

Universidade Federal de Minas Gerais
Instituto de Geociências
Departamento de Geografia

Ronaldo Alves Belém

**ATRIBUTOS QUÍMICOS, FÍSICOS E MINERALÓGICOS DOS SOLOS
E SUA RELAÇÃO COM OS BIÓTOPOS DO PARQUE ESTADUAL DA
MATA SECA, MUNICÍPIO DE MANGA, NORTE DE MINAS GERAIS**

Belo Horizonte
2015

Ronaldo Alves Belém

**ATRIBUTOS QUÍMICOS, FÍSICOS E MINERALÓGICOS DOS SOLOS
E SUA RELAÇÃO COM OS BIÓTOPOS DO PARQUE ESTADUAL DA
MATA SECA, MUNICÍPIO DE MANGA, NORTE DE MINAS GERAIS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Geografia.

Área de concentração: Análise Ambiental

Orientadora: Profa. Dra. Cristiane Valéria Oliveira

Co-orientadora: Profa. Dra. Maria das Dores Magalhães Veloso

Belo Horizonte

2015



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA



FOLHA DE APROVAÇÃO

**ATRIBUTOS QUÍMICOS, FÍSICOS E MINERALÓGICOS DOS SOLOS
E SUA RELAÇÃO COM OS BIÓTOPOS DO PARQUE ESTADUAL DA
MATA SECA, MUNICÍPIO DE MANGA, NORTE DE MINAS GERAIS**

RONALDO ALVES BELÉM

Tese submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em GEOGRAFIA, como requisito para obtenção do grau de Doutor em GEOGRAFIA, área de concentração ANÁLISE AMBIENTAL.

Aprovada em 08 de junho de 2015, pela banca constituída pelos membros:

Prof(a). Cristiane Valéria de Oliveira - Orientador
UFMG

Prof(a). Maria das Dores Magalhães Veloso
Unimontes

Prof(a). Regynaldo Arruda Sampaio
UFMG

Prof(a). Ana Maria Souza dos Santos Moreau
Universidade Estadual de Santa Cruz

Prof(a). Bernardo Machado Gontijo
UFMG

Prof(a). Marcus Manoel Fernandes
Instituto Senai de Tecnologia em Meio Ambiente

Belo Horizonte, 8 de junho de 2015.

A Deus, fonte de luz, inspiração, conhecimento e sabedoria.

Este trabalho é para honra e glória de Seu santo nome.

Pela graça da oportunidade de chegar até aqui.

Ofereço

Dedico este trabalho

À minha esposa Juliana, por sua sempre encorajadora presença em meus sonhos e projetos. Por seu carinho, por seu amor e por sua compreensão imensuráveis nos inúmeros momentos difíceis que marcaram essa trajetória.

À minha filha Ana Lívia, cuja simples existência já me estimula sempre a continuar.

Aos meus pais José Alves Belém e Maria de Lourdes Alves, pelo sacrifício e pela luta em prol das minhas conquistas.

À memória do meu irmão José Alves Belém Filho, a quem eu devo a iniciação no universo da cultura e da sabedoria.

Minha gratidão e meu amor.

AGRADECIMENTOS

À professora Cristiane Valéria Oliveira, pela dedicação, paciência e brilhante orientação, com ensinamentos que serão de fundamental importância para a minha vida profissional.

À professora Maria das Dores Magalhães Veloso, por seu grande auxílio, pela atenção e por me abrir as portas do Laboratório de Ecologia e Propagação Vegetal da Unimontes.

Aos pesquisadores do Laboratório de Ecologia e Propagação Vegetal da Unimontes, em especial, a Odirlei, Jefferson, Pollyana e Anne: sem o empenho de vocês, não seria possível a realização deste trabalho.

Ao amigo e biólogo Saymo Souza, pelas sugestões e, principalmente, pela inestimável ajuda no tratamento estatístico dos dados.

À bióloga Antonielle Ávila, pela ajuda no tratamento estatístico dos dados.

Ao professor Bernardo Machado Gontijo, sempre presente em minha trajetória, desde o 5º período do curso de Geografia da UFMG: muito obrigado pelas sugestões, pelas críticas construtivas e pelo incentivo.

À professora Vilma Lúcia Macagnan Carvalho, pela amizade, pelas sempre bem-vindas sugestões e pelo incentivo.

Ao professor Osvaldo Bueno Amorim Filho: mais uma vez, não posso me esquecer do seu entusiasmo contagiante, que nos motiva a seguir sempre em frente.

Ao José Luís Vieira, grande amigo que me apresentou o Parque Estadual da Mata Seca e que sempre esteve disposto a me ajudar em todas as situações.

À Carlos Magno Clemente, pela elaboração dos mapas.

Aos professores Reginaldo Arruda Sampaio e Luiz Arnaldo Fernandes, do Instituto de Ciências Agrárias da UFMG, pelos conhecimentos, pelas sugestões e pelo apoio nas análises dos solos.

Ao Laboratório de Análises de Solos do Instituto de Ciências Agrárias (ICA) da UFMG.

À professora e amiga Anete Marília Pereira, pela sensibilidade, pelo apoio e pela compreensão, à frente do Departamento de Geociências da Unimontes.

Aos alunos do 4º período do curso de Geografia da Unimontes/Pirapora, pela amizade e pela consideração.

Aos meus orientandos do 8º período do curso de Geografia da Unimontes/Pirapora, pela compreensão diante do meu distanciamento temporário.

Aos meus alunos do 3º e 5º períodos do curso de Geografia da Unimontes/Montes Claros, pela compreensão.

À professora Adélia Magda Santos, diretora da Escola Estadual Prof. Hamilton Lopes, obrigado pelo incentivo e pelo apoio a este projeto.

À professora Doralice, vice-diretora da Escola Estadual Prof. Hamilton Lopes, obrigado pela amizade, pelo incentivo e pelo apoio a este projeto.

A todos os meus alunos da Escola Estadual Prof. Hamilton Lopes, pelo incentivo, pela consideração, pelo carinho e pela amizade.

A todos os meus alunos da Unimontes, pelo apoio, pelo incentivo e pela amizade.

À direção do Colégio Sólido, em especial, à professora Eva Cunegundes, pelo apoio, pelo incentivo e pela compreensão.

À historiadora Noila Ferreira Alencar, pelo valioso auxílio nas entrevistas e na sugestão de pessoas e de bibliografias associadas à história de Manga.

Ao Sr. Air Lelles Vieira e ao Sr. Ivo Diniz, pela imensurável ajuda nas informações e nos dados sobre o histórico de ocupação da área do Parque Estadual da Mata Seca.

À aluna e amiga manguense Manoelle França, pela ajuda na reta final deste trabalho.

Às pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

“Passam-se um, dois, seis meses venturosos, derivados da exuberância da terra, até que surdamente, imperceptivelmente, num ritmo maldito, se despeguem, a pouco e pouco, e caiam, as folhas e as flores, e a seca se desenhe outra vez nas ramagens mortas das árvores decíduas...”

Os *Sertões* – Euclides da Cunha

RESUMO

O extremo Norte de Minas Gerais se encontra em uma faixa ecotonal localizada entre os biomas Cerrado e Caatinga, região com vários biótopos que devem ser compreendidos como a expressão espacial de uma geobiocenose que apresenta elementos bióticos e abióticos. É nesse cenário marcado pela abundância de diversos biótopos que se localiza o Parque Estadual da Mata Seca. Visando compreender melhor a interação solo/planta/sociedade, este trabalho teve como objetivo analisar a influência dos aspectos químicos, físicos e mineralógicos dos solos e dos fatores antropogênicos sobre as características florísticas, fisionômicas e estruturais dos componentes vegetacionais dos biótopos da área de estudo. Em cada biótopo foram demarcadas cinco parcelas de 15m x 30m (450 m²) com 30 metros de interstício entre estas. Em cada parcela foram amostrados e marcados com etiquetas numeradas todos os indivíduos vivos com circunferência à altura do peito (CAP = 1,30 m do solo) ≥ 15 cm. As amostras de solos coletadas foram analisadas química, física e mineralogicamente. A análise mineralógica foi feita na fração argila e na fração areia. Usou-se a técnica de Difractometria de raios-X (DRX). Os dados sobre a influência antrópica foram obtidos através de entrevistas realizadas com antigos funcionários da fazenda que deu origem ao parque. Nas correlações entre a vegetação e o solo empregou-se a técnica de Análise de Correspondência Canônica (CCA). Foram identificadas cinco classes de solos. A maioria desses solos são eutróficos, desprovidos de alumínio na solução, hipoférricos, com alta concentração de Ca e Mg, com acidez fraca a moderada e argila de atividade alta (Ta). A Difractometria de Raios X (DRX) mostrou o predomínio do quartzo na fração areia. Na fração argila constatou-se presença de caulinita, illita e montmorilonita na maioria dos solos. O ataque sulfúrico ressaltou o caráter hipoférrico de todos os solos. Os atributos pedológicos foram importantes, mas insuficientes para diferenciar os tipos vegetacionais, pois todos os solos são eutróficos e a área apresenta florestas estacionais em distintos estágios sucessionais. Os fatores antropogênicos, como o corte seletivo de espécies e os desmates cíclicos nas pastagens se destacaram como os mais relevantes na explicação das diferenças entre as formações vegetais do parque. A vegetação do Parque Estadual da Mata Seca apresenta grande riqueza florística que se expressa em 83 espécies distribuídas em 25 famílias. As famílias floristicamente mais ricas foram a Fabaceae, a Bignoneaceae e a Euphorbiaceae. Esses resultados evidenciam os efeitos edáficos e antrópicos sobre as comunidades arbóreas e ainda ressaltam que todos os biótopos possuem árvores jovens inseridas em processos sucessionais de diferentes idades. A CCA proporcionou um agrupamento de três contextos vegetacionais ou setores. O primeiro setor é composto pela Mata Ciliar e o segundo é formado pelas Florestas Estacionais Deciduais em diferentes níveis sucessionais. O terceiro setor constitui-se de parcelas da Caatinga Arbustiva Aberta. Em cada setor ocorreu um agrupamento de espécies geralmente encontradas em ambientes edáficos correspondentes às respectivas áreas.

Palavras chave: Fitogeografia, Matas Secas, solos, Biótopos.

ABSTRACT

The extreme North of *Minas Gerais* is located in an ecotone zone between the biomes of *Cerrado* and *Caatinga*, a region with various biotypes which must be understood as a spacial expression of a geobiocenosis that contains biotic and abiotic elements. It is in this scenario full of various biotypes that the *Mata Seca State Park* is located. Aiming at a better understanding of the interaction among soil, plant, and society, the objective of this work is to analyze the influence of chemical, physical and mineralogical aspects of soil and of anthropogenic factors upon the floristic, physiognomic and structural characteristics of the vegetational components of the biotypes in the areas of study. In each biotype five portions of 15 m X 30 m (450 m²) were marked with 30 meters of interstice among them. In each portion all the live individuals with diameter at breast height were tagged and numbered (DBH = 1,30 m from the soil) \geq 15 cm. The samples of the soil were chemically, physically, and mineralogically analyzed. The mineralogical analysis was done in the fraction of clay and in the fraction of sand. The technique used was the X-ray diffractometer (XRD). The data about the anthropic influence was obtained through interviews done with old employees from the farm where the park began. In the correlations between vegetation and soil, the technique of Canonical Correspondence Analysis (CCA) was used. Five classes of soil were identified. Most of them are eutrophic without aluminum in the solution, low in iron, with high concentration of Ca and Mg, with weak to moderate acidity and high clay activity (Ta). The X-ray diffractometer (XRD) showed predominance of quartz in the fraction of sand. In the clay fraction, the presence of kaolinite, illite, and montmorillonite was noticed in most portions of soil. The sulfuric acid attack highlighted that all the soil was low in iron. The pedological attributes were important, but not enough to differentiate the vegetational types, since all the soil portions are eutrophic and there are seasonal forests in different successional stages in the area. The anthropogenic factors, such as the selective cutting of species and the cyclic deforestation in the fields are the most relevant aspects in the explanation of the differences between the vegetational formations in the park. The vegetation in the *Mata Seca State Park* has such a rich floristic that it expresses itself within 83 species distributed in 25 families. The richest families in terms of floristic were the *Fabaceae*, the *Bignoneaceae*, and the *Euphorbiaceae*. These results show the evidence of the edaphic and anthropic effects upon the tree communities and still point that all the biotypes contain young trees undergoing successional processes at different ages. The CCA made it possible to group three vegetational contexts or sectors. The first sector is composed by Riparian Forest and the second is formed by Deciduous Seasonal Forest in different successional levels. The third sector constitutes portions of the open shrubby *Caatinga*. In each sector there was a grouping of species generally found in edaphic environments correspondent to the respective areas.

Key words: phytogeography, dry forests, soil, biotypes.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Tipos de estruturas dos solos	24
Figura 2 – Diagrama usado para determinar as classes texturais do solo	26
Figura 3 – Organização estrutural dos cristais dos silicatos.....	28
Figura 4 – Unidades estruturais das argilas silicatadas	30
Figura 5 – Tipos de argilas silicatadas	31
Figura 6 – Floresta Estacional Decidual em setembro de 2014	39
Figura 7 – Distribuição das Matas Secas no território brasileiro.....	40
Figura 8 – Aspecto da Floresta Estacional Decidual ou Floresta de Caatinga Alta no Parque Estadual da Mata Seca, extremo Norte de Minas Gerais	42
Figura 9 – Arco do Pleistoceno	43
Figura 10 – Estágios sucessionais na Floresta Decídua do Parque Estadual da Mata Seca	46
Figura 11 – Perfil representando os três estratos verticais da Floresta Estacional Decidual tardia do Parque Estadual da Mata Seca	49
Figura 12 – Localização do Parque Estadual da Mata Seca.....	51
Figura 13 – Contexto geológico do extremo Norte de Minas Gerais.	53
Figura 14 – Mapa hipsométrico do Parque Estadual da Mata Seca.....	54
Figura 15 – Principais classes de solos	56
Figura 16 – Balanço hídrico de Manga segundo o método de Thorntwaite e Mather (1955).....	58
Figura 17 – Fitofisionomias do Parque Estadual da Mata Seca.....	59
Figura 18 – Indivíduo bem desenvolvido de <i>Cavanillesia arbórea</i> na Floresta Estacional Decidual tardia do Parque Estadual da Mata Seca. Área conhecida como Trilha da Barriguda.....	60
Figura 19 – Aspecto da Mata Ciliar localizada na borda Lagoa da Prata.....	61
Figura 20 – O tapete herbáceo da Caatinga Arbustiva aberta no período de chuvas.....	62
Figura 21 – Floresta Estacional Decidual cárstica em grande afloramento de calcário no Morro da Lavagem. Parque Estadual da Mata Seca.....	63
Figura 22 – Vegetação de Carrasco bastante preservada, em uma área incorporada recentemente à porção Norte do Parque Estadual da Mata Seca	64

Figura 23 – Antigo casarão em Brejo de São Caetano do Japoré, o núcleo urbano que originou a cidade de Manga	67
Figura 24 – Áreas da antiga Fazenda Ressaca que foram consideradas no histórico do processo de uso e de ocupação do solo nas terras que foram transformadas no Parque Estadual Mata Seca.....	69
Figura 25 – Fotografia aérea de 1965 com a área do futuro Parque Estadual Mata Seca e o desmatamento concentrado na borda da lagoa marginal e do Rio São Francisco.....	70
Figura 26 – Localização dos perfis nos biótopos do Parque Estadual da Mata Seca.....	81
Figura 27 – Mata Ciliar e perfil do GLEISSOLO HÁPLICO Ta eutrófico plíntico ...	82
Figura 28 – Floresta Estacional Decidual de afloramentos e o perfil do CAMBISSOLO HÁPLICO eutrófico típico.....	87
Figura 29 – Floresta Estacional Decidual tardia e o perfil do ARGISSOLO AMARELO eutrófico abrupto.....	91
Figura 30 – Floresta Estacional Decidual Intermediária 1 e o perfil do CAMBISSOLO HÁPLICO Tb eutrófico latossólico	96
Figura 31 – Floresta Estacional Decidual Intermediária 2 e o perfil do CAMBISSOLO HÁPLICO Ta eutrófico típico	101
Figura 32 – Caatinga Arbustiva aberta e área onde foi coletada a amostra do NEOSSOLO LITÓLICO eutrófico típico.....	105
Figura 33 – Floresta Estacional Decidual tardia e perfil do CAMBISSOLO HÁPLICO Tb eutrófico latossólico.....	108
Figura 34 – DRX representativos dos tratamentos realizados nas frações areia dos solos estudados	114
Figura 35 – DRX representativos dos tratamentos realizados nas frações argila dos solos estudados	116
Figura 36 – Distribuição dos indivíduos pelas famílias.....	118
Figura 37 – Distribuição das espécies mais abundantes	119
Figura 38 – Distribuição de espécies e indivíduos pelos biótopos	120
Figura 39 – CAP e altura da Mata Ciliar.....	122
Figura 40 – CAP e altura das Florestas Estacionais Deciduais Tardias da área Sul e da Trilha da Barriguda.....	122
Figura 41 – Indivíduo da espécie <i>Handroanthus ochraceus</i> , com cerca de 22 metros de altura, destacando-se no dossel da Floresta Estacional da Trilha da Barriguda.....	124
Figura 42 – CAP e altura das Florestas Estacionais Intermediárias um e dois ...	126

Figura 43 – Diferença fisionômica entre as Florestas Estacionais Deciduais Intermediárias um e dois	128
Figura 44 – CAP e altura da Floresta Estacional Decidual Cárstica.....	129
Figura 45 – CAP e altura da Caatinga Arbórea aberta.....	130
Figura 46 – Vários exemplares de <i>Pilosocereus gounellei</i> (Xique-Xique) compondo a paisagem da Caatinga Arbustiva Aberta	131
Figura 47 – Diagrama de ordenação das variáveis do solo e os biótopos produzidos pela análise de correspondência canônica baseada na distribuição das espécies com, no mínimo, três indivíduos amostrados no Parque Estadual da Mata Seca, Norte de Minas	135
Figura 48 – Diagrama de ordenação das variáveis do solo e das espécies produzidas pela análise de correspondência canônica baseada na distribuição das espécies com no mínimo três indivíduos amostrados no Parque Estadual da Mata Seca, Norte de Minas	137

