 x 3 x 1,5	1.000	40	20 x 3	167	10

Fonte: Porfírio-da-Silva et al., 2009.

Tabela 2. Diferentes arranjos espaciais utilizando quantidades iguais de árvores e de porcentagem de área. Nota: (*) quando o número de linhas por faixa de árvores é igual a 1, a distância entre as linhas de árvores será igual à largura das ruas; (**) área ocupada pela faixa de plantio acrescida de 1 metro para cada lado.

Distância entre as faixas de árvores = largura das ruas (m)	Distância entre árvores na linha (m)	Numero de linhas por faixa de árvores(*) (m)	Distância entre as linhas de árvores na faixa (m)	Quantidade de árvores por hectare (n0/ha)	Porcentagem de área ocupada pelas árvores(**) (%/ha)
14	1,5	3	3	1.000	40%
5	2	1	5	1.000	40%

Tabela 3. Diferentes arranjos espaciais utilizando diferentes quantidades de árvores com igual porcentagem de ocupação da área.Nota: (*) quando o número de linhas por faixa de árvores é igual a 1, a distância entre as linhas de árvores será igual à largura das ruas; (**) área ocupada pela faixa de plantio acrescida de 1 metro para cada lado.

Distância entre as faixas de árvores = largura das ruas (m)	Distância entre árvores na linha (m)	Número de linhas por faixa de árvores (*) (n^0)	Distância entre as linhas de árvores na faixa (m)	Quantidade de árvores por hectare (n^0/ha)	Porcentagem de área ocupada pelas árvores(**) (%/ha)
10	4	1	10	250	20%
20	2	2	2,5	444	20%

A influência da distribuição espacial das árvores na produção das lavouras e pastagens aumenta com o número de árvores por unidade de área e pelo crescimento (aumento de tamanho) de cada árvore, que vai reforçando a competição por luz e/ou nutrientes.

O crescimento das árvores, embora seja pouco afetado pelo arranjo, desde que cada árvore tenha pelo menos um lado de sua copa que receba luz solar direta, pode ser prejudicado pelos cultivos (grãos ou forrageiras) ou pelo gado, sobretudo na fase inicial.

Com o crescimento das árvores, as interações irão tornando-se cada vez mais evidentes e serão percebidas como alterações ou resultados no sistema ou sobre as lavouras e/ou forrageiras intercalares. A competição entre árvores também se estabelece com o crescimento destas, especialmente quando plantadas em arranjos onde elas estejam mais próximas umas das outras (em filas múltiplas a competição entre árvores tende a acontecer mais cedo do que em filas simples). Porém, isso pode ser minimizado pela prática de desbastes.

Certamente é possível combinar os dois grupos de interesse de produtos, partindo do primeiro para o segundo, mediante desbastes que podem conduzir árvores para a produção de madeira para serraria. No entanto, se a implantação do sistema for norteada pelo segundo grupo de interesse (plantio de baixa densidade arbórea, igual ou menor do que 250 árvores por hectare), a retirada de árvores ainda finas (desbaste precoce)

irá prejudicar o objetivo final, tanto no que diz respeito à produção de madeira quanto ao funcionamento do sistema, uma vez que as árvores ficarão isoladas e não proverão os efeitos de proteção adequadamente ao rebanho e às lavouras.

De modo geral os espaçamentos podem variar de 14 x 1,5 a 4 m até 35 x 1,5 a 4 m. Quer sejam para os plantios no espaçamento previamente determinado, quer seja para o espaçamento resultante de desbastes. Por exemplo: um arranjo espacial que se inicia com 14 m x 3m, pode evoluir (mediante desbastes) para múltiplos do espaçamento original. Porém, é necessário planejar o trânsito de máquinas e implementos, especialmente quando o sistema contemplar o cultivo de grãos; nesses casos é fundamental conhecer as dimensões de cada implemento e máquina para definir o espaçamento. Será oneroso, se na colheita de grãos a colheitadeira tiver de operar somente com a metade da plataforma de colheita; o plantio de grãos também pode ser comprometido se a plantadeira operar com metade das linhas de plantio.

Experiências em larga escala com eucaliptos melhorados e híbridos, em áreas de cerrado no Estado de Minas Gerais, com espaçamentos de 10 x 4 m promoveram maior eficiência quando o rendimento da produção de madeira para serraria superou 40%, já que o custo de implantação e condução de um hectare de eucalipto representa mais de um terço dos custos totais de implantação, condução e colheita dos componentes do sistema (Dubé et al.,2000). Não obstante, torna-se viável economicamente, segundo Oliveira et al.(2006), se pelo menos 5% da madeira produzida for destinada para serraria e o restante para finalidades que alcance valor igual ou maior àquele para energia; destacam que de acordo com a finalidade de produção de madeiras de maiores diâmetros, espaçamentos de 10 x 3 m e 15 x (3 x 3), tal como o de 10 x 4 m, proporcionam o cultivo intercalar de lavouras.

Vale ressaltar que tais trabalhos no Cerrado mineiro foram desenvolvidos em um sistema de produção florestal que encerrava o ciclo aos 9 anos (Dubé, 1999), uma vez que o objetivo era a produção de biomassa, não realizaram desbastes mas sim o corte total no final do ciclo. Razão pela qual a fase com cultivos agrícolas de grãos, nesses estudos, ocorreram até o 3º ano somente, e depois foram substituídos pela pastagem.