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Descrição do perfil 1	83
Quadro 2 – Descrição morfológica, aspectos físicos e químicos do perfil 2.....	89
Quadro 3 – Descrição morfológica, aspectos físicos e químicos do perfil 3.....	93
Quadro 4 – Descrição do perfil 4.....	98
Quadro 5 – Descrição do perfil 5.....	102
Quadro 6 – Descrição do perfil 6.....	106
Quadro 7 – Descrição do perfil 7	109

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Matriz de correlação entre as variáveis edáficas com os eixos de ordenação da análise de correspondência canônica (CCA) e entre as próprias variáveis edáficas dos biótopos do Parque Estadual da Mata Seca 132

Tabela 2 – Nome completo, abreviações, nome popular e total de indivíduos das espécies com no mínimo três indivíduos amostrados em seis biótopos do Parque Estadual da Mata Seca 138

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 Hipótese	20
1.2 Objetivos	21
1.2.1 Objetivo geral	21
1.2.2 Objetivos específicos.....	21
2 REVISÃO DE LITERATURA	22
2.1 A relação solo/planta e as características pedológicas que influenciam o crescimento dos vegetais	22
2.1.1 Características físicas	22
2.1.2 Características mineralógicas	27
2.1.3 Características químicas	34
2.2 Florestas Estacionais Deciduais.....	38
2.2.1 Sucessão ecológica em Florestas Estacionais Deciduais	44
2.3 A Fitogeografia e os parâmetros fitossociológicos e fitofisionômicos	47
3 MATERIAL E MÉTODOS	51
3.1 Localização e aspectos fisiográficos	51
3.2 O processo de ocupação territorial do Norte de Minas Gerais e o surgimento do município de Manga	65
3.2.1 O histórico da apropriação das áreas de Florestas Estacionais Deciduais no Parque Estadual da Mata Seca	68
3.3 Metodologia.....	73
3.3.1 Revisão de literatura	74
3.3.2 Levantamento florístico e fitofisionômico.....	74
3.3.3 Descrição morfológica de perfis de solos	75
3.3.4 Caracterização física dos solos.....	75
3.3.5 Caracterização química dos solos.....	76
3.3.6 Caracterização mineralógica dos solos	77
3.3.7 Levantamento de dados sobre o histórico da ocupação da área do Parque	77
3.3.8 Produção do mapa de biótopos.....	77
3.3.9 Análise dos dados pedológicos	78
3.3.10 Tratamento estatístico dos dados	78
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	80
4.1 Análise dos atributos morfológicos, físicos e químicos dos solos do Parque Estadual da Mata Seca	80
4.1.1 Mata Ciliar – Gleissolo/P1	81
4.1.2 Floresta Estacional Decidual de afloramentos calcários – Cambissolo/P 2..	87
4.1.3 Floresta Estacional Decidual Tardia / Área Sul – Luvisolo / P.3	91
4.1.4 Floresta Estacional Decidual Intermediária 1 – Cambissolo / P.4	96
4.1.5 Floresta Estacional Decidual Intermediária 2 – Cambissolo / P.5	101
4.1.6 Caatinga Arbustiva Aberta – Neossolo Litólico/P.6	105
4.1.7 Floresta Estacional Decidual tardia / T. da Barriguda – Cambissolo /P.7 .	108
4.2 Análise dos atributos mineralógicos – difratometria de raios X	112
4.3 A relação entre aspectos florísticos e fisionômico-estruturais da vegetação e os fatores edáficos e antropogênicos do Parque Estadual da Mata Seca	118

4.3.1 Relação solo/planta: correlação entre atributos pedológicos e vegetacionais através da Análise de Correspondência Canônica (CCA).....	131
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	143
REFERÊNCIAS.....	147

1 INTRODUÇÃO

O extremo Norte de Minas Gerais apresenta uma expressiva variedade de biótopos cujos componentes fitofisionômicos refletem a rica diversidade vegetal que marca essa região ecotonal localizada entre os biomas Cerrado e Caatinga. Essa heterogeneidade vegetacional, associada aos aspectos edáficos e geomorfológicos, evidencia o caráter singular dessa área no contexto fisiográfico regional.

Para Troppmair (2006), todos os seres vivos formam uma geobiocenose que possui dois componentes: um orgânico, formado pelos vegetais e pelos animais, e um inorgânico, composto pelo biótopo ou suporte físico dos elementos bióticos. O biótopo é a expressão espacial de uma geobiocenose que apresenta elementos bióticos e abióticos em interdependência, além de diversos fluxos de energia e de matéria. É nesse cenário marcado pela abundância de diversos biótopos que se localiza o Parque Estadual da Mata Seca, uma unidade de conservação de proteção integral que se destaca como um dos mais significativos celeiros de biodiversidade de Minas Gerais.

Fazendo jus à multiplicidade de ecossistemas das áreas ecotonais, o Parque Estadual da Mata Seca abriga uma significativa área contínua de Florestas Estacionais Deciduais em diferentes estágios sucessionais, além da Caatinga Arbustiva aberta, das Matas Ciliares e dos Carrascos. As Florestas Estacionais Deciduais (FEDs), popularmente conhecidas como Matas Secas, possuem larga distribuição no território brasileiro (ESPIRITO-SANTO *et al.*, 2008) e definem-se como formações florestais cujos indivíduos arbóreos perdem mais de 70% da folhagem durante o período de estiagem (SCOLFORO; CARVALHO, 2006). A Caatinga Arbustiva aberta é um tipo fisionômico que se caracteriza pela presença de árvores espaçadas entremeadas por cactáceas, arbustos, gramíneas temporárias e afloramentos rochosos (BRANDÃO; NAIME, 1998). Para Figueiredo (2000), *apud* Shaefer *et al.* (2010), o Carrasco é uma associação de arbustos e de árvores xerófilas muito ramificadas e baixas que, geralmente, estão associadas a solos pobres e arenosos. O Carrasco é uma típica formação transicional do extremo Norte de Minas (SHAEFER *et al.*, 2010).

Outro aspecto de destaque na área de estudo diz respeito à variedade edáfica, vinculada principalmente ao calcário e aos sedimentos quaternários que revestem essas rochas em algumas áreas. De acordo com a Companhia Mineradora

de Minas Gerais (COMIG, 2003), a região de Manga e do Parque Estadual da Mata Seca se inserem em sequências estratigráficas do Grupo Bambuí formadas por calcários, dolomitos e siltitos de idades geológicas situadas entre 850 e 650 milhões de anos e também nas coberturas sedimentares do Período Quaternário da Era Cenozoica. De acordo com Oliveira (1999), o material de origem, a taxa de dissolução e outros fatores que influenciam na formação de solos tornam possível o desenvolvimento de uma expressiva diversidade pedológica. Essa variedade de solos, associada à disponibilidade hídrica, faz com que a área apresente um mosaico de formações vegetais com características ecológicas, fisionômicas e estruturais próprias, assegurando, assim, a rica biodiversidade da região.

A potencialidade agrícola dos solos de origem calcária do extremo Norte de Minas representou um atrativo que favoreceu o processo de ocupação dessa região, até então composta por terras devolutas. Assim, através de um processo que tinha como objetivo a reorganização da agricultura do Vale do São Francisco, foi criada, em 1975, a Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco – CODEVASF – que, através de projetos de irrigação, promoveu grande transformação nas forças produtivas e nas relações de produção do semiárido nortemineiro (ALMEIDA, 1999). Como parte desse processo, o Projeto Jaíba, implantado na década de 1970, desencadeou expressivo avanço no agronegócio do Norte de Minas, uma vez que promoveu o início de uma grande corrida pela agricultura irrigada, o que se refletiu na proliferação de pivôs centrais ao longo das margens dos rios São Francisco, Verde Grande e Gorutuba.

No entanto, o projeto, na época, não apresentou nenhuma preocupação com o meio ambiente, o que resultou no desmatamento de grandes áreas de Florestas Estacionais Deciduais nos municípios de Jaíba, Matias Cardoso, Januária, Itacarambi, Manga e Montalvânia.

Ao propor a criação da Etapa II do Projeto, no início dos anos 90, o governo estadual teve de atender uma série de condicionantes ambientais determinada pelo Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM. Tal fato refletiu no amadurecimento das preocupações ambientais no âmbito da sociedade civil e no fortalecimento das instituições ambientais do estado nas últimas décadas.

Nesse contexto, o Parque Estadual da Mata Seca foi criado pelo Decreto 41.479, de 20 de dezembro de 2000, sendo resultado de uma condicionante

ambiental que exigia a criação de uma unidade de conservação na margem esquerda do Rio São Francisco, no Norte de Minas Gerais (BELÉM, 2008). O Parque Estadual da Mata Seca, localizado no município de Manga, possui significativas áreas de Florestas Estacionais Deciduais que, em outras épocas, cobriam grande parte da região.

De acordo com as pesquisas realizadas pela Drumond *et al.*, (2005), da Fundação Biodiversitas, o estado de Minas Gerais possui 86 áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade. Nesse trabalho, as Florestas Estacionais Deciduais norte-mineiras da margem esquerda do rio São Francisco (que inclui a área do Parque Estadual da Mata Seca) foram consideradas como áreas de importância biológica extrema, o que reflete a notória relevância desses ecossistemas.

Como reflexo dessa importância, surgiram vários trabalhos sobre a vegetação do Norte de Minas e do Parque Estadual da Mata Seca, como o Projeto Tropi Dry, fruto de uma parceria entre pesquisadores canadenses, estadunidenses, mexicanos, costa-riquenhos, venezuelanos e brasileiros (ESPÍRITO-SANTO *et al.*, 2008). Recentemente, também foi feito um zoneamento ambiental, através de um mapeamento e da caracterização ambiental dos biótopos do Parque (BELÉM, 2008). Entretanto, ainda não existem estudos detalhados sobre a relação entre a caracterização dos solos e os aspectos florísticos e fitofisionômicos dos componentes vegetacionais dos biótopos dessa unidade de conservação.

O estudo dos solos é de fundamental importância para a compreensão das diferenças existentes entre biótopos, e sabe-se que existem poucos trabalhos voltados para a relação entre os aspectos pedológicos e as características fisionômicas e florísticas dos seus componentes vegetacionais. Em seus estudos sobre os solos de origem calcária na região do Projeto Jaíba, Oliveira *et al.* (1998) ressaltam a necessidade de se levantar mais dados sobre solos de influência calcária em ambiente semiárido no Brasil e reforçam a validade de novos estudos na área.

Assim como no caso dos estudos dos solos de origem calcária, também se pode dizer que existem poucas pesquisas sobre a relação solo/planta em áreas de vegetação nativa, ao passo que é notória a influência dos atributos dos solos sobre aspectos fitofisionômicos, como Circunferência à Altura do Peito (CAP) e altura dos indivíduos arbóreos (WERNECK; HOFIG, 2010). O mesmo se pode dizer sobre a relação entre a distribuição das espécies, quando correlacionada com os

atributos pedológicos (VELOSO, 2011). De acordo com Ferreira (2007), existem poucos trabalhos que investigam as relações diretas e indiretas entre o solo e a vegetação nativa. Percebe-se que a maioria dos trabalhos sobre a relação solo/planta se concentra no âmbito da produção agrícola ou pecuária.

Assim, este trabalho se justifica pela existência dessa lacuna que, com certeza, se constitui em fator que limita a melhor compreensão da dinâmica ecológica que permeia a interação solo/planta nos diversos ambientes que compõem o mosaico vegetacional da região. Por fim, a pesquisa também se torna plenamente justificável devido à sua importância no tocante ao estudo dos atributos químicos, físicos e mineralógicos dos solos de origem calcária, além de contribuir para a produção de dados que vão favorecer a compreensão do funcionamento de importantes ecossistemas e, ao mesmo tempo, criar subsídios que possam ajudar a resguardar e a proteger a rica biodiversidade do Parque Estadual da Mata Seca.

Nesse contexto, acredita-se que um estudo detalhado sobre os atributos químicos, físicos e mineralógicos, correlacionados com os aspectos fisionômicos e florísticos dos diversos ambientes do Parque Estadual da Mata Seca, irá contribuir para a compreensão do funcionamento desses ecossistemas e, ao mesmo tempo, subsidiar a conservação e a recuperação das áreas degradadas no interior dessa unidade de conservação.

1.1 Hipótese

As características dos solos e as ações antrópicas determinam as similaridades florísticas e as diferenças fitofisionômicas entre os biótopos do Parque Estadual da Mata Seca, haja vista que as formações vegetais da área estão associadas a diferentes tipos de solos, sendo que, ao longo das últimas décadas, foram submetidas a diferentes usos e manejos.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Caracterizar os solos e analisar o uso e a ocupação da área, correlacionando os aspectos edáficos e antrópicos aos aspectos florísticos e fitofisionômicos dos biótopos do Parque Estadual da Mata Seca.

1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos desta pesquisa constituem-se em:

- i) fazer a caracterização física, química e mineralógica dos solos dos principais biótopos do Parque Estadual da Mata Seca;
- ii) apresentar a distribuição florística e fitofisionômica dos biótopos do parque;
- iii) indicar as características físicas, químicas e mineralógicas dos solos que mais influenciam na distribuição florística e na determinação dos aspectos fisionômicos da vegetação arbórea;

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A relação solo/planta e as características pedológicas que influenciam o crescimento dos vegetais

O solo é um recurso ambiental de fundamental importância para a existência da vida no planeta. É o substrato sobre o qual se desenvolvem as formações vegetais e o corpo natural que sustenta as geobiocenoses como reflexo da interação entre elementos bióticos e abióticos. Sua complexidade está associada à sua constituição, representada por elementos físicos, químicos e mineralógicos integrados que constituem um sistema dinâmico decisivo para a compreensão das características vegetacionais no âmbito da relação solo/planta.

Para Novais e Mello (2007), as propriedades físico-químicas do solo, os mecanismos de transporte de nutrientes no solo até as raízes e, por último, a absorção de nutrientes pelas plantas constituem os três componentes principais da relação solo/planta.

Nessa relação, existem várias características que influenciam o crescimento dos vegetais. Dada a complexidade desse processo, nenhum aspecto atua de maneira isolada, no entanto, faz-se necessário analisar separadamente o papel dos componentes presentes em cada contexto formado pelas características físicas, químicas e mineralógicas dos solos.

2.1.1 Características físicas

As características físicas dos solos são imprescindíveis para o crescimento das plantas, haja vista que favorecem a circulação do ar usado na respiração das raízes e, principalmente, pelo fato de permitirem a movimentação da água e a absorção de nutrientes pelas raízes dos vegetais. De acordo com Buckman e Brady(1979), fisicamente, um solo mineral é formado por partículas inorgânicas, matéria orgânica em decomposição, ar e água. Nesse contexto, duas propriedades físicas do solo são muito importantes: a textura, que se refere às partículas dos minerais, e a estrutura do solo, que está relacionada à arrumação das partículas dentro dos grupos ou agregados.

Para Novais e Mello (2007), as características físicas do solo se inserem em um contexto edáfico formado por 50% de espaço poroso, ocupado por água e ar; 47% de sólidos; e de 3% a 5% de matéria orgânica (MO). Assim, em média, o solo é constituído pela fase sólida (50%), pela líquida (25%) e pela gasosa (25%).

A fase sólida é o mais importante constituinte do quadro físico do solo, sendo formada pelos agregados que se apresentam, até certo ponto, como unidades individualizadas. Para Santos (2009), os agregados são agrupamentos de partículas primárias do solo (areia, argila e silte) ligadas entre si por compostos orgânicos, óxidos e carbonatos, pela sílica e pela própria argila.

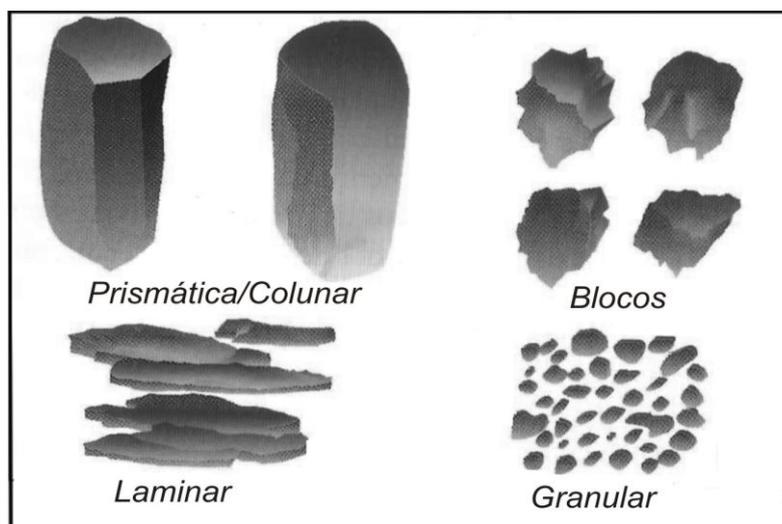
Para Castro Filho (2001), os agregados são o resultado da interação física, química e biológica das partículas dos solos. Estudos sobre manejo e conservação dos solos mostram que, quanto maior o número de agregados, maior será a infiltração da água e, conseqüentemente, menor será a erosão e maior será a retenção de água com nutrientes necessários ao desenvolvimento e ao crescimento das plantas. O autor ainda ressalta que a matéria orgânica é de fundamental importância para uma boa agregação dos solos, uma vez que ela é a principal responsável pela ligação entre partículas como a argila e a areia.