O cultivo de lavouras aléias por períodos maiores de tempo dependerá de espaçamentos mais amplos, de programas de podas e de desbastes que constituem práticas de manejo do componente arbóreo para buscar um balanço favorável no sistema. O comportamento de forrageiras perenes é diferente daquele das lavouras de ciclo anual, as plantas de uma pastagem tendem à modificações adaptativas ao ambiente arborizado, o que favorece maior período para a fase silvipastoril, mas mesmo assim, podas e de desbastes são fundamentais para buscar um balanço favorável no sistema.

Considerações finais

A introdução do componente arbóreo na atividade agropastoril, poderá ocasionar a complementação de benefícios. Enquanto a agricultura e a pecuária cobrem o fluxo de caixa negativo proporcionado pelo período de maturação do investimento florestal, este por sua vez incorpora ao sistema benefícios ambientais importantes do ponto de vista da sustentabilidade ambiental (ambiência animal e fixação de carbono, etc.), da sustentabilidade econômica (poupança verde) e da sustentabilidade social por promover entradas de recursos distribuídas ao longo do tempo (desbastes e colheita final) permitem ao produtor e aos seus sucessores incentivariam permanência do jovem no meio rural.

A associação do componente arbóreo às pastagens e às lavouras adquire importância, que tende a ser maior quando utilizada em regiões agropastoris com grande fragmentação e insulamento de remanescentes florestais naturais ou com pastagens degradadas.

Se parte da enorme superfície territorial do país, hoje utilizada somente com pastagens, for convertida em sistemas agrossilvipastoris, poderá melhorar a imagem do agronegócio brasileiro, ao tempo em que favorecerá a produção animal e a de produtos florestais e agrícolas. Associando a produção de madeiras nas áreas de integração lavoura-pecuária poderá agregar mais renda por unidade de área, o que beneficiará sobremaneira ao grande contingente de estabelecimentos rurais.

Com a crescente restrição para a produção de madeira serrada oriunda de florestas nativas e com a vasta área de pastagens, muitas destas áreas degradadas,

Embora existam evidências científicas e exemplos de aplicação, a diversidade de condição regional do país evidencia a necessidade de estudos regionalizados sobre a viabilidade da combinação de diferentes espécies que podem compor a integração lavoura-pecuária-floresta.

A definição de mecanismos ecológicos do rendimento de cultivos de grãos e forrageiras , no tempo e espaço, plantados entre renques de árvores (ILPF) nas condições edafoclimáticas dos diferentes biomas brasileiros ainda carecem de estudos.

Mecanismos de política pública capaz de direcionar esforços no sentido de superar barreiras econômicas como a necessidade de investimento inicial, barreiras operacionais como a necessidade de adquirir maior conhecimento tecnológico, mais investimento em tempo, mão-de-obra e infraestrutura, por parte de técnicos e agricultores fazem-se necessários.

Referências

ABIEC- Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. Série histórica. Disponível em: http://www.abiec.com.br/download/balanco.pdf Acesso em: 15 de março 2014.

ABPA- Associação Brasileira de Proteína Animal. **Produção Brasileira de Carne Suina 2004-2012.** Associação Brasileira de Proteína Animal. ABIEC, 2012 Disponível em: http://www.abipecs.org.br/uploads/relatorios/mercado-interno/producao/Producao_2012.pdf. Acesso em: 15 de março 2014.

ABPA- Associação Brasileira de Proteína Animal. **União Brasileira de Avicultura – Relatório Anual, 2013.** Associação Brasileira de Proteína Animal. ABIEC, 2013 Disponível em: http://www.ubabef.com.br/publicacoes Acesso em: 15 de março 2014.

ABRAF – Associação Brasileira de Produtores de Florestas. Anuário Estatístico da ABRAF: ano base 2012. Brasília: ABRAF, 2013. 142p. Disponível em: http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF13/ABRAF13_BR.pdf Acesso em 16 de março de 2013.

ALMEIDA, R. G. de; ANDRADE, C. M. S. de; PACIULLO, D. S. C.; FERNANDES, P. C. C.; CAVALCANTE, A. C. R.; BARBOSA, R. A.; VALLE, C. B. do. Brazilian agroforestry systems for cattle and sheep. **Tropical Grasslands - Forrajes Tropicales**, v. 1, n. 1, p. 175-183, 2013. Publicado também nos Anais do 22º INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, Sidney, 2013.

AMBROSI, I.; SANTOS, H. P.; FONTANELLI, R. S.; ZOLDAN, S. M. Lucratividade e risco de sistemas de produção de grãos combinados com pastagens de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.36, n.10, p.1213-1219, 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100.

AMS-Associação Mineira de Silvicultura. Perspectivas e tendências do abastecimento de madeira para a indústria de base florestal no Brasil. Belo Horizonte: MAS, 2005, 12p. Disponível em <http://www.silviminas.com.br/Publicacao/Arquivos /publicacao_131.pdf> Acesso em 29 de setembro de 2009

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A.M.; PORFIRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A.; MARTINEZ, G.B.; ALVARENGA, R. C.; KICHEL, A. N.; FONTANELLI, R. S.; SANTOS, H. P.; FRANCHINI, J.C.; GALERANI, P.R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, Out. 2011 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2011001000001&lng=en&nrm=iso>. Acessado em 05 Dez. 2011. http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000001.

BALBINOT JR., A.A.; MORAES, A.; VEIGA, M.; PELISSARI, A.; DIECKOW, J. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, v.39, n.6, p-1925-1933, 2009.