Para White (2009), o arranjo das partículas dos solos em agregados resulta das forças vitais associadas às plantas, aos animais, aos micro-organismos e às forças físicas vinculadas à secagem e ao molhamento do solo. Nessa perspectiva, a estrutura do solo é formada à medida que esses processos atuam nas partículas para criarem ordem a partir da desordem. Esse autor ainda destaca que os agregados e a organização estrutural, aliados à abundância de energia e nutrientes, são imprescindíveis para o solo suportar uma vida vegetal diversificada. Na verdade, deve-se ressaltar que a estrutura do solo constitui-se numa das mais importantes características do quadro físico do solo, pois permite o perfeito funcionamento dos demais componentes da relação solo/planta: os aspectos químicos e mineralógicos, os micro-organismos, a matéria orgânica, as raízes e as estruturas aéreas dos vegetais.

Santos *et al.* (2005) afirmam que a estrutura do solo é de fundamental importância para a compreensão do desenvolvimento e do crescimento dos vegetais, sobretudo do sistema radicular, na retenção e no suprimento de nutrientes, água e ar, na atividade microbiana e na resistência à erosão. Conforme esses autores, a classificação mais usada da estrutura do solo é a de Nikiforoff, utilizada

no Soil Survey Manual e adotada no Brasil. De acordo com essa classificação, a estrutura do solo é formada por quatro formas de agregados: laminar, prismática, em blocos e granular ou esferoidal (Figura 1).

Figura 1 – Tipos de estruturas encontradas nos solos



Fonte: LEPSCH, 2002.

A estrutura laminar possui agregados cujas dimensões horizontais são mais desenvolvidas do que as verticais, exibindo aspecto de lâminas. A estrutura prismática possui agregados mais desenvolvidos, em formas de prismas ou de colunas. A estrutura em blocos é a mais comum e se caracteriza por apresentar blocos disformes, angulares e subangulares. A estrutura granular, por sua vez, possui unidades relativamente arredondadas e não apresenta faces de contato (SANTOS *et al.*, 2005).

Para Reichardt e Timm (2004) e Zonta *et al.* (2006), as partículas que compõem a textura e os agregados conferem porosidade aos solos que, por sua vez, determinarão suas propriedades hídricas, que afetam direta e indiretamente a absorção de nutrientes pelas plantas. Assim, a estrutura do solo se refere ao arranjo das partículas sólidas que se agrupam dando origem aos agregados. Um solo bem estruturado possui alta macroporosidade, o que afeta positivamente a penetração das raízes e a infiltração da água, favorecendo o desenvolvimento das plantas.

Assim, ressalta-se que a estrutura do solo é uma propriedade física que exerce influência direta sobre o crescimento das raízes e, por consequência, no crescimento e no desenvolvimento dos vegetais, pois esse atributo controla os

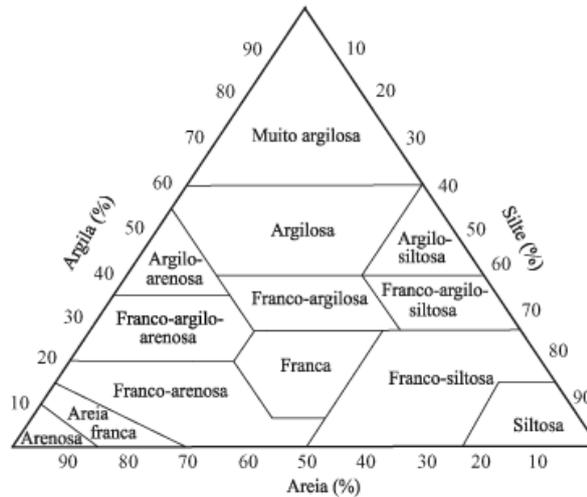
espaços vazios e a quantidade de água e de oxigênio que pode ser armazenada no solo, bem como a velocidade com que são liberados para as raízes das plantas. Nessa perspectiva, Spera *et al.* (2005), em estudos realizados na Bacia Hidrográfica do Rio Jardim, no Distrito Federal, evidenciaram a tendência de relações entre os tipos fitofisionômicos, a estrutura e a microporosidade do solo. Nesse caso, as Florestas Semidecíduas e o Cerradão estiveram relacionados a valores de volume de microporos maiores do que $0,300 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, enquanto que o Cerrado Típico, a valores entre $0,300$ e $0,200 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$.

Em relação à textura, deve-se ressaltar que esse atributo constitui-se num dos aspectos mais relevantes do contexto físico do solo, sendo representado pelos percentuais das partículas individuais que resultaram do intemperismo das rochas. Conforme Lepsch (2002), essas partículas têm tamanhos variados, sendo que algumas podem ser grandes o suficiente para serem vistas a olho nu; já outras podem ser vistas com o auxílio de lentes de bolso, enquanto que as restantes somente podem ser vistas com o auxílio de potentes microscópios.

As partículas que compõem a textura do solo são classificadas, no Brasil, em frações cujos limites convencionais são os seguintes: Calhaus (200 a 20 mm), Cascalho (de 20 a 2 mm), Areia (de 2 a 0,5 mm), Silte (de 0,05 a 0,02 mm) e Argila (menor do que 0,002 mm) (LEPSCH, 2002).

Difícilmente um horizonte do solo é constituído de uma única fração granulométrica, o mais comum é que ele seja constituído de uma combinação existente entre os três tipos possíveis, pela qual se define a classe de textura (LEPSCH, 2002). De acordo com Santos *et al.* (2005), a identificação da textura é feita a partir da consulta do diagrama triangular para a determinação das principais classes de texturas dos solos (Figura 2).

Figura 2 – Diagrama usado para determinar as classes texturais do solo



Fonte: SANTOS *et al.*, 2005.

Em relação à importância da textura para a compreensão do desenvolvimento dos vegetais, considerando-se os estudos sobre as diferenças fitofisionômicas existentes entre duas formações vegetais do bioma Cerrado, em Montes Claros, Norte de Minas, Belém (1997) constatou que os altos percentuais de areia (mais de 900 g/kg) nos primeiros 80 cm do solo, associados aos parâmetros de fertilidade, são indicadores dos tipos vegetacionais abertos, com o predomínio de arbustos. Por outro lado, os solos com maior percentual de argila (410 g/kg nos primeiros 80 cm) e com valores de Soma de Bases e CTC efetiva mais altos indicaram a presença de formações florestais como o Cerradão.

As características texturais podem ser decisivas na determinação dos aspectos fisionômicos da vegetação, uma vez que a distribuição e o arranjo das partículas do solo podem influenciar o comportamento da água e das reações químicas que se processam no âmbito das trocas iônicas realizadas na solução do solo. Os estudos de Piovesan e Silva (2010) constataram que solos com textura média argilosa estão intimamente associados a formações florestais de grande porte, ao passo que formações campestres estão associadas às texturas arenosa e franco arenosa. Nessa mesma linha de raciocínio, Rossi *et al.* (2005) constataram uma relação significativa entre a textura do solo e a estrutura da vegetação no Parque Estadual de Porto Ferreira (SP). Esses autores ressaltaram que as áreas de Cerrado típico estão relacionadas aos solos ácidos, de textura média e de baixa

retenção hídrica, enquanto que as áreas de Florestas Semidecíduas estão vinculadas a teores elevados de matéria orgânica, macronutrientes e argila.

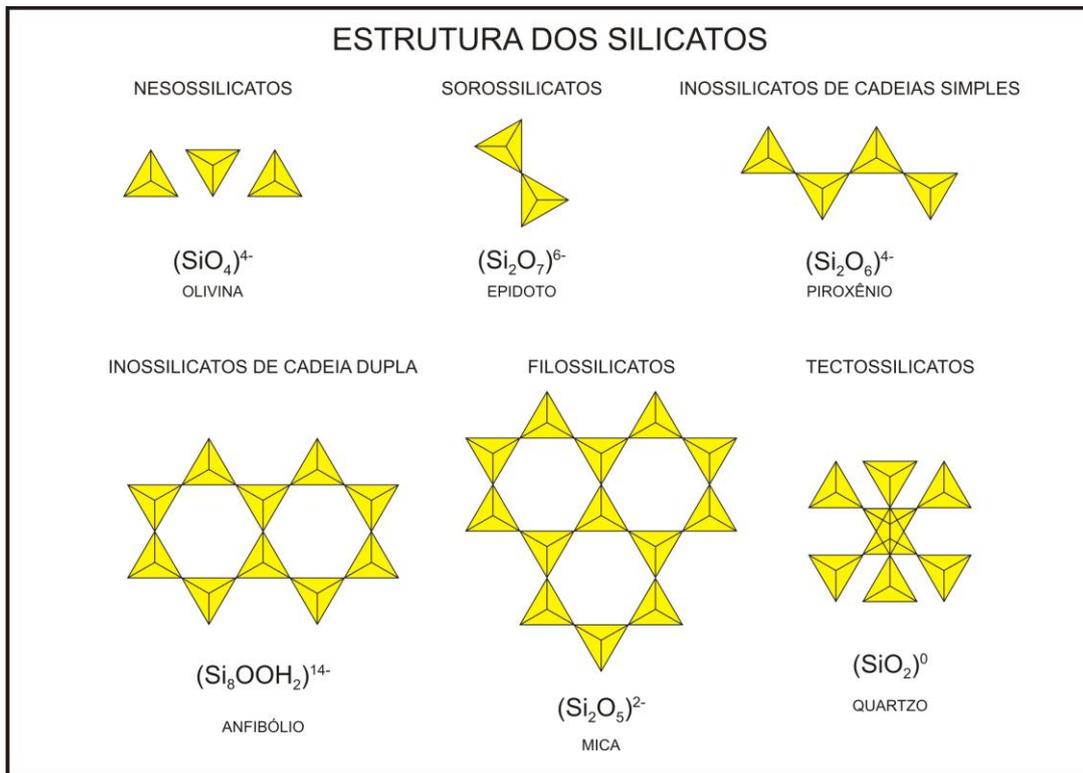
Todos esses exemplos comprovam a influência dos atributos físicos do solo sobre as diferenças fisionômicas da vegetação, no entanto, deve-se ressaltar que existem outros fatores pedológicos, como profundidade do solo, fertilidade natural, drenagem natural e posição na paisagem, que também interferem no desenvolvimento vegetacional (SPERA *et al.*, 2005).

2.1.2 Características mineralógicas

Os aspectos mineralógicos dos solos estão associados ao conjunto de minerais primários e secundários que se formaram a partir do intemperismo de materiais de origem. Conforme White (2009), a areia e o silte constituem-se quase que totalmente de resquícios de minerais de rochas primárias resultantes do intemperismo. Esses minerais são constituídos predominantemente por silicatos de estrutura cristalina, formada por uma unidade simples de tetraedro de silício. Os solos que apresentam frações formadas por esses minerais primários são geralmente jovens. No entanto, as frações areia e silte também podem ser formadas por minerais que indicam uma idade pedológica maior, como, por exemplo, os filosilicatos de estrutura mais complexa (WHITE, 2009).

Em relação à constituição mineralógica dos solos, enfatiza-se que ela está relacionada aos minerais presentes nas rochas da crosta terrestre. Para Fassbender e Bornemisza (1987), a constituição rochosa da litosfera é diversificada e complexa, sendo que cerca de 80% dos minerais dessas rochas são formados por silicatos, ou seja, são rochas que apresentam átomos de silício combinados com o oxigênio. Assim, os silicatos são os minerais mais abundantes da crosta. Esses silicatos são considerados minerais primários, e sua presença pode indicar que um solo é jovem. Ainda em relação a esses autores e conforme a Figura 3, o grupo dos minerais primários silicatados é formado por seis tipos: os nesossilicatos, os sorossilicatos, os inossilicatos de cadeias simples, os inossilicatos de cadeia dupla, os filosilicatos e os tectossilicatos.

Figura 3 – Organização estrutural dos cristais dos silicatos



Elaboração: BELÉM, 2008.
Fonte: MELO *et al.*, 2009.

Os nesossilicatos são silicatos simples que formam tetraedros (1 silício e 4 oxigênios) em que os oxigênios não compartilham cargas, sendo representados pelas olivinas. Os sorossilicatos são silicatos em que dois tetraedros de silício compartilham um oxigênio, tendo o epidoto como um exemplo desses minerais bidimensionais. Os inossilicatos de cadeia simples são minerais silicatados em que dois oxigênios dos tetraedros são compartilhados; nesse grupo, inserem-se os piroxênios. Já nos inossilicatos de cadeia dupla, como os anfibólios, a realidade é mais complexa, pois ocorre o compartilhamento de três oxigênios. Os filossilicatos consistem em repetições de inossilicatos de cadeia dupla unidos; assim, para cada átomo de silício, há 3 átomos de oxigênios compartilhados, sendo a mica um exemplo de filossilicato. Os tectossilicatos, por sua vez, são silicatos em que os quatro oxigênios são compartilhados. Tectossilicatos como o quartzo e o feldspato apresentam estruturas cristalinas muito complexas e, conseqüentemente, menos cargas e menos cátions para neutralizá-las (FASSBENDER; BORNEMISZA, 1987).

De acordo com Kampf *et al.* (2009), o feldspato está entre os mais importantes minerais primários encontrados no solo, e sua ocorrência acontece de

duas formas: os feldspatos potássicos (série que inclui o ortoclásio e o microclínio) e os feldspatos plagioclásios (albita e anortita), sendo que ambos podem estar presentes nas frações areia e silte.

Como o objeto de estudo deste trabalho localiza-se em uma área marcada por baixos índices pluviométricos, deve-se ressaltar a importância do intemperismo do feldspato em climas semiáridos, uma vez que a meteorização desses minerais em condições de baixas precipitações anuais pode gerar montmorilonita, um argilo-mineral expansivo cuja presença pode influenciar positivamente a fertilidade do solo (KAMPF *et al.*, 2009). Em relação à montmorilonita, esses autores destacam que esse argilo-mineral é muito comum no solo, e que sua origem também pode estar associada ao material de origem (principalmente o calcário e o folhelho) ou ao produto da transformação de clorita, vermiculita e micas.

O grupo dos minerais secundários é formado por minerais resultantes da destruição dos minerais primários, com posterior recombinação dos produtos resultantes dessa decomposição. Nesse grupo, encontram-se as argilas, que se destacam como importantes componentes do sistema coloidal, haja vista que os argilo-minerais presentes nesse sistema constituem-se numa das principais fontes de cargas retentoras de macronutrientes dos solos. Conforme Novais e Mello (2007), as cargas do solo e a fotossíntese são consideradas os dois fenômenos mais importantes para a vida no planeta. Essas cargas estão inseridas no sistema coloidal que White (2009) define como um conjunto de frações do solo com tamanho inferior a um μ (micron), dispersas na água e que não se sedimentam rapidamente quando misturadas. Dentre as partículas coloidais, as argilas e o húmus se destacam como as mais importantes.

Novais e Mello (2007) destacam que as partículas do sistema coloidal apresentam as seguintes propriedades: a grande superfície específica, as cargas elétricas e a cinética. A superfície específica corresponde à área pela unidade de peso do material considerado, sendo expressa em $\text{m}^2 \text{g}^{-1}$. A superfície específica das frações do solo é de grande importância para a presença de cargas nos solos. Sabe-se, por exemplo, que a caulinita apresenta superfície de 10 a 30 $\text{m}^2 \text{g}^{-1}$, e a montmorilonita, de 700 a 800 $\text{m}^2 \text{g}^{-1}$. Nesse caso, os solos com predomínio de argilas, como a montmorilonita, poderão ter mais cargas negativas e,

conseqüentemente, mais macronutrientes com cargas positivas importantes para as plantas.

Dado o exposto por Reichardt e Timm (2004) e White (2009), os minerais de argila possuem uma grande área de superfície específica, com cargas que se destacam como locais muito importantes para as reações físico-químicas estabelecidas entre os componentes da relação solo/planta. Essas argilas constituem-se em agrupamentos de unidades cristalográficas denominadas octaedros de alumínio e tetraedros de sílica. As argilas silicatadas são formadas a partir de duas unidades estruturais básicas: o tetraedro de sílica, constituído de ligações de um átomo de Si a quatro átomos de oxigênio, e outra unidade formada pelo octaedro de alumínio, constituído de um átomo de Al e seis átomos de oxidrila (OH^-) (BUCKMAN; BRADY, 1979; NOVAIS; MELLO, 2007) (Figura 4).

Figura 4 – Unidades estruturais das argilas silicatadas



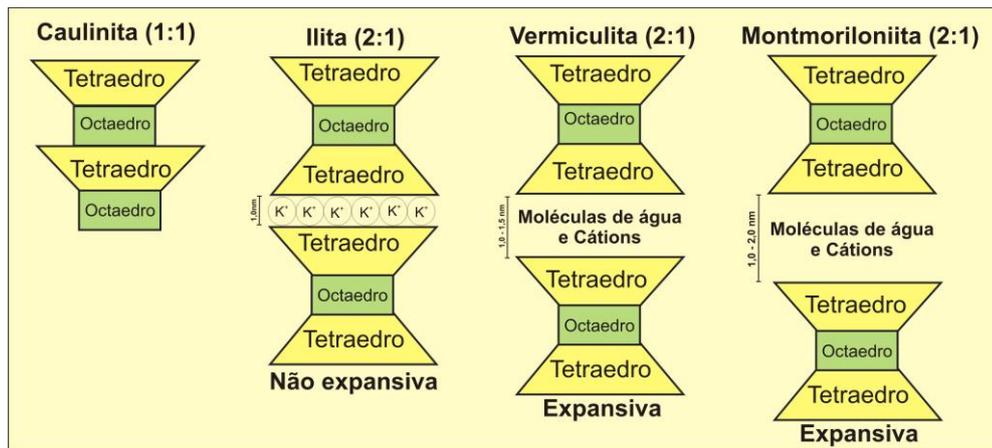
Fonte: OLIVEIRA, 2012.

A mineralogia da fração argila no contexto da interação solo/planta se sobressai em importância, quando comparada aos aspectos mineralógicos das frações areia e silte, pois existem muitas argilas que dispõem de várias cargas que serão usadas para adsorver cátions essenciais ao desenvolvimento dos vegetais. Conforme White (2009), existe um grande número de minerais na fração argila e, de forma geral, esses minerais podem ser divididos em minerais de argila cristalinos e em minerais como os óxidos, os hidróxidos e os sais.