CARVALHO, M.M. de; ALVIM, M.J.; XAVIER, D.F.; YAMAGUCHI, L.C.T. Um sistema silvipastoril para recuperação de áreas degradadas na Mata Atlântica. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2003.. 6 p. (Embrapa Gado de Leite. Comunicado Técnico, 31).

CEPEA (2012). *PIB do Agronegócio - Dados de 1994 a 2011*. PIB Agro CEPEA-USP/CNA. Available in: < http://www.cepea.esalq.usp.br/pib/>. Access: 20/05/2013

CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 1.; ENCONTRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS NOS PAISES DO MERCOSUL, 1., 1994, Porto Velho. **Anais**... Colombo: EMBRAPA-CNPF, 1994. 2v. 522 p. 2v. EMBRAPA-CNPF. Documentos, 27). Conteúdo: -v.1. Trabalhos convidados. -v.2. Trabalhos voluntários. Editores: Luciano J. Montoya e Moacir J. S. Medrado.

DIAS-FILHO, M.B. **Degradação de pastagens**: processos, causas e estratégias de recuperação. 3.ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2007. 190p.

DIEESE. **Estatísticas do meio rural 2010-2011**. Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos; Núcleo de Estudos Agrários e Desenvolvimento Rural; Ministério do Desenvolvimento Agrário. São Paulo: DIEESE; NEAD; MDA, 2011. 292 p. Disponível em: http://www.dieese.org.br/anuario/2011/anuarioRural/anuarioRural10-11.pdf Acessado em: 15 de março de 2014.

DUBÉ, F. **Estudos técnicos e econômicos de sistemas agroflorestais com *Eucalyptus* sp no noroeste do Estado de Minas Gerais: o caso da Companhia Mineira de Metais**. 1999. 159 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. Orientador: Laércio Couto.

DUBÉ, F.; COUTO, L.; GARCIA, R.; ARAÚJO, G.A.A.; LEITE, H.G.; SILVA, M.L. Avaliação econômica de um sistema agroflorestal com *Eucalyptus* sp. no nordeste do Estado de Minas Gerais: o caso da Companhia Mineira de Metais. Revista Árvore, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 437-443, 2000.

DUPRAZ C., BURGESS P., GAVALAND A., GRAVES A., HERZOG F., INCOLL L., JACKSON N., KEESMAN K., LAWSON G., LECOMTE I., LIAGRE F., MANTZANAS K., MAYUS M., MORENO G., PALMA J., PAPANASTASIS V., PARIS P., PILBEAM D., REISNER Y., VINCENT G., WERF VAN DER W. **Synthesis of the Silvoarable Agroforestry For Europe project.** Montpellier: INRA-UMR, 2005. 254 p.

FAO. **Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030**. Roma: FAO, 2002. (Informe resumido).

GARRET, H. E.; KERLEY, M. S.; LADYMAN, K. P.; WALTER, W. D.; GODSEY, L. D.; VAN SAMBEEK, J. W. Hardwood silvopasture management in North America. **Agroforestry Systems, 61**, Netherlands, 2004. 21-33.

HARVEY, C.A. The Conservation of biodiversity in silvopastoral systems. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SILVOPASTORAL SYSTEMS AND SECOND CONGRESS ON AGROFORESTRY AND LIVESTOCK PRODUCTION IN LATIN AMERICA. \ 3-7 ABRIL 2001. Turrialba, Costa Rica. Disponivel em http://www.fao.org/WAIRDOCS/LEAD/X6109E/x6109e05.htm#bm05. Acessado em 08/05/2006.

IBGE. **Censo Agropecuário 2006**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: http://www.ibge.gov.br Acessado em:15 de março de 2014.

INPE. **Convenio INPE-LABSOLAR/UFSC: Mapeamento da radiação solar empregando dados do satélite GOES-8.** São José dos Campos, 2003. Disponível em: <http://www.dge.inpe.br/radon/produtos/radiacao_solar_no_brasil.html> . Acesso em 09 maio 2009.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 570 p.

KRUSCHEWSKY, G. C. **Distribuição Espacial de Fezes de Bovinos em Sistema Silvipastoril e em Convencional: Estudo de Caso no Noroeste do Paraná**. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009. 91f.

LEITE, L. F. C.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MADARI, B. E.; MACHADO, P. L. O. A.; BARCELLOS, A. O.; BALBINO, L. C. O potencial de seqüestro de carbono em sistemas de produção integrados: integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF). In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 12., 2010. Foz do Iguaçú. **Anais...** Ponta Grossa: FEBRAPDP, 2010. p.69-76.

LIN, C.H.; MCGRAW, R.L.; GEORGE, M.F. et al. Nutritive quality and morphological development under partial shade of some forages species with agroforestry potential. **Agroforestry Systems**, v.59, p.269-281, 2001.

MORAES, A.; CARVALHO, P. C. F.; PELISSARI, A; ALVES, J. S.; LANG, C. R. Sistemas de integração lavoura-pecuária no Subtrópico da América do Sul: Exemplos do Sul do Brasil. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUARIA, 2007, Curitiba, PR. **Anais**. Curitiba, PR: Universidade Federal do Paraná; Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Universidade do Estado de Ohio. 2007. CD-ROM.

NICODEMO, M. L. F.; PORFIRIO-DA-SILVA, V.; SANTOS, P. M.; VINHOLIS, M. de M. B.; FREITAS, A. R. de; CAPUTTI, G. Desenvolvimento inicial de espécies florestais em sistema silvipastoril na Região Sudeste. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 60, p. 89-92, dez. 2009. Edição Especial. Nota científica.

OLIVEIRA, T.K.; MACEDO, R.L.G.; VENTURIN, N.; HIGASHIKAWA, E.M.; MAGALHÃES, W.M. Crescimento e produção de eucalipto em diferentes arranjos estruturais de sistema agrossilvipastoril. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 6, 2006, Campos dos Goytacazes. **Anais...** Campos : SBSAF, 2006. v. 1

ONG, C. K.; HUXLEY H. (ed.), **Tree – Crop interactions. A Physiological approach**, p. 159-187. CAB INTERNATIONAL, Wallingford, UK, 1996.

PACIULLO, D. S. C.; LOPES, F. C. F; MALAQUIAS JR, J.D.; VIANA FILHO, A.; RODRIGUEZ, N. M.; MORENZ, M. J. F.; AROEIRA, L. J. M. Características do pasto e desempenho de novilhas em sistema silvipastoril e pastagem de braquiária em monocultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 11, p. 1528-1535, nov. 2009. Disponível em :http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2009001100022. Acesso em 10 out 2010.

PAYNE, W.J.A. A review of the possibilities for integrating cattle and tree crop production systems in the tropics. **Forest Ecology and Management**, n.12, p. 1-36, 1985.

PEDREIRA, B. C. e; BEHLING, M.; WRUCK, F. J.; BARBOSA, D. A.; MENEGUCI, J. L. P.; CARNEVALLI, R. A.; LOPES, L. B.; TONINI, H. Integración cultivos-ganadería-bosque: experiencias en Mato Grosso, Brasil. In: CONGRESO INTERNACIONAL DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA, 21., 2013, Assunción. Invernada y administración agropecuaria: [Anais]. [Assunción]: CEA, 2013. p. 61-93.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MEDRADO, M. J. S.; NICODEMO, M. L. F.; DERETI, R. M. **Arborização de pastagens com espécies florestais madeireiras: implantação e manejo.** Colombo: Embrapa Florestas, 2009. 48p. il.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A. D. Sistemas silvipastoris: fundamentos para a implementação. In: PIRES, A. V. **BOVINOCULTURA DE CORTE**. Piracicaba: FEALQ, v. 2, 2010. Cap. 71, p. 1421-1455

PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; VIEIRA, A. R. R.; CARAMORI, P. H.; BAGGIO, A. J. O conforto térmico animal em pastagem arborizada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 3., 2001, Maringá. **Anai**s... Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2001. 1 CD-ROM.

PULROLNIK, K.; VILELA, L.; MORAES NETO, S. P. de; MARCHAO, R. L.; GUIMARAES JUNIOR, R. Desenvolvimento inicial de espécies arbóreas no sistema de integração lavoura-pecuária-floresta. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010. 17 p. (Embrapa Cerrados. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, 276).

ROCHA, L. M.; CARVALHO, P. C. F.; BAGGIO, C.; ANGHINONI, A.; LOPES, M. L. T.; MACARI, S.; SILVA, J. L. S. Desempenho e características das carcaças de novilhos superprecoces em pastos hibernais submetidos a intensidades de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, Out. 2011 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2011001000035&lng=en&nrm=iso>. Acessado em 28 Jan. 2012.

RODIGHERI, H.R. **Rentabilidade economica comparativa entre plantios florestais, sistemas agroflorestais e cultivos agricolas.** In: GALVAO, A.P.M., org. Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para acoes municipais e regionais. Brasilia: Embrapa Comunicacao para Transferencia de Tecnologia / Colombo: Embrapa Florestas, 2000. p.323-351.

SCHROTH, G.; FONSECA, G. A. B.; HARVEY, C. A.; GASCON, C.; VASCONCELOS, H. L.; IZAC, A.M. N. [Ed.] **Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes**. Washington DC: Island Press, 2004. 575p.

SFB – SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Produção florestal**. Disponível em: http://www.florestal.gov.br/snif/producao-florestal/consumo Acessado em :15 de março de 2014

SHARROW, S. H. **Silvopasture design with animals in mind.**<http://www.aftaweb.org/entserv1.php?page=22>. Acesso em 02 fev. 2006

SILVA, H. A.; MORAES, A.; CARVALHO, P.F.C.; PONTES, L. S. Desempenho de novilhas leiteiras em pastagens anuais de inverno sob sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v. 46, n. 10, out. 2011. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttex&pid=S0100-204X2011001000034&lng=en&nrm=iso>. Acessado em 22 dez. 2011

SOUZA, W.; BARBOSA, O. R.; MARQUES, J. R.; COSTA, M. A. T.; GASPARINO, E.; LIMBERGER, E. Microclimate in silvipastoral systems with eucalyptus in rank with different heights. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 3, Mar. 2010 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982010000300030&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 30 Nov 2010.

TALLER SOBRE DISEÑO ESTADISTICO Y EVALUACION ECONOMICA DE SISTEMAS AGROFORESTALES, 1986, Curitiba. Apuntes. Curitiba: EMBRAPA-CNPF; [S.l.]: FAO, Oficina Regional para America Latina y el Caribe, 1986. 123 p. il.

TONUCCI, R.G.; NAIR, P. K. R.; NAIR, V. D.; GARCIA, R.; BERNARDINO, F. S. Soil Carbon Storage in Silvopasture and Related Land-Use Systems in the Brazilian Cerrado. **Journal of Environment Quality**, v.40, n. 3, p.833-841, 2010.