Dentre os minerais secundários silicatados, destacam-se aqueles semelhantes aos filossilicatos, com três átomos de oxigênio compartilhados e uma carga negativa sobrando. Esses minerais resultam da combinação entre os elementos mais abundantes nas rochas e nos solos, o silício e o alumínio, que compõem duas unidades básicas, o tetraedro de silício e o octaedro de alumínio.

Como se pode observar na Figura 5, essas unidades, quando combinadas, formam os minerais 2:1 e 1:1, como as argilas montmorilonita e caulinita, respectivamente (BUCKMAN; BRADY, 1979). O número de camadas de tetraedros para as camadas de octaedros é uma característica básica de identificação dos principais grupos de argilas silicatadas.

Figura 5 – Tipos de argilas silicatadas



Fonte: LEPSCH, 2011.

De acordo com Buckman e Brady (1979), entre os minerais 2:1 existem os não expansivos e os expansivos. Nos primeiros, as unidades básicas, formadas por dois tetraedros e um octaedro, se unem através do potássio (K) que ocupa o espaço existente entre as unidades básicas. O potássio é um mineral que tem raio de hidratação pequeno, que não expande e que, ao mesmo tempo, ocupa cargas internas que poderiam estar sendo ocupadas por outros cátions. Nesse caso, o mineral passa a contar apenas com as cargas de beirada, uma vez que o espaço interno está ocupado pelo potássio. Esse processo faz com que os minerais 2:1 não expansivos, como a ilita, tenham poucas cargas negativas e baixa CTC, o que pode desfavorecer o desenvolvimento da vegetação nas áreas em que esses minerais ocorrem.

Por outro lado, os minerais silicatados expansivos vão apresentar elemento (como o magnésio) com raio hidratado maior, permitindo a entrada de água e de outros cátions no espaço existente entre as unidades básicas de tetraedros e octaedros. Nesse caso, que pode ser observado no grupo das vermiculitas, surgem muitas cargas que favorecem o aumento da CTC e,

consequentemente, as plantas que necessitam de nutrientes como os cátions, que se movimentam constantemente entre as cargas internas e as cargas de beirada. No Brasil, esses minerais são muito comuns nos solos vérticos do semiárido (NOVAIS; MELLO, 2007) (Figura 5).

Além disso, deve-se ressaltar que ainda existem as cargas de substituição isomórfica, que também contribuem para o aumento da CTC. Conforme Novais e Mello (2007), a substituição isomórfica é um processo em que um elemento substitui outro elemento semelhante na estrutura do tetraedro de silício ou do octaedro de alumínio. Para que isso ocorra, os dois elementos não podem ter uma diferença de tamanho superior a 15%, e a diferença de valência entre ambos deve ser de 1. Em ambientes com muito alumínio disponível, esse elemento pode substituir o Si, gerando uma carga negativa de oxigênio para ser neutralizada.

Kampf *et al.* (2009) destacam as esmectitas como as representantes de outro grupo de minerais 2:1 expansivos. Esse grupo abrange as montmorilonitas, que são mais comuns nos solos do semiárido brasileiro em que as taxas de lixiviação são muito baixas. Esses minerais estão associados a solos com altíssima CTC e são formados em ambientes com elevada concentração de Si, Ca e Mg. O fato de as montmorilonitas serem expansivas proporciona uma superfície específica maior, fazendo com que esse coloide possua elevada capacidade de adsorção de cátions que podem exercer uma função muito positiva no desenvolvimento das plantas (NOVAIS; MELLO, 2007).

Porém, nesse grupo, a argila mais comum é a vermiculita, a qual resulta da alteração das micas. A vermiculita apresenta substituição isomórfica de Al por Mg na camada de tetraedros, ao passo que a montmorilonita apresenta substituição de Al por Mg na camada de octaedros.

Portanto, a presença de Al em solos ácidos é fator de estabilização da vermiculita. Ainda em relação à vermiculita, os trabalhos de Kampf *et al.* (2009) enfatizam que a ocorrência desse argilo-mineral está intimamente ligada a climas semiáridos com vegetação caducifólia e a materiais de origem que contenham muita mica. Daí a presença eventual de vermiculita em solos de regiões tropicais, em detrimento da montmorilonita (NOVAIS; MELLO, 2007).

No tocante aos minerais secundários silicatados 1:1, merece destaque o grupo das kanditas ou das caulinitas. Esses minerais são geralmente formados em ambientes de lixiviação intermediária e podem ser gerados a partir do intemperismo

de minerais primários e secundários. Nesse grupo, a caulinita ($\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}$) é o mineral mais abundante e resulta do intemperismo do feldspato, podendo ser formada tanto em regiões secas quanto em regiões úmidas. Para Kampf *et al.* (2009), a caulinita é o argilo-mineral mais abundante dos solos brasileiros, ocorrendo praticamente em todas as classes de solos. A larga distribuição das caulinitas no Brasil se deve ao fato de a sua formação estar associada a vários minerais, desde que haja remoção parcial de cátions e de silício. Deve-se ressaltar que esses minerais não sofrem substituições isomórficas, sendo as cargas de beirada desprezíveis em relação às cargas dependentes de pH (que predominam), fazendo com que a CTC dos solos em que esse mineral predomina seja muito pequena.

Além dos minerais silicatados, os solos também podem apresentar minerais secundários desprovidos de silicatos, ou seja, os óxidos de ferro e de alumínio. Os óxidos são encontrados em diversos tipos de solos, mas os óxidos de ferro¹ e de alumínio se concentram em solos muito intemperizados, isto é, onde a sílica e as outras bases já foram lixiviadas, restando apenas o Fe^{3+} e o Al^{3+} . De acordo com as ideias de Kampf *et al.* (2009), a ocorrência de minerais secundários, como os óxidos, está associada à composição química do mineral original. Assim, minerais com alto teor de alumínio, como o feldspato, podem se dissolver, originando a gibsita, enquanto minerais ferromagnesianos, como as olivinas, podem originar óxidos de Fe, como a hematita e a goethita.

Esses autores ainda ressaltam que os óxidos de ferro são minerais secundários oriundos da oxidação do Fe^{2+} encontrado nos minerais primários das rochas. Ao entrar em contato com o oxigênio, o Fe^{2+} transforma-se em Fe^{3+} insolúvel. Dentre os diversos tipos de óxidos de ferro, destacam-se a hematita (Fe_2O_3), que gera solos avermelhados, a goethita ou óxido de ferro hidratado (FeOOH), responsável pela cor amarela nos solos, e a magnetita, que ocorre apenas em solos gerados em rochas como o itabirito e o basalto.

Quanto aos óxidos de alumínio, deve-se destacar a gibsita $\text{Al}(\text{OH})_3$, que pode ser gerada tanto de minerais primários quanto de minerais secundários, desde que ocorra intensa lixiviação da sílica. Nesse caso, são também denominados minerais 0:1, pois não apresentam mais sílica em sua estrutura, mas apenas alumínio. Assim, são minerais que tendem a ser associados a ambientes bastante

¹ O termo óxido geralmente é usado para se referir à goethita e à gibsita, mas o único e verdadeiro óxido é a hematita. A goethita é um oxi-hidróxido, e a gibsita é um hidróxido de alumínio.

lixiviados e com alta concentração de alumínio. A estrutura de solos com muita gibbsita tende a ser granular e muito porosa. Vale ressaltar que os solos ricos em óxidos tendem a ter estrutura granular, o que é bastante favorável para o desenvolvimento das plantas, haja vista que aumenta a porosidade dos solos. Para Novais e Mello (2007), os óxidos são os principais responsáveis pela adsorção aniônica e também pela de alguns cátions, como o Zn. O Zn, por sua vez, é um micronutriente que exerce papel muito importante no alongamento das células e, conseqüentemente, no crescimento das plantas.

Nessa perspectiva de análise, deve-se ressaltar que toda a dinâmica de funcionamento da relação solo/planta depende do sistema coloidal. Nesse contexto, é imprescindível se considerar a importância da água e sua relação com os processos que permeiam a transferência dos macronutrientes da solução aquosa até às células vegetais. Assim, a relação solo/planta depende muito da Capacidade de Campo e também do Ponto de Murcha Permanente. De acordo com Reichardt e Timm (2004), a Capacidade de Campo (CC) refere-se à quantidade de água que restou depois que o excesso saiu pela força da gravidade. Em outras palavras, é a máxima quantidade de água que fica nos microporos do solo, tornando-se disponível para as plantas. Já o Ponto de Murcha Permanente (PMP) corresponde ao teor de umidade pelo qual a planta não consegue retirar mais água no solo. É o limite mínimo da água armazenada no solo que será usada pelos vegetais. Abaixo desse limite, as plantas não conseguem tirar água do solo, tornando-se necessário fazer uso de mecanismos capazes de economizar água (REICHARDT; TIMM, 2004).

2.1.3 Características químicas

A constituição química dos solos apresenta um complexo sistema de inter-relação com as plantas, sendo a sua compreensão imprescindível para o entendimento das características fisionômicas e florísticas das formações vegetais. Para Buckman e Brady (1979), o crescimento das plantas superiores depende da disponibilidade de elementos essenciais no solo, mas esses elementos representam apenas um dos fatores que exercem influência sobre o crescimento dos vegetais. Nesse sentido, existem 21 elementos sem os quais as plantas não podem crescer e se reproduzir normalmente. Esses elementos essenciais são: os orgânicos (C, H e O), os macronutrientes (N, P, S, Ca, Mg e K) e os micronutrientes (Cl, Co, Si, Na,

Fe, Cu, Mn, Zn, Se, B, Ni e Mo). Os macronutrientes são mais importantes para os vegetais que necessitam de maiores concentrações desses elementos (WHITE, 2009).

No que diz respeito à fonte dos elementos essenciais, Mello *et al.* (2009) ressaltam a importância dos minerais primários como fonte de macronutrientes para as plantas. Assim, dentre os materiais de origem com potencial para fornecer nutrientes essenciais para as plantas, destacam-se os minerais como o ortoclásio, a olivina, a calcita, a biotita e o piroxênio. Esses minerais, quando intemperizados, podem liberar macronutrientes importantes para as plantas, como K, Ca, Mg e P, além de outros elementos, como Fe, Zn, Cu e Mn.

Para Marenco e Lopes (2009), os elementos minerais ligados à nutrição de plantas são classificados em dois grupos: os elementos benéficos e os elementos essenciais. Os elementos benéficos são aqueles que melhoram o desenvolvimento de algumas espécies vegetais (por exemplo, o silício, o sódio e o selênio). Os elementos essenciais, por outro lado, são aqueles que preenchem pelo menos um dos seguintes requisitos: é essencial para o crescimento das plantas, de tal forma que a sua ausência torna a planta incapaz de realizar o seu ciclo vital; o elemento não pode ser substituído por outro elemento; o elemento deve ter uma função específica dentro da célula.

Diante do exposto, ressalta-se que a disponibilidade desses nutrientes depende das propriedades de adsorção iônica do solo, vinculadas quase que totalmente aos minerais de argila e à matéria orgânica. Conforme Novais e Mello (2007), essas partículas coloidais possuem cargas elétricas negativas e positivas que podem reter tanto cátions como ânions. Esses autores ainda ressaltam que “essas cargas são neutralizadas por íons de carga contrária que podem ser trocados por outros íons da solução do solo” (NOVAIS; MELLO, 2007, p. 145).

Para White (2009), os nutrientes essenciais às plantas se inserem dentro de um contexto de ciclagem de nutrientes formado por 3 estoques: estoque inorgânico, estoque de biomassa e estoque orgânico. No estoque inorgânico, as plantas absorvem nutrientes presentes em um reservatório que é composto de íons na solução do solo e íons trocáveis adsorvidos por minerais de argila e matéria orgânica.

O estoque de nutrientes de biomassa depende da quantidade de massa vegetal produzida e se refere aos organismos vivos acima e abaixo do solo. A

fixação biológica de nutrientes é um dos processos que se destaca nesse estoque (WHITE, 2009). Nesse sentido, o estoque de K, Ca, e Mg nos primeiros 30 cm é alto em florestas tropicais maduras, com idades superiores a 40 anos. Isso se deve ao fato de o estoque desses elementos ser grande na folhagem dessas florestas (WHITE, 2009).

Em relação aos nutrientes presentes na biomassa, White ressalta que

toda biomassa é importante na ciclagem de nutrientes, independente do tamanho do estoque, porque o remanescente de organismos vivos e suas excretas são o substrato sobre o qual os microorganismos do solo se alimentam. (WHITE, 2009, p. 245).

O estoque orgânico, por sua vez, está intimamente ligado ao estoque de biomassa e se refere aos elementos oriundos da decomposição da cobertura vegetal e de excretas de animais, pela mesofauna e micro-organismos do solo (WHITE, 2009).

Buckman e Brady (1979) destacam que os nutrientes podem ocorrer em duas situações: na forma de compostos complexos insolúveis e na forma simples dissolvida na solução do solo. Esses autores ainda destacam que a decomposição da matéria orgânica do solo possibilita a liberação de nutrientes mantidos na forma complexa e o aparecimento de compostos simples que ficam disponíveis para os vegetais superiores. Nessa perspectiva, grande parte de N, S e P, por exemplo, são mantidos no solo em combinações orgânicas sujeitas à decomposição, o que possibilita o aparecimento de componentes simples disponíveis para as plantas. Nutrientes como K, Ca e Mg, por outro lado, existem no solo, em sua maioria, nas formas estritamente inorgânicas (BUCKMAN; BRADY, 1979).

No tocante à forma como os nutrientes se encontram à disposição para as plantas, Melo *et al.*, (2009) ressaltam que os elementos minerais podem ser encontrados nas formas estrutural, não trocável e na solução do solo. O elemento não trocável está fixado por outro e representa formas não disponíveis para as plantas. A forma estrutural é aquela em que o elemento mineral (nutriente) faz parte da estrutura cristalográfica do mineral. Nesse caso, para que ele fique disponível para as plantas, é necessário que ocorra a intemperização do mineral primário. Os elementos minerais na solução do solo se encontram livres, na condição de íons dispersos na água ou adsorvidos nos coloides.

Toda e qualquer discussão sobre a caracterização química dos solos e sua relação com o desenvolvimento das plantas deve considerar a fertilidade como um dos principais aspectos a serem abordados, pois esse atributo edáfico é muito importante para o crescimento dos vegetais, destacando-se como uma das principais características da relação solo/planta. A avaliação das condições de fertilidade depende de alguns parâmetros pedológicos que podem ser determinantes para a ocorrência de determinadas formações vegetais em uma área e para a ausência dessa mesma formação em outras áreas. Os parâmetros de fertilidade, juntamente com fatores geológicos e geomorfológicos, portanto, são indispensáveis para a compreensão da distribuição da vida vegetal no espaço.

Dentre os parâmetros edáficos associados à fertilidade, destacam-se a Capacidade de Troca Catiônica (CTC), a Saturação por Bases (Valor V%) e a Matéria Orgânica (MO). De acordo com Novais e Mello (2007), a Capacidade de Troca Catiônica (CTC) corresponde ao número de cargas negativas dos coloides neutralizados pelos cátions, sendo que o conjunto de cátions que está ocupando a CTC do solo, juntamente com as cargas negativas dos coloides, denomina-se complexo sortivo do solo. Ainda em relação a esses autores, a CTC do solo pode ser potencial (T) ou efetiva (t). A CTC potencial corresponde a todos os cátions que neutralizam as cargas negativas dos coloides, incluindo os íons H^+ e Al^{3+} . A CTC efetiva, por sua vez, não considera os íons H^+ , mas apenas Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ .

A CTC pode oferecer uma importante noção sobre a fertilidade de um solo, pois, quando os coloides estão em grande parte ocupados por cátions como o Ca^{2+} , Mg^{2+} e o K , sugere-se que esse solo apresenta boas condições de nutrição para as plantas. No entanto, quando a CTC está ocupada por íons H^+ e Al^{3+} , o solo possui baixas concentrações de nutrientes para a planta.

A matéria orgânica é formada de restos de organismos vegetais e animais em decomposição. A matéria orgânica é importante para os estudos de fertilidade porque contribui para a CTC. Além disso, Novais e Mello (2007) ressaltam que, em solos de regiões tropicais, como a maior parte do território brasileiro, a matéria orgânica apresenta maior participação no valor da CTC, daí a sua importância para esse parâmetro de fertilidade.

A Saturação por Bases é outro parâmetro usado para avaliar a fertilidade de um solo, sendo calculada em função da Soma de Bases (SB) e da CTC a pH 7(T), e é expressa em porcentagem. A fórmula para cálculo da Saturação por Bases

(V%) é a seguinte: $V(\%) = (100 \times SB)/T$. Quando o V(%) é maior do que 50%, considera-se o solo como fértil (eutrófico); quando o valor é inferior a 50%, o solo é considerado como não fértil (distrófico). Conforme os estudos de Novais e Mello (2007), a análise da fertilidade através da CTC depende de outros parâmetros importantes além dos já citados anteriormente: a Soma de Bases (SB) e a Saturação por Alumínio (m%). A Soma de Bases (SB) corresponde à soma dos valores de Ca, Mg, K e Na; já a Saturação por Alumínio está associada à presença de alumínio ocupando as cargas dos coloides, sendo calculada pela seguinte fórmula: $m\% = 100 \times Al/(SB+Al)$.

2.2 Florestas Estacionais Deciduais

Os estudos sobre Florestas Estacionais Deciduais (FEDS) têm ganhado importância no Brasil, principalmente no Norte do estado de Minas Gerais, onde essa formação vegetal se encontra bastante ameaçada pela expansão do carvoejamento e principalmente da agropecuária, haja vista o imenso potencial agrícola dos solos da maioria das áreas em que ocorre essas formações vegetais (RATTER *et al.*, 1978). Por outro lado, no Brasil e em outras partes do mundo, os esforços conservacionistas e para pesquisa têm sido negligenciados quando se trata das Florestas Estacionais Deciduais, sobretudo quando essas são comparadas com as florestas pluviais (ESPIRITO-SANTO *et al.*, 2008). A ameaça sofrida pelas Florestas Estacionais Deciduais, ao se inserir dentro de um embate marcado por diversos interesses, representa um dos mais importantes desafios ambientais do Norte de Minas e reforça a necessidade de novos estudos que possam subsidiar a compreensão da dinâmica ecológica e favorecer a conservação e o uso sustentável desses ecossistemas.