UNECE&FAO-United Nations Economic Commission for Europe / Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Forest Products Annual Market Review, 2008-2009**. Genebra: FAO, 2009. 188p. Disponível em: <http://timber.unece.org/fileadmin/DAM/publications/Final_FPAMR2009.pdf> Acesso em: 29 set 2009.

VALE, R. S. **Agrossilvicultura com eucalipto como alternativa para o desenvolvimento sustentável da Zona da Mata de Minas Gerais**. 2000. 115 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. Orientador: Laércio Couto

YOUNG, A. **Agroforestry for soil conservation,** 3ª ed. Nairobi: ICRAF, 1994. 276p.

Formação de um cluster florestal

Manoel Francisco Moreira[1]

Preâmbulo

A palavra "cluster" oriunda do inglês poderia ser traduzida como arranjo produtivo local e, na verdade, é como tem sido aceito por muitos autores.

Quando mergulhamos no estudo da etimologia da palavra, verificamos que trata-se de um conglomerado de empresas voltadas ao mesmo segmento e que cooperam entre si de várias formas. Essa definição pode se tornar perigosa, na medida em que alguém pode entender que se trata da formação de cartel de um segmento, especialmente quando se tratar de vendas.

Por outro lado, infelizmente, no ramo madeireiro a palavra cooperação entre empresas soa como utopia. É um segmento industrial altamente desunido, desde seus primórdios. Uma exceção é o setor celulósico/papeleiro que ainda consegue cooperar uma empresa com a outra, especialmente na área florestal. Um exemplo vivo é a ABRAF, que todos conhecemos pela sua força que advém muito menos pelo poderio econômico de seus associados do que pelo poder associativo que contêm.

No Brasil alguns arranjos produtivos locais são identificáveis, porém um arranjo ou "cluster" madeireiro parece existir somente na região de Telêmaco Borba, com todos os problemas e soluções que normalmente existem.

Tentaremos retratar esse exemplo, para que possa servir, eventualmente, de modelo futuro para outros no nosso País, tão carente de seriedade e empreendimento empresarial, sem ajuda e nem atrapalho do Governo.

---

1 Diretor executivo da Agência de Desenvolvimento da Madeira do Médio Rio Tibagi

O cluster madeireiro do médio Rio Tibagi

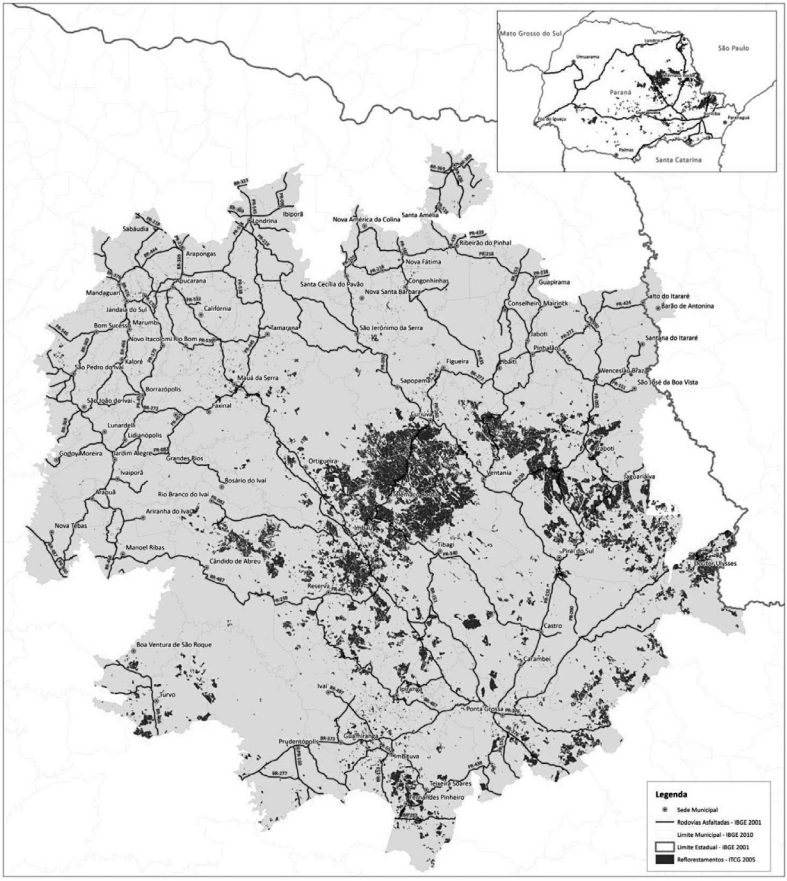
estamos insistindo em nomear de cluster esse "arranjo produtivo", apenas por uma facilidade didática. Na verdade são aproximadamente 167 empresas ligadas à madeira que nasceram de sua disponibilidade regional. Num passado distante usando a Araucaria angustifólia mais as latifoliadas associadas e mais tarde, após um grande hiato, *Pinus spp.* e Eucalyptus spp.

Essa disponibilidade regional veio principalmente da presença da indústria de celulose e papel Klabin e também de outras que gravitam na região, tais como Masisa, Arauco, Norske Skog, para citar as principais. Essas indústrias estimularam por si o plantio de florestas (através de programas de fomento), como também serviram de espelho para que pequenos e médios investidores também plantassem, apostando na existência de fonte consumidora para seus maciços florestais. Por obviedade, a disponibilidade de madeira atraiu para a região indústrias madeireiras em seus vários perfis, com dominância das serrarias convencionais.

Nossa análise se prenderá aos 13 Municípios que compõem o domínio da Agência de Desenvolvimento da Cadeia da Madeira do Médio Rio Tibagi, embora possamos identificar a presença de pelo menos mais um "cluster" vizinho, qual seja o de JAGUARIAIVA, onde a fábrica de papel da Norske Skog vem a ser o carro chefe.

Abaixo podemos ver um excerto do mapa do Estado do Paraná com a localização (em verde) dos principais maciços florestais do Estado, onde pode ser facilmente destacado os nichos da região do médio Rio Tibagi e de Jaguariaiva. As florestas existentes são do gênero *Pinus* e *Eucalyptus* em suas espécies mais comerciais. Esse ordenamento confere à toda a região uma característica ímpar no tocante à indústria da madeira e se assemelha ao tempo em que a Araucaria dominava a região, juntamente com a então "pujante" indústria de madeira serrada que ajudou no crescimento da indústria da construção civil e, inclusive, na construção de Brasilia, pois dessa mesma região dezenas de milhares de caminhões saíram carregados de madeira com destino à NOVACAP.

Distribuição das florestas plantadas na região florestal do Paraná

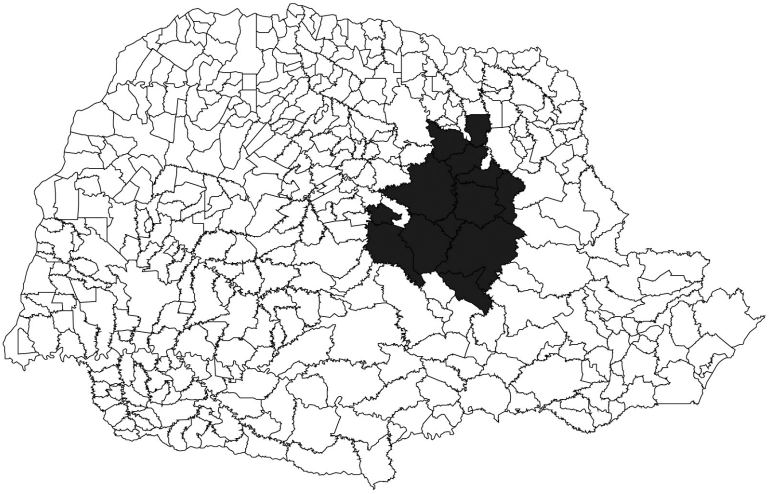


Fonte: cedido pelo Departamento de Planejamento Klabin.

Perfis das indústrias da região

a seguir apresentamos o perfil das indústrias e sua localização nos municípios atendidos pela Agência da Madeira, o que nos dá uma visão de que o "cluster" da madeira não necessariamente deve ser restrito a um só município.

I – Localização dos municípios atendidos pela Agência da Madeira no Estado do Paraná:

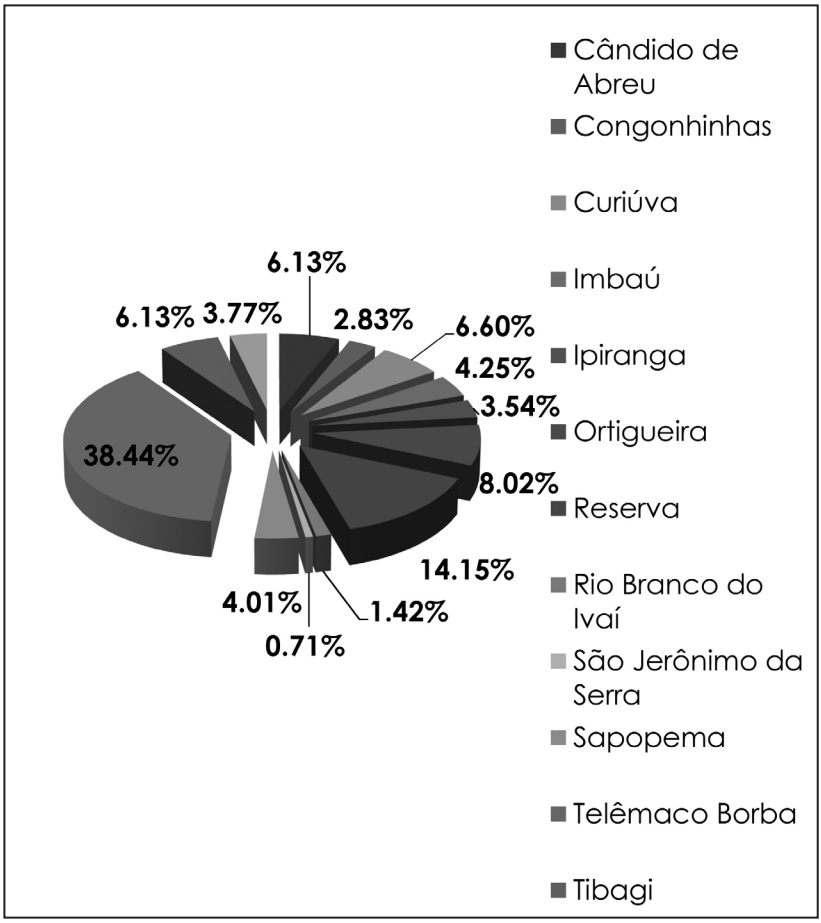


II – Principais atividades por município

Município	Fabricação de rodutos de madeira	Fabricação de produtos de minerais não-metálicos	Fabricação de produtos alimentícios	Fabricação de produtos de metal exceto máquinas e equipamentos	Outras atividades	Total
Cândido de Abreu	4	17	1	1	3	**26**
Congonhinhas	4	3	1	0	4	**12**
Curiúva	12	5	3	1	7	**28**
Imbaú	7	5	1	2	3	**18**
Ipiranga	5	2	2	2	4	**15**
Ortigueira	2	21	5	2	4	**34**
Reserva	41	4	4	3	8	**60**
Rio Branco do Ivaí	4	0	1	0	1	**6**
São Jerônimo da Serra	0	2	0	0	1	**3**
Sapopema	5	7	3	1	1	**17**
Telêmaco Borba	66	10	10	20	57	**163**
Tibagi	9	1	5	4	7	**26**
Ventania	8	0	2	1	5	**16**
Total	**167**	**77**	**38**	**37**	**105**	**424**

Vê-se, pois, que a predominância é de indústrias voltadas à madeira, com especial destaque aos municípios de Telêmaco Borba, Reserva e Curiuva

III – Distribuição percentual das indústrias madeireiras por município



IV – Principais atividades – Número de empregos formais

Município	Fabricação de produtos de madeira	Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	Fabricação de produtos de minerais não-metálicos	Outras atividades	Total
Cândido de Abreu	13	0	221	49	283
Congonhinhas	30	0	27	54	111
Curiúva	252	0	78	27	357
Imbaú	45	0	69	35	149
Ipiranga	129	0	5	32	166
Ortigueira	1	0	219	19	239
Reserva	410	0	10	79	499
Rio Branco do Ivaí	35	0	0	23	58
São Jerônimo da Serra	0	0	19	0	19
Sapopema	74	0	175	11	260
Telêmaco Borba	2.293	2.654	70	699	5.716
Tibagi	53	50	3	65	171
Ventania	580	0	0	50	**630**
Total	**3.915**	**2.704**	**896**	**1.143**	**8.658**

Fonte: FIEP (MTE/RAIS 2012)

O quadro anterior espelha, sem dúvidas, a importância da indústria da madeira para o nível de emprego da região, ao representar, no total, 45% dos empregos.

Facilidades e vantagens do cluster da madeira

essa não é uma tarefa fácil, já que a análise pode levar também à discussão, pois o que pode ser facilidade para uns também pode representar dificuldade a outros. No geral, tentaremos ser tão pragmáticos quanto possível.

Na teoria temos uma disponibilidade florestal (matéria prima) associada a uma demanda industrial (madeira mecanicamente processa). Essas indústrias se interagem para produzir diferentes tipos de madeira, evitando a concorrência acirrada pelo mesmo produto. Por outro lado os fornecedores de toras procuram se adaptar ao mercado consumidor, provendo madeira adequada aos produtos do mercado.

Claro está que na teoria é muito bonito, porém o funcionamento não é exatamente assim, por razões várias e que não vêm ao caso de serem analisadas.

O que na verdade acontece é que a grande vantagem do "cluster" é a disponibilidade de matéria prima (toras) a qual atraiu as indústrias. Essas se abastecem da madeira e desenvolvem seus clientes a partir de uma "garantia" de suprimento de médio prazo.

Vejam que não estamos analisando a questão de preços, porque este é um assunto que no nosso entendimento poderia "tumultuar" o artigo cujo objetivo é a descrição sintética do "cluster" da madeira como exemplo e não como ator de mercado.

Uma vantagem explícita reside na proximidade dos maciços florestais, com o consequente reflexo no frete da matéria prima.

A formação da cultura florestal na região, criando facilidades de mão de obra para colheita e empresas especializadas nessa tarefa é outra vantagem, assim como na área industrial, onde operários que passam a entender de seleção de madeira e outras atividades mais especializadas dentro da indústria.

Do ponto de vista empresarial, formam-se empresas de outros segmentos correlatos: empresas de material de segurança, consultoria na área florestal (inventário, marcação, silvicultura), viveiristas, oficinas especializadas em máquinas florestais, além das oficinas normais de caminhões e veículos em geral e etc.

Um pequeno segmento dedica-se à certificação, com todas as implicações que essa decisão traz. Dessa forma algumas empresas também certificam-se por cadeia de custódia, abrindo-se lhes as portas do mercado europeu exigente quanto essa prática.

A cooperação com órgãos governamentais e de desenvolvimento fica facilitada pela aglomeração tanto de empresários como de silvicultores e a atração de ensino especializado nas respectivas áreas fica igualmente factível.

Dificuldades do cluster da madeira

consideramos que uma das maiores dificuldades para o cluster da madeira do médio Rio Tibagi é a falta de informação do real estoque de florestas disponíveis para a atividade industrial da madeira sólida. Em que pese gigantes como Klabin estarem envolvidas e, no caso a Klabin ser detentora da maior área, sabe-se com relativa exatidão a área dessa empresa. Todavia essa é o que consideramos uma madeira cativa, ou seja, não estará disponível em sua totalidade por motivos óbvios. A mesma ideia se repete com relação às demais empresas que possuem seus maciços e são verticalizadas, restando aos industriais madeireiros ou investirem em reflorestamento próprio ou de terceiros, ou ainda apostar que estes continuarão plantando.