As Florestas Estacionais Deciduais, popularmente conhecidas como Matas Secas, são fitofisionomias caracterizadas pela perda de grande parte da folhagem no período de estiagem (SCHARIOT; SEVILHA, 2005; ESPÍRITO-SANTO *et al.*, 2008; BELÉM, 2008). De acordo com o IBGE (1996), a Floresta Estacional Decidua caracteriza-se por apresentar um ritmo estacional que se reflete no estrato arbóreo com mais de 50% dos indivíduos ficando totalmente desprovidos de folhagem durante a estiagem. Scolforo e Carvalho (2006) consideram que as Florestas Estacionais Deciduais são fitofisionomias cujos indivíduos desprovidos de

folhas, durante a estação seca, representam mais de 70% (Figura 6). Fato condizente com estudos na bacia dos rios Paranã e Goiás, onde Schariot e Sevilha (2005) constataram que o percentual de indivíduos desprovidos de folhagem no período seco superou 90%.

Figura 6 – Floresta Estacional Decidual em setembro de 2014.



Nota explicativa: no auge da estação seca, no mês de setembro, os indivíduos arbóreos da Floresta Estacional Decidual do Parque Estadual da Mata Seca perdem praticamente todas as folhas.

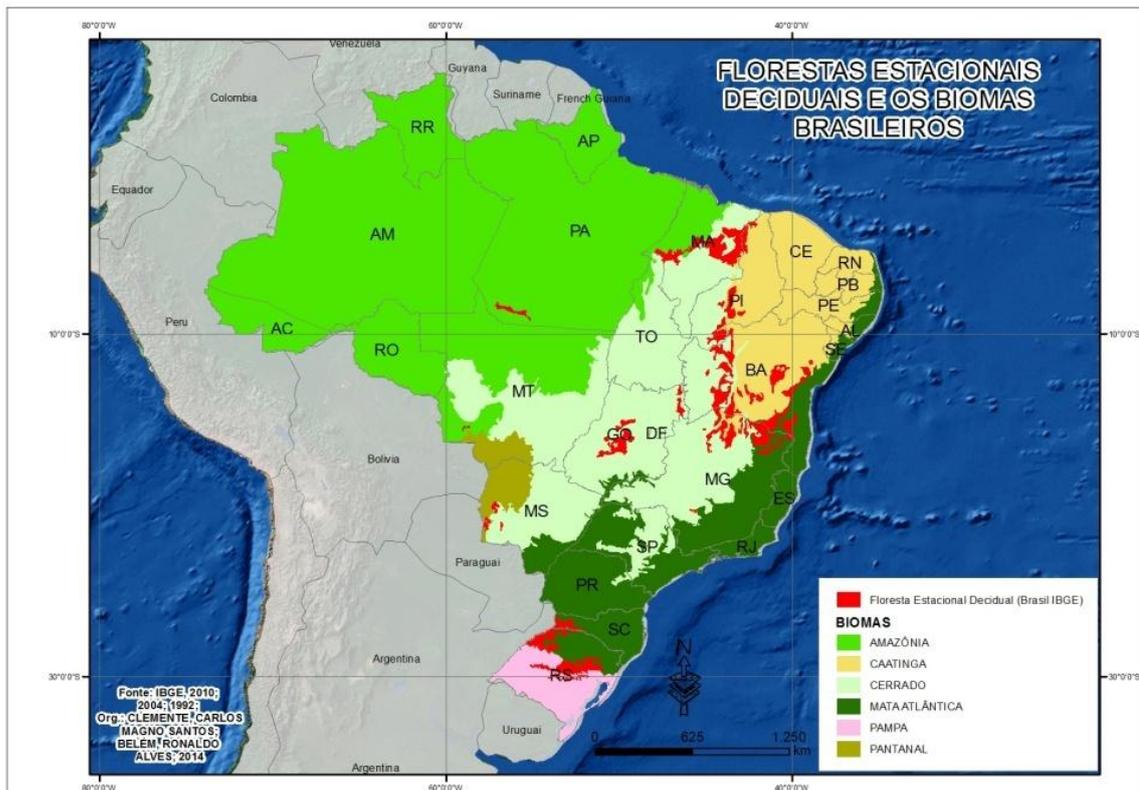
Fonte: Acervo pessoal.

As Florestas Estacionais Deciduais apresentam larga distribuição em todo o território nacional, estando presente em todos os biomas brasileiros: Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pantanal, Pampas Sulinos e Floresta Amazônica (SCARIOT; SEVILHA, 2005; SCOLFORO; CARVALHO, 2006; SHAEFER, 2010) (Figura 7). Portanto, a Floresta Estacional Decidual ou Mata Seca está presente em diversos estados do território nacional, estando associada a diferentes regimes de estacionalidade, em volume de precipitação e temperatura, topografia e características físicas e químicas dos solos (SCARIOT; SEVILHA, 2005).

Esses autores ressaltam que a existência de tipos diferenciados de Florestas Estacionais está condicionada às variações climáticas, edáficas e topográficas. Brandão (2000) reconhece a existência de dois tipos básicos de Florestas Decíduas: a Mata Seca dos Neossolos Litólicos, com substrato calcário ou ardósia, e a Mata Seca de alto porte, associada a Latossolos Vermelhos eutróficos. A primeira formação apresenta porte mediano, com raríssimas epífitas e poucas

lianas. A outra forma de Floresta Decidual, por outro lado, destaca-se pelo porte bastante desenvolvido, pelos troncos grossos e pelas inúmeras trepadeiras (BRANDÃO, 2000). Embora ocorram variações florísticas nas diferentes tipologias, algumas espécies ocorrem na maioria das formações da Mata Seca, tais como: *Anadenanthera columbrina* (angico), *Cedrela fissilis* (cedro), *Myracrodon urundeuva* (aroeira), *Apuleia molaris* (garapa), *Cavanillesia arbórea* (embaré), *Ceiba ventricosa* (barriguda de espinho), *Aspidosperma populifolium* (pereiro), *Bauhinia forticata* (mororó), *Bursera leptophoeus* (imburana), *Enterolobium contortisiliquum* (tamboril) *Sterculia striata* (chichá) (BRANDÃO; GAVILANES, 1994).

Figura 7 – Distribuição das Matas Secas no território brasileiro



Fonte: CLEMENTE; BELÉM, 2014. Adaptado de IBGE, 1992; 2004; 2010.

Para Ratter *et al.* (1978), a Floresta Estacional Decidual possui grande afinidade florística com algumas fitofisionomias da Caatinga do Nordeste brasileiro, podendo ser considerada como um tipo de Caatinga Arbórea. No Norte de Minas Gerais, a Floresta Estacional Decidual e a Caatinga Arbórea são duas fitofisionomias que se distinguem no tocante à fisionomia e à florística. A Floresta Decídua

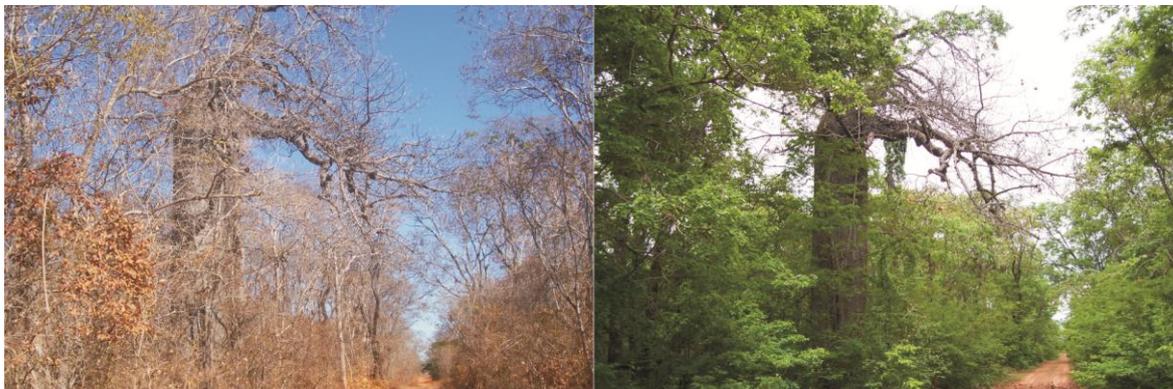
apresenta grande porte, com árvores de altura superior a 15 metros e um dossel mais fechado, enquanto que a Caatinga Arbórea não passa de 10 metros, podendo ser densa ou aberta. Floristicamente, ambas possuem espécies comuns, mas a Caatinga Arbórea raramente apresenta indivíduos da espécie *Cavanillesia arborea*, popularmente conhecida como barriguda lisa (BRANDÃO, 2000).

Sabe-se que a diferenciação dessas duas fitofisionomias não é uma tarefa fácil, pois exige certa experiência de campo, uma base mínima de conhecimento da flora e acuidade visual. Essa questão se torna mais difícil no Norte de Minas, porque esta região se encontra numa zona de transição entre os biomas Caatinga e Cerrado, sendo que a fitofisionomia Floresta Decídua está presente nos dois domínios. Dentro dessa discussão sobre a nomenclatura, Scolforo e Carvalho (2006) defendem a ideia de que, no extremo Norte de Minas Gerais (bioma Caatinga), a Floresta Estacional Decidual e a Caatinga Arbórea têm a mesma identidade. Assim, nessa área, as Florestas Decíduas podem ser consideradas como Caatingas Arbóreas.

Por outro lado, o mesmo não pode ser dito para as Florestas Decíduas que estão inseridas nos biomas Cerrado e Mata Atlântica, pois, nesses domínios, são denominadas apenas como Matas Secas ou Florestas Estacionais Deciduais que ocorrem como encaves (SCOLFORO; CARVALHO, 2006). Por fim, Espírito-Santo *et al.* (2008), defende a ideia de que as Matas Secas de solos não cársticos também podem ser consideradas como Caatingas Arbóreas. Essa perspectiva, bastante pertinente, por sinal, inviabiliza totalmente a possibilidade de se considerar as Matas Secas cársticas de Montes Claros, Jequitaiá, Januária, Cordisburgo e Sete Lagoas como Caatingas Arbóreas. Para Prado (2005), as Florestas Estacionais Deciduais do extremo Norte de Minas Gerais equivalem às Florestas de Caatinga Alta, originalmente denominadas de “matas brancas” (Caatinga) pelos antigos índios Tupi-guarani do Nordeste do Brasil.

A Floresta de Caatinga alta ocorre no Piauí, na Bahia e no Norte de Minas Gerais, podendo chegar a até 20 m, sendo que grande parte dos indivíduos arbóreos ficam esbranquiçados na estação seca (Figura 8). No Norte de Minas, essa fitofisionomia está presente em manchas distribuídas ao longo do rio São Francisco, e são geralmente sustentadas por solos eutróficos desenvolvidos em calcários do Grupo Bambuí ou rochas cristalinas do Pré-Cambriano (PRADO, 2005).

Figura 8 – Aspecto da Floresta Estacional Decidual ou Floresta de Caatinga Alta no Parque Estadual da Mata Seca, extremo Norte de Minas Gerais

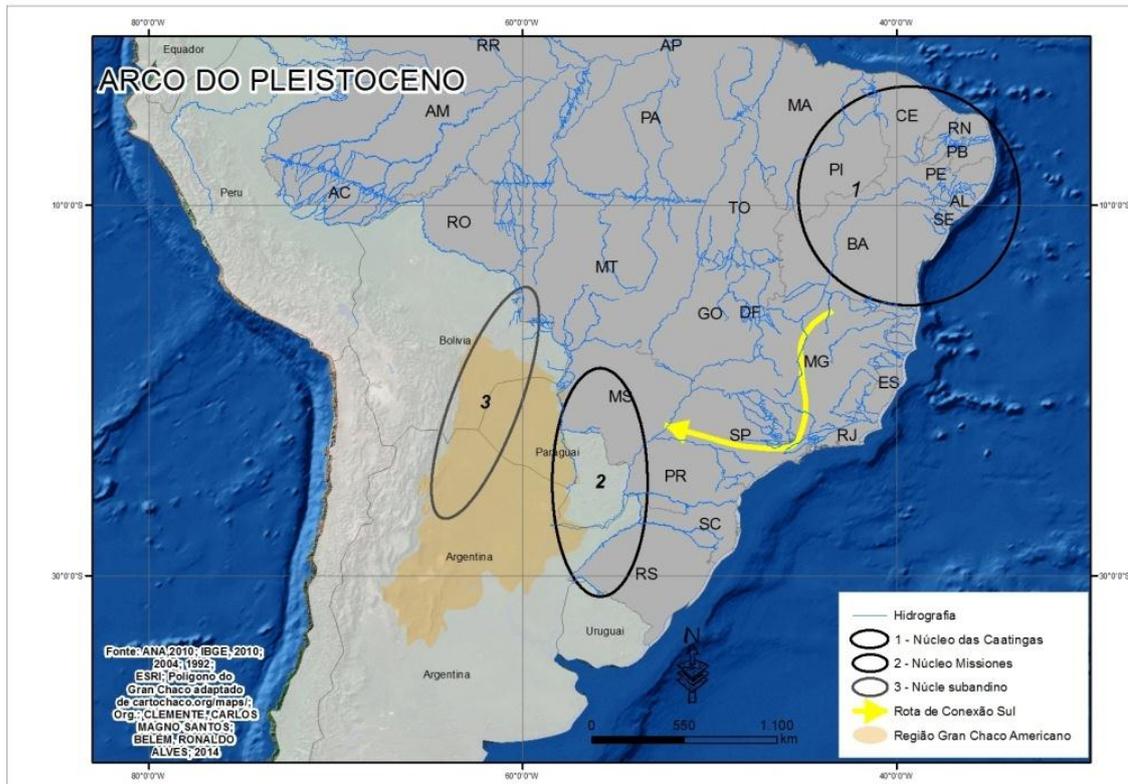


Nota explicativa: em destaque, um indivíduo bem desenvolvido da espécie *Cavanillesia arbórea* (barriguda lisa ou embaré). Percebe-se a drástica mudança da fitofisionomia em função da decidualidade das plantas adaptadas à estacionalidade do clima.

Fonte: Acervo pessoal.

O fator determinante para a ocorrência de Florestas Estacionais Deciduais, possivelmente, está ligado às condições edáficas locais (GOODLAND; FERRI, 1979). Entretanto, deve-se ressaltar que a gênese e a atual distribuição dessas fitofisionomias provavelmente estão associadas às mudanças climáticas que afetaram toda a América do Sul no final do Pleistoceno (SHAEFER *et al.*, 2010). De acordo com Prado e Gibbs (1993) e Prado (2005), as Matas Secas ocorrem na América do Sul ao longo do Arco do Pleistoceno, cuja origem pode estar associada às alterações climáticas neste período da Era Cenozoica. O Arco do Pleistoceno constitui-se de três núcleos de distribuição: núcleo das Caatingas do Nordeste do Brasil, núcleo de Misiones, localizado na confluência dos rios Paraná e Paraguai, no Leste do Paraguai e no Sudoeste do Mato Grosso do Sul, e o núcleo sub-andino, localizado no Sudoeste da Bolívia e Nordeste da Argentina (Figura 9).

Figura 9 – Arco do Pleistoceno



Fonte: CLEMENTE; BELÉM, 2014. Adaptado de PRADO, 2005.

Para Prado e Gibbs (1993), as Florestas Estacionais Deciduais formavam uma vegetação contínua em que esses três núcleos estavam interligados durante o Pleistoceno. Para Puig (2008), durante parte do Pleistoceno, as Florestas Úmidas dos trópicos cobriam o Norte do Brasil e se estendiam até o Nordeste e parte do Sudeste. Com o pico da última glaciação (entre 18.000 e 10.000 anos), o nível do mar abaixou muito, fazendo com que as áreas continentais aumentassem. Isso favoreceu a redução da evaporação e a criação de um clima mais seco, o que proporcionou o recuo das Florestas Úmidas e o avanço de Florestas Sazonais. Em outras palavras, quando a extensão das geleiras da glaciação atingiu seu limite máximo, grande parte do vapor d'água da atmosfera se concentrou, nos polos, na forma de neve, fazendo com que os trópicos ficassem mais secos (SALGADO-LABOURIAU, 2001; PUIG, 2008). Assim, as Florestas Úmidas recuaram, enquanto que as Florestas Secas avançaram em direção às atuais regiões do Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil (PRADO; GIBBS, 1993; HAIDAR, 2008).

Prado e Gibbs (1993), ainda ressaltam que os atuais remanescentes de Matas Secas espalhados pelas diversas regiões do Brasil são resíduos ou refúgios da antiga Floresta Estacional Decidual que cobriu grande parte do território brasileiro durante o Pleistoceno. Assim, as Matas Secas, existentes entre 18.000 e 12.000 anos atrás, estavam condicionadas ao clima, enquanto que as atuais estão limitadas por fatores edáficos, e não mais climáticos (PRADO; GIBBS, 1993)

2.2.1 Sucessão ecológica em Florestas Estacionais Deciduais

A sucessão ecológica é de fundamental importância para a compreensão das características florísticas, fisionômicas e estruturais das florestas. O seu estudo pode contribuir em muito para a realização de previsões sobre o comportamento e o desenvolvimento futuro da vegetação (GAMA *et al.*, 2002). De acordo com Vieira (2006), o conhecimento dos mecanismos de sucessão ecológica de cada ecossistema em particular permite a definição de estratégias de restauração ou de condução da regeneração natural de áreas alteradas. Embora cada ecossistema possua uma sucessão ecológica com aspectos específicos, esse processo apresenta uma lógica evolutiva única, em que os estágios de regeneração pioneiros ganham complexidade em direção aos estágios mais maduros (VIEIRA, 2006).

Miller Jr. (2008) define a sucessão ecológica como a mudança gradual na composição das espécies de uma determinada área. Para Pinto-Coelho (2000), a sucessão ecológica constitui-se numa sequência de transformações estruturais e funcionais nas comunidades a partir de padrões mais ou menos definidos. Pinto-Coelho (2000) ainda resalta que, em um processo de sucessão ecológica, as mudanças que ocorrem nas comunidades se materializam através de uma constante troca de espécies que estão continuamente saindo e entrando no sistema.

Conforme Dajoz (2006), a sucessão ecológica define-se como um fenômeno em que a fauna e a flora de um meio mudam à medida que esse meio é colonizado por diversos seres vivos ao longo tempo. Existem as sucessões primárias, que ocorrem em um solo nu jamais colonizado, e as sucessões secundárias, que ocorrem em áreas que já foram povoadas, mas que foram eliminadas por transformações climáticas, geológicas ou antrópicas (DAJOZ, 2006; MILLER JR, 2008).

Para Odum e Barret (2011), a sucessão ecológica é o reflexo das transformações provocadas no ambiente físico pelas comunidades e pelas interações de competição entre as populações, o que faz com que a sucessão seja controlada pelas comunidades, embora o meio físico determine o padrão de mudança do ecossistema. Ressalte-se que a sequência inteira de comunidades relativamente transitórias ao longo de uma sucessão ecológica constitui-se a sere, enquanto que as fases com características fisionômicas e funcionais específicas constituem os estágios serais ou estágios de desenvolvimento (ODUM, 1983).

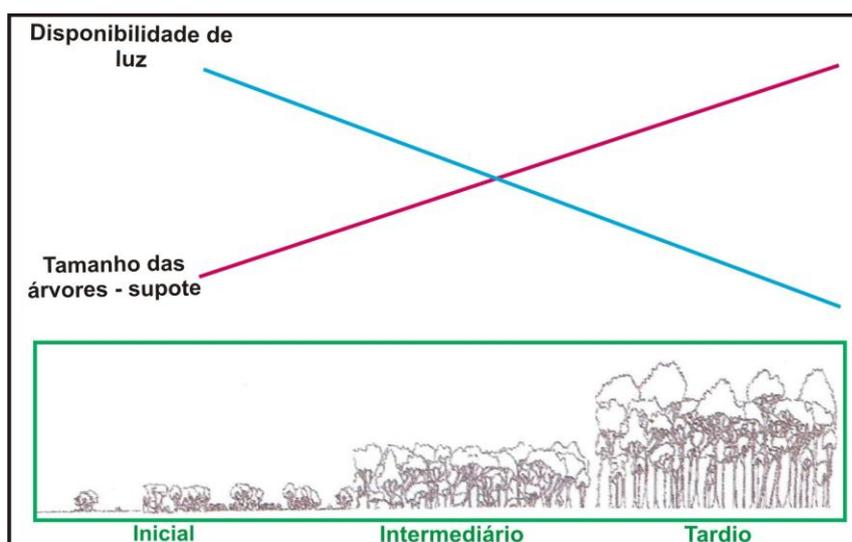
De acordo com Madeira *et al.* (2008), a sucessão ecológica após o fogo ou o abandono da terra pelo homem pode acontecer de diversas maneiras, dependendo do tipo de ecossistema florestal. No entanto, sabe-se que existem poucos estudos sobre sucessão ecológica em Matas Secas, uma vez que são encontradas quatro a cinco vezes mais pesquisas sobre regeneração de Florestas Úmidas do que de Florestas Tropicais Secas (MELI, 2003, *apud* VIEIRA, 2006).

A colonização efetuada a partir de sementes dispersas pelo vento é um mecanismo comum nas regenerações naturais de Florestas Estacionais Deciduais, mas a capacidade de rebrota das espécies após o fogo e a destoca são também mecanismos bastante importantes para a compreensão da sucessão ecológica nas Florestas Secas (VIEIRA, 2006). Madeira *et al.* (2008) ressaltam que, em Florestas Estacionais Deciduais, as espécies são predominantemente dispersas pelo vento, ao passo que, nas Florestas Úmidas, a dispersão se dá principalmente pelos animais. Portanto, não existe um consenso no tocante ao padrão de comportamento das espécies durante uma sucessão ecológica em Florestas Estacionais Deciduais (FEDs). Conforme Madeira *et al.* (2008), áreas de FEDs submetidas a diferentes tipos de usos podem apresentar padrões de regeneração bastante contrastantes.

Outro aspecto importante que diz respeito aos estudos sobre a regeneração natural de Florestas Secas corresponde à necessidade de se definir e de se caracterizar os estágios sucessionais presentes nas áreas pesquisadas, uma vez que o padrão de regeneração das Florestas Tropicais úmidas e temperadas não se aplica às Florestas Estacionais Deciduais. Conforme a Figura 10, Madeira *et al.* (2008), em seus estudos sobre regeneração natural em Florestas Estacionais Deciduais no Parque Estadual da Mata Seca, Norte de Minas, consideraram três estágios gerais que se basearam na fisionomia e na estrutura arbórea: o inicial, com fragmentos abandonados em 2000 após uso de pastagens; o intermediário, com

histórico de abandono há cerca de 17-25 anos após o uso da pecuária; e o estágio tardio, sem histórico de desmatamento nos últimos 50 anos. O estágio inicial caracteriza-se pela presença de árvores de pequeno porte que compõem um dossel aberto de quatro metros de altura. O intermediário é marcado pela presença de pelo menos dois estratos verticais, sendo que o primeiro é de aproximadamente 10-12 m, e o segundo é formado por um sub-bosque com árvores entre 3 e 6 m e muitas lianas. O estágio tardio também é formado por dois estratos verticais: o primeiro é bastante fechado e constitui-se de árvores de 18-20 m de altura, enquanto que o segundo estrato é formado por um sub-bosque esparsos, com baixa densidade de árvores jovens e lianas (MADEIRA *et al.*, 2008).

Figura 10 – Estágios sucessionais na Floresta Decídua do Parque Estadual da Mata Seca



Fonte: MADEIRA *et al.*, 2008.

Garcia-Millan *et al.* (2014) realizaram estudos sobre a resposta espectral de sensores remotos em Florestas Estacionais Deciduais no México, na Guatemala e no Brasil (Parque Estadual da Mata Seca). Nessas pesquisas, os autores definiram três estágios sucessionais para as Matas Secas: o inicial, o intermediário e o tardio. O inicial tem como característica marcante a presença de um único estrato com árvores de até 10 m e clareiras com arbustos que evidenciam a prática da pecuária antes do abandono das terras. No estágio intermediário, a floresta apresenta dois estratos bem definidos (um, com árvores de 5 m; o outro, com

árvores de 10-15 m) e ausência de clareiras. O tardio apresenta dois estratos, sendo que o mais alto possui um dossel superior com árvores que alcançam 15 m e algumas emergentes (GARCIA-MILLAN *et al.*, 2014).

A partir de análises florísticas e estruturais em todos os estágios sucessionais, Madeira *et al.* (2008) sugerem que a sucessão ecológica nas Matas Secas do Parque ocorre com substituição gradual de espécies de árvores em todas as áreas estudadas, o que não corrobora outros estudos que consideram a rebrota como o processo mais importante na regeneração natural de Florestas Estacionais. Assim, constatou-se que ocorreu colonização de sementes, possivelmente trazidas pelo vento, sendo a sucessão ecológica na área caracterizada por mudanças marcantes em termos de fisionomia, estrutura e complexidade entre os diferentes estágios sucessionais, principalmente entre o estágio inicial e o intermediário (MADEIRA *et al.*, 2008).

2.3 A Fitogeografia e os parâmetros fitossociológicos e fitofisionômicos

A Fitogeografia é uma subárea da Biogeografia que estuda a distribuição espacial e a caracterização fisionômica e estrutural das formações vegetais na superfície terrestre. Os estudos fitogeográficos são de fundamental importância para a compreensão das diferenças existentes entre os diversos ecossistemas que compõem a biota terrestre (TROPPEMAIR, 2006). O componente vegetacional desta biota e sua variabilidade fisionômica são geralmente explicados por fatores edáficos, climáticos, geológicos e geomorfológicos dentro de uma perspectiva que considera o planeta como um grande sistema formado por diversos componentes interligados (WICANDER; MONROE, 2009).

De acordo com Fernandes (1998), a Fitogeografia ou Geobotânica visa ao estudo da integração dos componentes florísticos com o ambiente dentro de uma perspectiva holística que considera a dependência entre as formações vegetais e os elementos abióticos. Além do mais, esse ramo do conhecimento também estuda a distribuição geográfica e a história evolutiva dos vegetais. Para Bezerra e Fernandes (1989), a Fitogeografia estuda as causas da distribuição dos vegetais na superfície terrestre, além de fornecer meios para a compreensão das correlações entre espécies atuais e pretéritas.

De acordo com Troppmair (2006), a compreensão da dinâmica do componente vegetal baseia-se no estudo das suas características estruturais que determinam unidades fitogeográficas individualizadas. Esse autor ainda destaca que os estudos fitogeográficos permitem uma melhor compreensão das formações vegetais, uma vez que permitem uma caracterização segura das interações que ocorrem nessas comunidades. Por outro lado, Ribeiro e Hofig (2010) ressaltam que esse tipo de discussão é carente no âmbito da Geografia, haja vista a pouca produção bibliográfica a respeito do tema.

Nessa perspectiva, deve-se considerar as formações vegetais como parte de uma biocenose que é constituída de diversas populações, tanto da flora quanto da fauna, que se integram formando um ambiente com interações harmônicas e desarmônicas (TROPPMAIR, 2006).

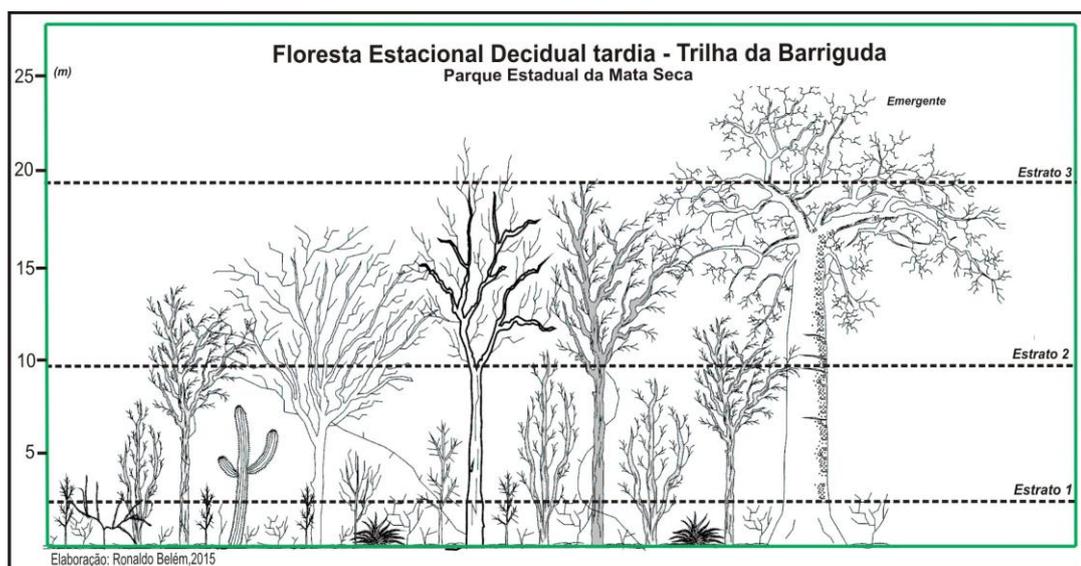
De acordo com Mueller-Dombois e Elleberg (1974), a estrutura da vegetação é muito complexa e importantíssima para os estudos vegetacionais. Assim, a estrutura pode estar associada a cinco contextos distintos e, ao mesmo tempo, integrados: estrutura fisionômica, estrutura de biomassa, estrutura das formas de vida, estrutura florística e estrutura da comunidade.

A estrutura fisionômica está associada à aparência da vegetação. A estrutura de biomassa, por outro lado, possui um conceito considerado como o mais preciso e importante para a estrutura da vegetação, referindo-se especificamente ao espaçamento e à altura das plantas. A estrutura de formas de vida diz respeito ao crescimento das plantas, enquanto que a estrutura florística se preocupa com a composição das espécies de determinada área. Por fim, a estrutura de comunidade estuda a interação entre espécies de um mesmo ambiente (MUELLER-DOMBOIS; ELLEMBERG, 1974). Para Rizzini (1997), a fisionomia é a aparência que a vegetação exhibe, enquanto que a estrutura corresponde à ordenação da vegetação em estratos verticais. A composição florística, por sua vez, indica as espécies da flora distribuídas pelos gêneros e pelas famílias.

De acordo com Braun Blanquet (1979), o estudo da estrutura da vegetação se prende ao agrupamento sociológico das espécies dentro de uma comunidade, sendo os inventários fitossociológicos importantes por permitirem inferências sobre o desenvolvimento, as relações de competição e outras propriedades inerentes às espécies presentes na comunidade.

Para Dajoz (2006), os organismos vivos de uma biocenose ocupam lugares geralmente bem definidos. Isso confere às biocenoses uma estrutura vertical (estratificação) (Figura 11) e uma estrutura horizontal (heterogeneidade espacial da biocenose). No âmbito da estrutura vertical, Sanquetta (1995) considera dois parâmetros fitofisionômicos: o porte e a estratificação. O porte corresponde à altura dos indivíduos, já a estratificação diz respeito aos patamares de altura ou andares presentes na vegetação. Esses parâmetros são considerados como os mais importantes para a compreensão da fisionomia das formações vegetais. Em relação aos estudos da estrutura vertical, deve-se destacar a importância da aferição da Circunferência à Altura do Peito (CAP) e do Diâmetro à Altura do Peito (DAP) como atributos complementares às análises de porte e de estratificação. Nesse sentido, Felfili (1993, *apud* DUARTE, 2007) ressalta a importância da avaliação diamétrica para os estudos de comunidades vegetais, uma vez que esse atributo reflete o histórico da vegetação, bem como a ocorrência de distúrbios como o corte, o fogo e o ataque de doenças no passado. Esse dado também permite conclusões sobre a sucessão ecológica da comunidade, pois a presença de indivíduos com significativos diâmetros em estágio inicial pode caracterizar a existência de antigas clareiras em processo final de cicatrização na área (FELFILI, 1993, *apud* DUARTE, 2007).

Figura 11 – Perfil representando os três estratos verticais da Floresta Estacional Decidual tardia do Parque Estadual da Mata Seca



Nesse contexto, Furlan (2009) ressalta que esses dois aspectos são de fundamental importância para a caracterização fisionômica das coberturas vegetais e apresenta uma classificação dos estratos, os quais seguem os seguintes critérios:

- i) Estrato herbáceo: é vegetação rasteira que se encontra no nível mais próximo do chão e logo acima da serrapilheira. É formado por gramíneas e outras plantas não lenhosas que não ultrapassam 50 cm de altura.
- ii) Estrato arbustivo: patamar que se situa entre um a dois metros de altura, onde estão os arbustos e os indivíduos arbóreos de pequeno porte.
- iii) Estrato arbóreo: constituído de árvores que alcançam alturas bastante distintas, podendo apresentar indivíduos em um patamar intermediário que sobressai ante o estrato arbustivo, mas que não alcança as árvores mais altas.
- iv) Dossel: é o patamar mais alto da vegetação; formado pelas copas das árvores que atingem maiores alturas.
- v) Emergentes: é o patamar representado pelas árvores cujas copas estão acima do dossel.