É sabido que o planejamento florestal encontra grande dificuldade no meio empresarial em geral e no madeireiro em particular por algumas razões até de origem antropológica. Senão vejamos: os serradores têm sua origem no extrativismo, no tempo em que a floresta de clima temperado da região Sul ainda era abundante; as serrarias, verdadeiras indústrias nômades, caminhavam pelos Estados do Sul à medida que essas iam escasseando. Nos dias de hoje, essa prática já não mais é possível, pois os maciços florestais são "fixos". A evolução da agricultura, função da demanda por alimentos, comprime as áreas com vocação florestal ainda mais, permitindo apenas a pulverização de florestas plantadas pelo aproveitamento de pequenas áreas das propriedades agrícolas. Longe de ser uma crítica essa é uma constatação. Dessa forma o empresário madeireiro hoje espera por um fato novo que possa garantir a continuidade do seu negócio nos próximos anos. A pergunta é quantos

anos o "cluster" madeireiro do médio rio Tibagi sobreviverá em sua integridade? Terá a mesma sorte do "cluster" da acácia negra no Rio Grande do Sul que não acabou mas minguou? Só para ilustrar, a acácia negra como carro chefe do cluster da madeira/tanino no Rio Grande do Sul está drasticamente reduzido em função da quebra de uma das pernas: o cliente principal do consumo da madeira, que é o Japão, reduziu a compra em cerca de 2/3 dos volumes mensais.

Se consultarmos os bancos de fomento e investimento (BNDES, BRDE, CAIXA, BANCO DO BRASIL, FOMENTO PARANÁ), verificamos que existem linhas de crédito tanto para o plantio como para equipamento de indústrias. No papel, essas linhas de crédito parecem maravilhosas e bastante atrativas. Quando se parte para a prática que é efetivamente pôr a mão no dinheiro, verifica-se que não é bem assim. Os entraves burocráticos e de garantia são tantos, que pouquíssimos conseguem obtê-lo. Este fato é uma dificuldade do APL. Ter crédito fácil para modernização das indústrias e para plantio e manutenção de florestas, seria fundamental para a continuidade de qualquer "cluster", especialmente o florestal.

Os silvicultores brasileiros têm dificuldade de entender os desbastes como prática silvicultural, cujo resultado financeiro virá no corte final com toras de maior porte. Sem entrarmos no mérito da discussão desse assunto, a existência de crédito para financiar parte do custo do desbaste, com recuperação do capital no ano do corte final (que poderia ser de 8 a 10 anos após), poderá ser uma poderosa alavanca no aumento da disponibilidade de madeira para processamento mecânico (serraria e laminação). Essa é uma dificuldade para os silvicultores da região, cujo problema se está querendo solucionar.

Conclusão

A existência de um "cluster" florestal pode e deve ser fator gerador de melhoria das condições de vida via empregabilidade de pessoas na área, para uma região. Entende-se por região um município (cluster dos estofados em Arapongas), uma região delimitada (cluster do médio rio Tibagi) ou de um Estado (cluster da acácia negra no Rio Grande do Sul).

Para que um "cluster" se estabeleça, precisa haver vontade dos empresários e do poder público. Os empresários para planejarem o modelo e o poder público para criar FACILIDADES (entenda-se por facilidade não criar dificuldade).

Em se tratando de "cluster florestal", base florestal e projeção dos volumes disponíveis é crucial para que se inicie bem o estabelecimento de um.

A existência ou não de mão de obra especializada, pode ser contornada via treinamento das pessoas, atividade que hoje o sistema SESI/SENAI constitui-se em exemplo de excelência.

O SEBRAE pode ajudar muito as empresas, especialmente as pequenas madeireiras, pois essas carecem bastante de gestão profissionalizada, especialmente nos dias de hoje, quer pela exigência cada vez maior do mercado, quer pela voracidade gigantesca do leão do imposto de renda.

Consideramos o "cluster" do médio Rio Tibagi ainda capenga, na medida em que indústrias que permitam a verticalização do uso da madeira ainda são raras. Igualmente indústrias paralelas, porém ligadas à madeira inexistem na região (ferragens, móveis, tecidos para sofás, etc.).

Todavia podemos afirmar que o "cluster" da madeira da região do médio rio Tibagi é hoje o mais harmonioso do Brasil, ainda que apontemos as dificuldades acima, as quais não são impossíveis de solucionar.

3º Encontro Brasileiro de Silvicultura

No volume II resumos expandidos

Apoio Institucional

Patrocinadores Diamante

XVII Seminário de Atualização em Sistemas de Colheita de Madeira e Transporte Florestal

CATERPILLAR

DOOSAN

Log Max

NEW HOLLAND AGRICULTURE

SCANIA

SIEBERT

Sua eficiência. Nosso propósito.

TMO FOREST

tree Consultoria

Vermeer

EQUIPPED TO DO MORE.

Patrocinadores Ouro

XVII Seminário de Atualização em Sistemas de Colheita de Madeira e Transporte Florestal

ARGUS

ATX

BASE FORTE

BRUNO INDUSTRIAL

CBI

GRIMALDI

de Souza

JOHN DEERE

KOMATSU

LIBRELATO

LIPPEL

LOGSET

MACEDO FOREST

Marrari

MASSEY FERGUSON

MJCL INDÚSTRIAS

Minusa

NICOLETTI

NOMA

OREGON

PALFINGER

panorama

PENZSAUR

PLANALTO

PONSSE

REFERENCIA

ROTOBEC

SENAI

STIHL

TAJFUN

thorco

TIMBER FOREST EQUIPAMENTOS

TRACBEL GROUP

TRELLEBORG

VALTRA

VOLVO