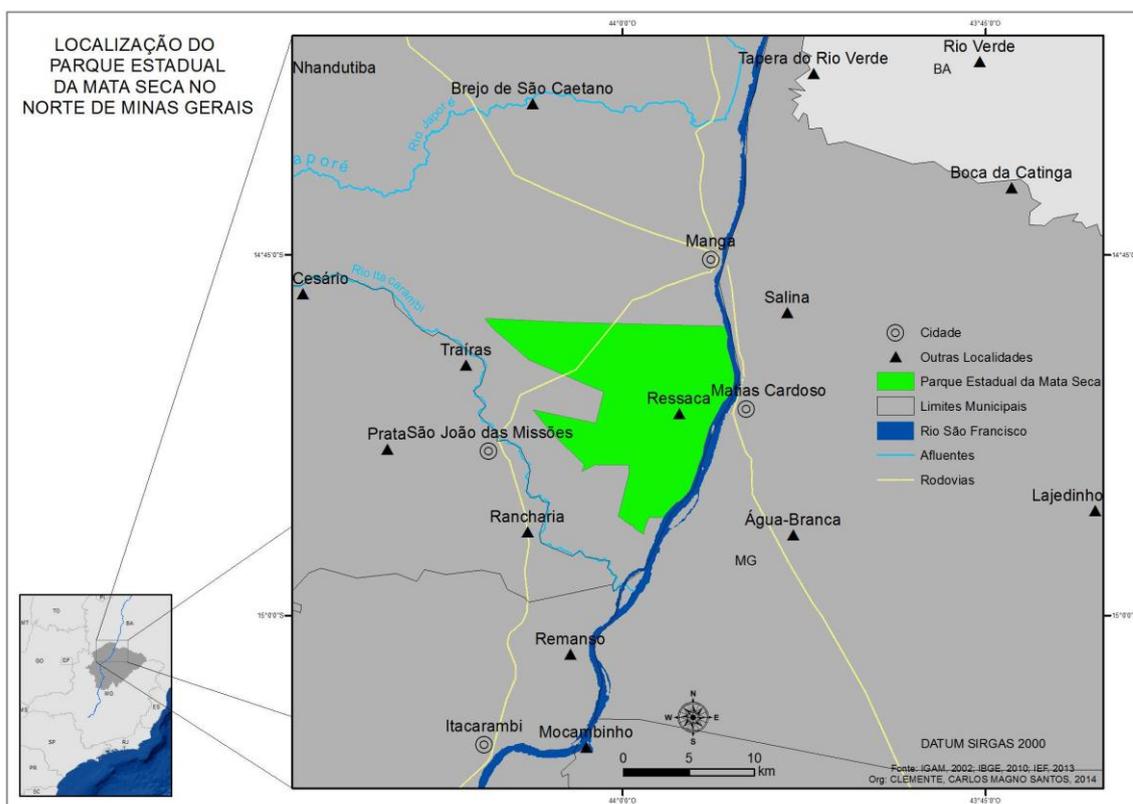
Quanto aos parâmetros estruturais horizontais, destacam-se os atributos florísticos que compõem as diversas espécies de uma área amostral. Melo (2004) afirma que a análise florística e estrutural possibilita comparações dentro e entre formações vegetais no espaço e no tempo, além de gerar dados sobre a riqueza e a diversidade de uma determinada área. Para Mueller-Dombois e ElleMBERG (1974), a caracterização florística refere-se a uma lista de espécies distribuídas por diversos níveis taxonômicos. Essas listas podem vir acompanhadas de chaves de identificação, constituídas de textos com informações morfológicas de cada espécie. Assim, a caracterização florística corresponde ao levantamento do número de indivíduos de cada espécie e ao arranjo dessas espécies pelos grupos de famílias. A caracterização fitossociológica, por outro lado, diz respeito à produção de dados referentes às interações entre as espécies, e entre estas e o meio em que se encontram (MELO, 2004).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e aspectos fisiográficos

O Parque Estadual Mata Seca localiza-se no município de Manga, Norte do estado de Minas Gerais, e encontra-se entre os municípios de São João das Missões e Matias Cardoso, entre as coordenadas $43^{\circ} 97' 02''$ S - $14^{\circ} 64' 09''$ W e $44^{\circ} 00' 05''$ S - $14^{\circ} 53' 08''$ W (Figura 12). Essa unidade de conservação apresenta um quadro ambiental bastante complexo, em função da diversidade de biótopos encontrados dentro dos seus limites. O parque foi criado em dezembro de 2000, com o objetivo de proteger as representativas fitofisionomias e a grande biodiversidade, ameaçadas pelas pressões antrópicas da região. Por meio do Decreto Estadual 45.043, de 13 de fevereiro de 2009, o Parque foi ampliado de 10.281 ha para 15.360 ha e as novas áreas incorporadas se encontram nas porções norte e noroeste da área(Figura 12).

Figura 12 – Localização do Parque Estadual Mata Seca



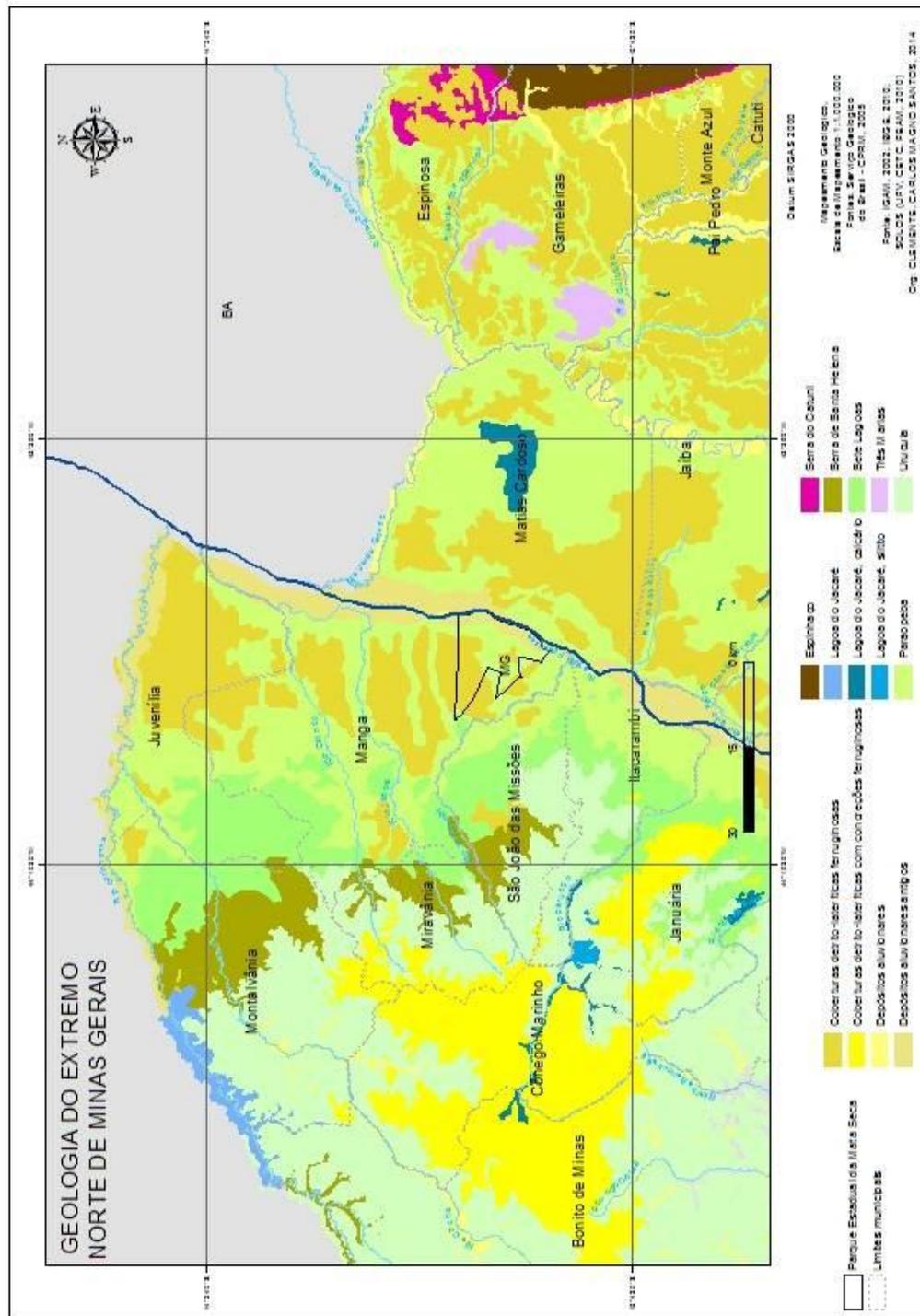
Organização: CLEMENTE, 2014.
Fonte: IGAM, 2002; IBGE, 2010; IEF, 2013.

A geologia da região possui uma variedade de rochas cujas idades variam do Pré-Cambriano até o Holoceno. Destacam-se, por sua maior extensão, aquelas atribuídas ao Proterozoico (Grupo Bambuí) e às formações cretáceas (Urucuia), além dos recobrimentos referidos ao Terciário-Quaternário (JACOMINE, 1979). Conforme a Companhia de Pesquisa de Recursos Naturais (CPRN, 2003), no município de Manga, o Grupo Bambuí se faz representar pela formação Sete Lagoas e pelo Subgrupo Rio Paraopeba Indiviso. Além dessas rochas, também se destacam as Coberturas Detrito-Lateríticas ferruginosas do início do Quaternário e os Depósitos Aluviais holocênicos (Figura 13).

A Formação Sete Lagoas é constituída por calcários, dolomitos, calcários cinzentos e metapelitos (SILVA, 1989). Para a Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC, 1983), outro importante componente do contexto litológico da área de estudo refere-se às Coberturas Detríticas e Aluvionares do Quaternário. Para a Companhia Mineradora de Minas Gerais (COMIG, 2003), além das coberturas detríticas quaternárias, a região de Manga e do Parque Estadual Mata Seca se insere no Subgrupo Rio Paraopeba indiviso e na Formação Sete Lagoas, sequências estratigráficas do Grupo Bambuí formadas por calcários, dolomitos e siltitos de idades geológicas situadas entre 850 e 650 milhões de anos.

Quanto ao contexto geomorfológico da área, ressalta-se a presença de planícies deposicionais e de superfícies planas cujas cotas altimétricas variam entre 400 e 600 metros. Em meio a essas superfícies rebaixadas, típicas da Depressão do São Francisco, destacam-se os morros calcários resultantes do intemperismo diferencial realizado sobre as rochas, com posterior erosão. Na porção Nordeste do Parque Estadual Mata Seca, o Morro da Lavagem, com 532 metros de altitude, destaca-se como uma das principais formas de relevo residuais da região.

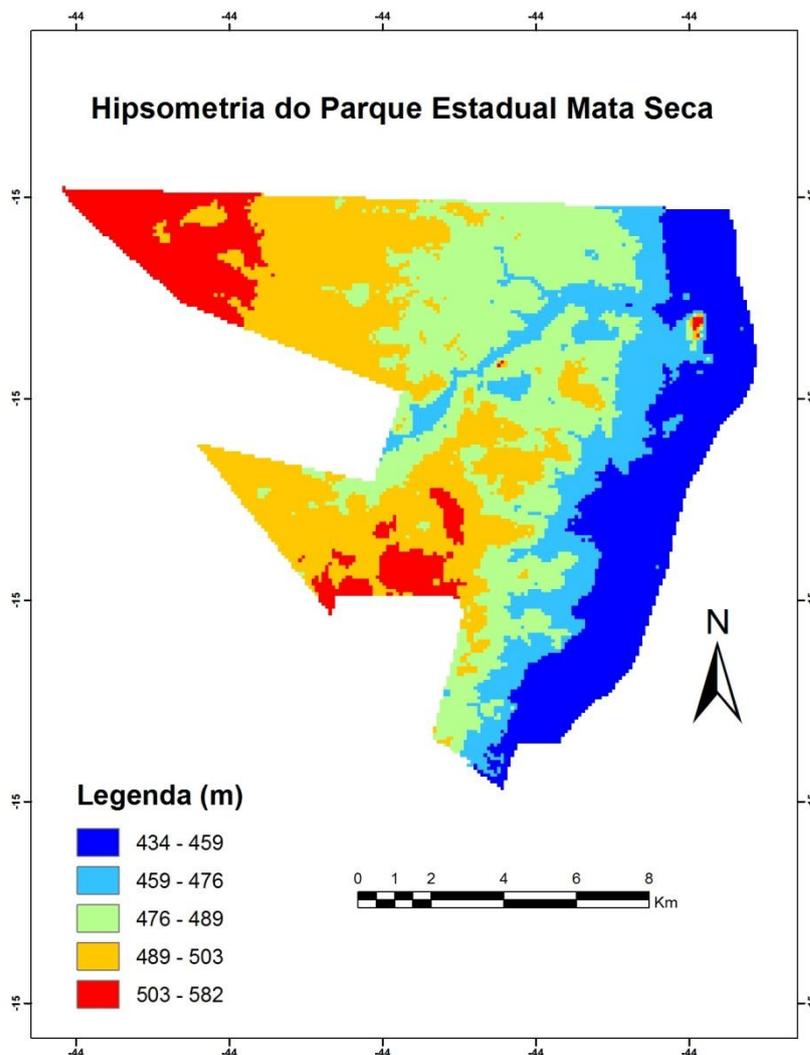
Figura 13 – Contexto geológico do extremo Norte de Minas Gerais.



Organização: CLEMENTE, 2014.
 Fonte: IGAM, 2002; IBGE, 2010.

Para Jacomine (1979), a Depressão do São Francisco constitui-se numa unidade isolada no contexto geomorfológico do Norte de Minas. Ao denominá-la Superfície de Aplainamento da Depressão San-franciscana, o autor a caracteriza como uma unidade morfológica com grandes superfícies rebaixadas ao longo do Rio São Francisco e seus afluentes. Geralmente, tais superfícies possuem relevo plano e suave ondulado, com altitudes que variam de 450 a 750 metros. Grande parte do município de Manga se encontra nessa unidade geomorfológica, e a hipsometria do Parque confirma o predomínio das cotas altimétricas e as topografias predominantes no contexto geomorfológico regional (Figura 14).

Figura 14 – Mapa hipsométrico do Parque Estadual da Mata Seca

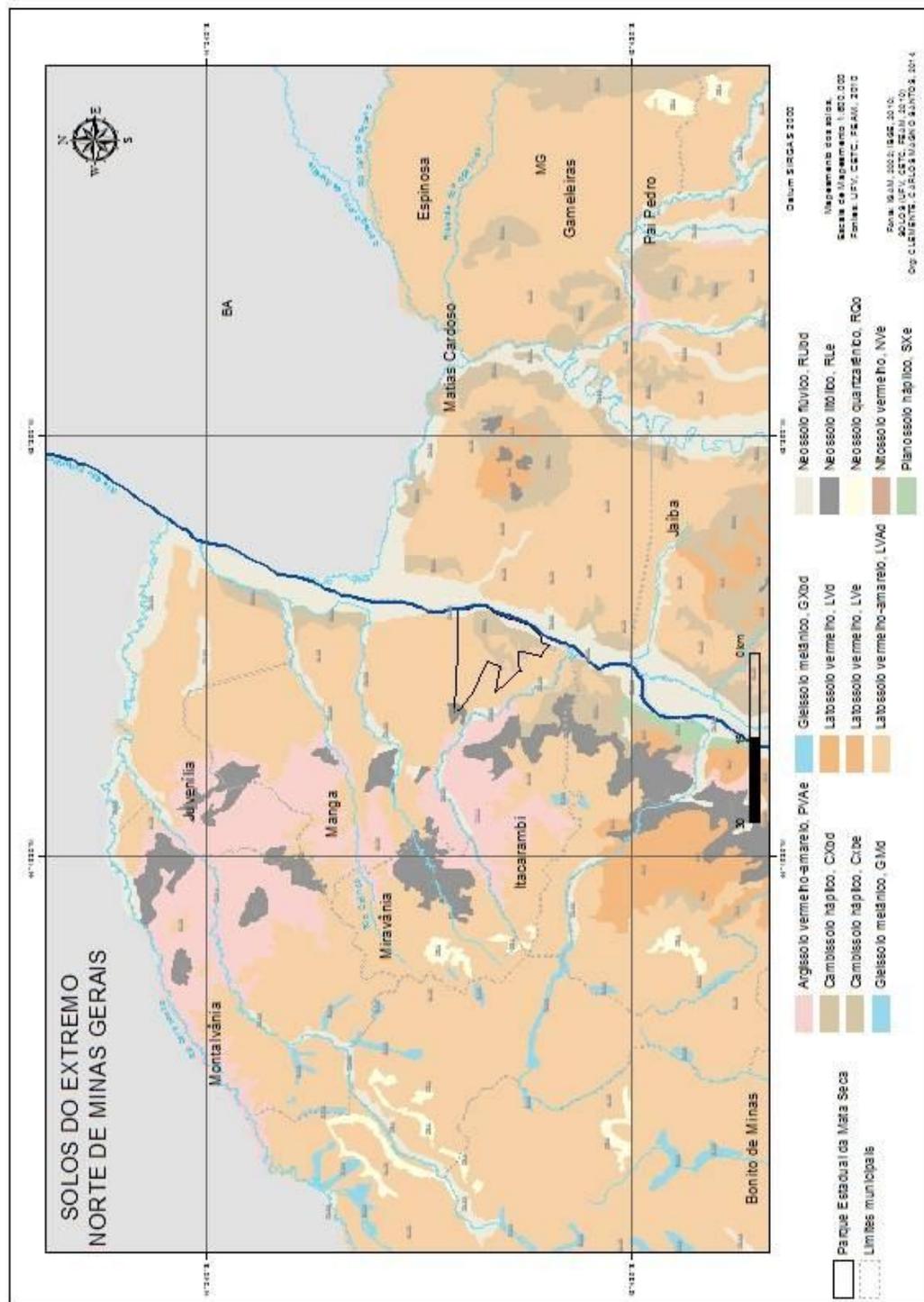


Elaboração: ALMEIDA, 2012.

Fonte: Imagem IKONOS Multiespectral, 2006.

Em relação aos solos, a região apresenta o predomínio de Latossolos originados da decomposição das rochas do Grupo Bambuí e dos depósitos colúvio-eluvionares do Quaternário. De acordo com o mapeamento apresentado pelo IBGE/EMBRAPA (2001), as principais classes de solos da região de Manga são os Latossolos Vermelhos distróficos, os Latossolos Amarelos distróficos, os Neossolos Flúvicos eutróficos, os Cambissolos Háplicos eutróficos e os Neossolos Quartzarênicos eutróficos (Figura 15).

Figura 15 – Principais classes de solos



Organização: CLEMENTE, 2014.
 Fonte: IGAM, 2002; IBGE, 2010.

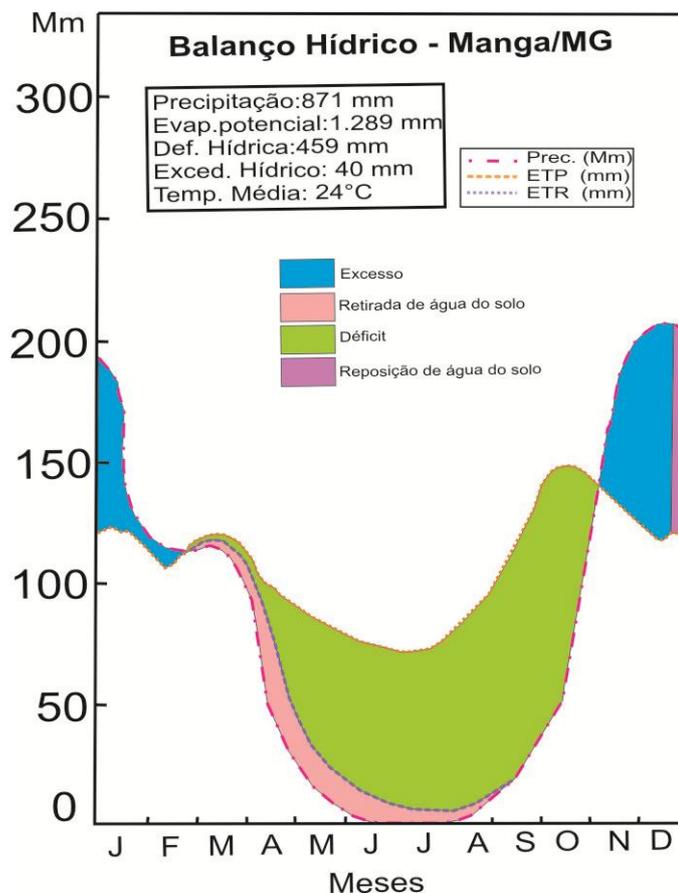
Os Latossolos, de maneira geral, são profundos, acentuadamente drenados, possuem saturação de bases baixa, saturação de alumínio extraível elevada e estão associados a um relevo relativamente plano, com superfícies onduladas recobertas por depósitos de origem coluvial (EPAMIG, 1990). Nesse sentido, é importante ressaltar que a influência das condições geológicas e geomorfológicas sobre a gênese e as características morfológicas dos solos do Norte de Minas é muito visível, haja vista que a expressiva presença de sedimentos coluvionares explica o fato de os Latossolos da área serem bastante arenosos. Quanto à fertilidade, é importante destacar que a região também possui solos férteis associados aos calcários do Grupo Bambuí e aos depósitos aluviais do Quaternário. A região de Manga também apresenta áreas marcadas pela presença de Neossolos Litólicos associados aos afloramentos calcários do Grupo Bambuí. Os Neossolos Litólicos são pouco desenvolvidos e se caracterizam pela presença do horizonte A assentado diretamente sobre um horizonte C pouco espesso (EPAMIG, 1990).

Quanto ao clima, grande parte do Norte de Minas, incluindo Manga, apresenta um clima do tipo Aw, de acordo com a Classificação de Köppen. Esse clima pode ser definido como tropical úmido com uma estação seca, sendo a precipitação do mês mais seco inferior a 60mm, e a temperatura do mês mais frio superior a 18°C (ANTUNES, 1994). De acordo com o Instituto de Desenvolvimento Integrado de Minas Gerais (INDI, 2006), o clima de Manga pode ser considerado como quente, uma vez que a sua temperatura média anual está em torno de 24°C, sendo que a temperatura média máxima anual é 32°C, enquanto a média mínima anual está em torno de 18,5°C. No tocante às precipitações, a pluviosidade média anual de Manga é de 916 mm. No entanto, deve-se ressaltar que essas chuvas são irregulares e concentradas nos meses de verão, o que faz com o município esteja incluído no Polígono das Secas.

A EPAMIG (1990) calculou o balanço hídrico para Manga pelo método de Thornthwait e Mather (1955), considerando como 100 mm a capacidade de retenção de água no solo (Figura 16). Conforme esse balanço hídrico, a evapotranspiração potencial anual de Manga está em torno de 1289 mm, e o déficit hídrico, em 459 mm, aproximadamente. Essa deficiência prevalece praticamente no ano todo, com maior intensidade no período de maior estiagem, que vai de junho a outubro. O período mais crítico para a vegetação ocorre entre os meses de julho a setembro, pois, nessa época do ano, a evapotranspiração real está ascendente e maior do que

a precipitação, que ainda não produz excedente hídrico (EPAMIG, 1990; ANTUNES, 1994). A deficiência hídrica nos meses de inverno se reflete claramente na vegetação predominante, que se caracteriza por apresentar um ritmo estacional marcado pela queda de folhas durante o período seco.

Figura 16 – Balanço hídrico de Manga segundo o método de Thornthwaite e Mather (1955)

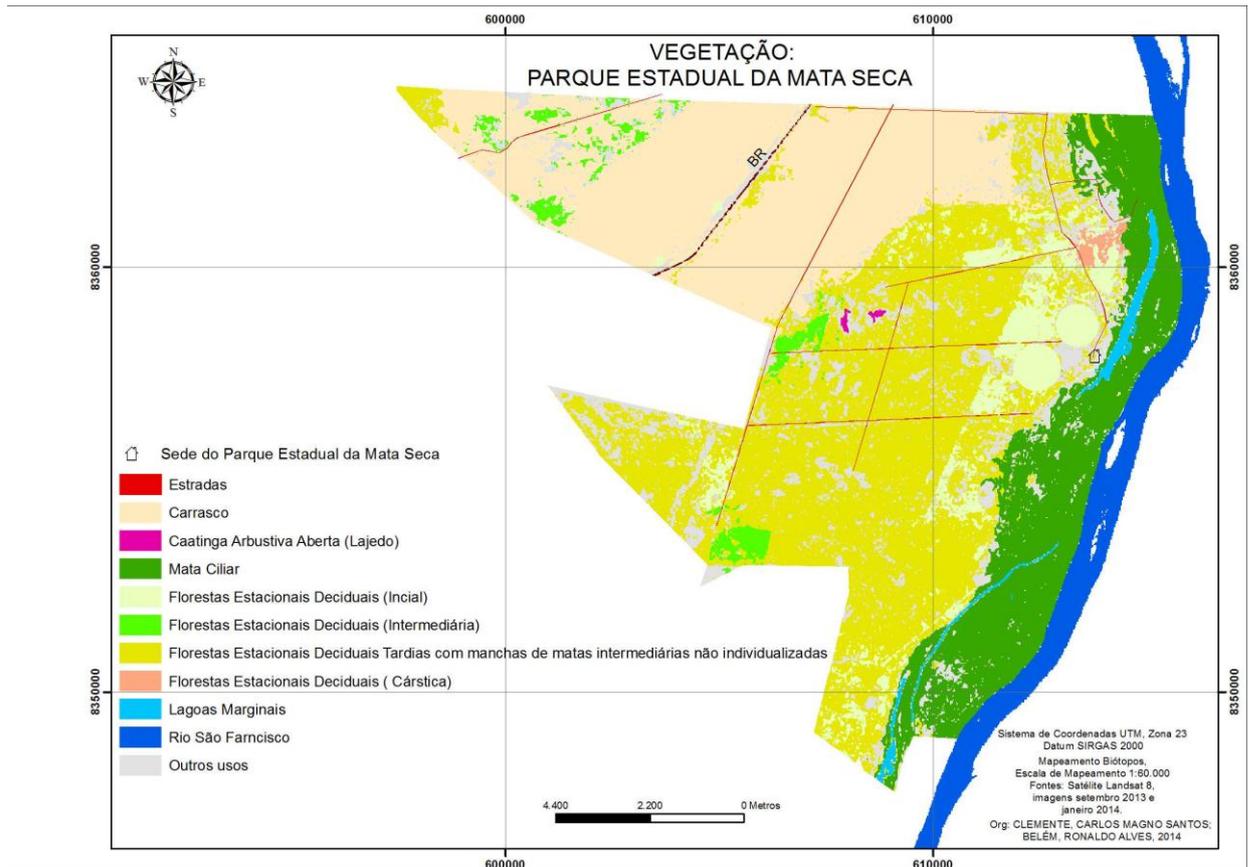


Elaboração: BELÉM, 2015.
 Fonte: EPAMIG, 1990.

O extremo Norte do estado de Minas Gerais, abrangendo o município de Manga e adjacências, encontra-se na área de transição entre os biomas Caatinga e Cerrado. Apresenta um mosaico vegetacional bastante complexo, devido à diversidade de formações vegetais ou fitofisionomias encontradas nessas áreas ecotonais (SCOLFORO; CARVALHO, 2006). Conforme a Figura 17, dentre as fitofisionomias encontradas no Parque Estadual da Mata Seca, destacam-se a Floresta Estacional Decidual, em diferentes níveis de sucessão ecológica (Inicial,

Intermediária e Tardia), a Floresta Tropical Pluvial Perenifólia ou Mata Ciliar, a Caatinga Arbustiva Aberta, a Floresta Estacional Decidual de Afloramentos Calcários e os Carrascos (EPAMIG, 1990; BRANDÃO; GAVILANES, 1994; BRANDÃO; NAIME, 1998; BRANDÃO *et al.*, 1998; BRANDÃO, 2000; SCHAEFER *et al.*, 2010).

Figura 17 – Fitofisionomias do Parque Estadual da Mata Seca



Fonte: CLEMENTE; BELÉM, 2014.

A Floresta Estacional Decidual em avançado estágio de sucessão ecológica (Tardia) é encontrada nas áreas onde os solos eutróficos de origem calcária favoreceram o desenvolvimento de uma Floresta Estacional de grande porte, com troncos grossos e uma expressiva presença de lianas. Trata-se de uma formação de grande importância biológica, pois possui uma variedade florística marcada por espécies raras e ameaçadas de extinção (DRUMOND *et al.*, 2005). Em seu estrato arbóreo, ocorre uma significativa presença de exemplares de

Myracrodruon urundeuva (aroeira) e de *Cavanillesia arborea* (embaré), que se destacam na paisagem.

Através de observações de campo, constatou-se que a *Cavanillesia arborea* é determinante para a caracterização fisionômica dessa vegetação, uma vez que a altura e o diâmetro dos indivíduos dessa espécie no Parque Estadual da Mata Seca assumem proporções muito acima da média do estado (BRANDÃO, 2000). Ressalta-se que essa formação possui um dossel com indivíduos que chegam a alcançar entre 20 e 30 metros. Nessa perspectiva, vale destacar que, na classificação de Prado (2005), baseada nos trabalhos de Andrade-Lima (1981), essa formação é definida como Florestas de Caatinga alta, cuja ocorrência está associada aos solos férteis do extremo Norte de Minas e do Centro-Sul da Bahia (Figura 18).

Figura 18 – Indivíduo bem desenvolvido de *Cavanillesia arborea* na Floresta Estacional Decidual tardia do Parque Estadual da Mata Seca. Área conhecida como Trilha da Barriguda



Fonte: Acervo pessoal.

A Floresta Tropical Pluvial Perenifólia ou Mata Ciliar (Figura 19) restringe-se às margens dos rios e das lagoas marginais, mostrando dimensões muito reduzidas e podendo ser vista em alguns trechos dos rios São Francisco, Verde Grande, Verde Pequeno, Jequitaí, Gorutuba, Pardo e Carinhonha (BRANDÃO, 2000). Esse tipo de vegetação aparece geralmente em Neossolos

Flúvicos eutróficos de textura argilosa, o que leva essas áreas a serem desmatadas para a prática da agricultura de vazante. Entretanto, Matas Ciliares possuem Estatuto de Área de Proteção de Permanente (APPs) e, de acordo com a legislação ambiental (Lei 4.771), não devem ser desmatadas (BRASIL, 1965). No Parque Estadual Mata Seca existem importantes manchas de Florestas Perenifólias encontradas nas margens do Rio São Francisco e no entorno das lagoas marginais.

Figura 19 – Aspecto da Mata Ciliar localizada na borda Lagoa da Prata

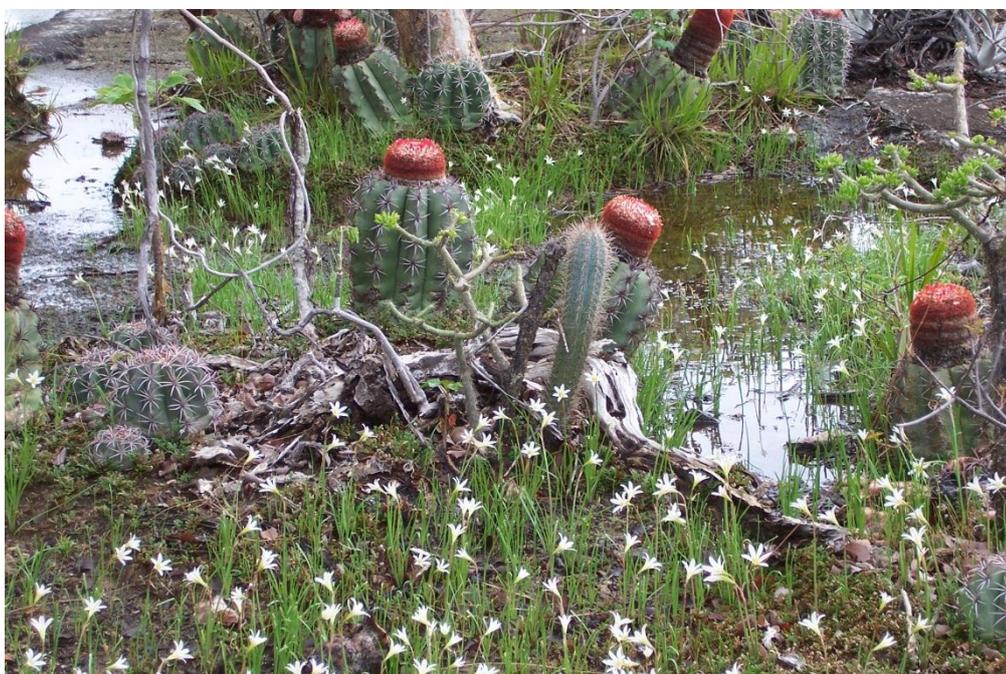


Fonte: Acervo pessoal.

Outra fitofisionomia de destaque na área do Parque é a Caatinga Arbustiva aberta sobre afloramento calcário (PRADO, 2005). Esta fitofisionomia localiza-se geralmente em depressões alagáveis por ocasião das chuvas e recebe localmente o nome de “Furados” (BRANDÃO *et al.*, 1998). Os “Furados” estão sendo considerados como um novo ecossistema, em função das suas características peculiares. Para Brandão *et al.* (1998), os “Furados” são de grande importância para a dinâmica ecológica local e regional, pois se caracterizam como um ecossistema que possui diversos frutos que complementam a dieta dos animais locais, sobretudo da avifauna que ali também constrói os seus ninhos.

O estrato arbóreo dessa fitofisionomia possui agrupamentos arbóreos esparsos e, no período de chuvas, apresenta também um tapete herbáceo denso e entrecortado por grandes afloramentos de calcário e de manchas de cactáceas, como *Cereus jamacaru* (mandacaru), *Melocactus sp.* (coroa-de-frade), *Opuntia sp.* (palma), *Pilosocereus Gounellei* (xique-xique), entre outras (BRANDÃO *et al.*, 1998; BRANDÃO; NAIME, 1998) (Figura 20).

Figura 20 – O tapete herbáceo da Caatinga Arbustiva Aberta no período de chuvas



Nota explicativa: percebe-se o acúmulo de matéria orgânica no horizonte A do Neossolo Litólico da área.

Fonte: Acervo pessoal.

A Caatinga Hiperxerófila apresentada no Inventário da Flora Nativa de Minas Gerais (SCOLFORO; CARVALHO, 2006) é definida como uma vegetação aberta, com arbustos e árvores esparsas, frequentemente associada a afloramentos rochosos e que geralmente ocorre na forma de encaves. Essas características e a composição florística da Caatinga Hiperxerófila fazem com que essa formação vegetal se assemelhe bastante à definição da Caatinga Arbórea Aberta, apresentada por Brandão *et al.*, (1998) e por Brandão (2000). Essa caracterização também se assemelha à Caatinga Arbustiva Aberta, caracterizada por Prado (2005), quando

este autor mostra uma classificação das fitofisionomas do bioma Caatinga a partir dos trabalhos de Andrade-Lima (1981).

Em relação à Floresta Estacional de Afloramentos Calcários, sabe-se que essa fitofisionomia apresenta uma distribuição restrita aos afloramentos siltito/calcários e que, em Minas Gerais, se estendem por uma longa faixa que vai da região cárstica de Sete Lagoas/Lagoa Santa até o extremo Norte do Estado (IBGE, 2003). Estudos realizados em áreas cársticas de Lagoa Santa, por Brina (1998), caracterizaram a Floresta Estacional de Afloramentos como uma floresta que se desenvolve sobre topografia acidentada e em solos de espessura irregular, com muitos afloramentos calcários. As árvores alcançam entre 4 e 10 metros, podendo atingir até 20 metros, e a maior frequência de classes de diâmetro está entre 5 e 10 cm (BRINA, 1998). No Parque Estadual Mata Seca (Figura 21), esse tipo de Floresta Estacional ocorre nos afloramentos calcários do Morro da Lavagem, localizado a Nordeste da área de estudo. A região também possui áreas de Florestas Decíduas Alteradas em diferentes estágios sucessionais.

Figura 21 – Floresta Estacional Decidual cárstica em grande afloramento de calcário no Morro da Lavagem. Parque Estadual da Mata Seca



Fonte: Acervo pessoal.

Quanto aos Carrascos, ressalta-se que representam uma fitofisionomia pouco estudada e que, por isso, não existe consenso no que diz respeito à sua definição fitogeográfica. Conforme Shaefer *et al.* (2010), o Carrasco é uma vegetação tipicamente transicional que se caracteriza pela associação de pequenas árvores e de arbustos xerófilos muito ramificados, sustentados por um solo arenoso e pobre em nutrientes. No Parque Estadual da Mata Seca (Figura 22), essa vegetação se encontra principalmente nas áreas recém incorporadas à unidade de conservação, sendo que a maioria já está alterada.

Figura 22 – Vegetação de Carrasco bastante preservada, em uma área incorporada recentemente à porção Norte do Parque Estadual da Mata Seca



Fonte: Acervo pessoal.

3.2 O processo de ocupação territorial do Norte de Minas Gerais e o surgimento do município de Manga

O Brasil começou a ser efetivamente colonizado a partir de 1530, com a intensificação da exploração do Pau-Brasil e com o plantio dos primeiros canaviais na faixa litorânea. Assim, o processo de ocupação do território brasileiro, ao longo do século XVI, ficou concentrado no litoral. Os estudos de Azevedo (1992) e de Straforini (2008) constataram que a coroa portuguesa impôs um obstáculo jurídico para impedir a ocupação do interior. Além disso, existia receio em se ocupar o interior do Brasil, em função da possibilidade de ataques de índios hostis e também pela presença de animais selvagens. No entanto, com a intensificação da atividade açucareira a partir do século XVII, surgiu a necessidade de ocupar o interior com a criação de fazendas capazes de produzir alimentos, couro e animais de tração para os engenhos (ADAS; ADAS, 1998).

Todo esse processo histórico, como parte de um sistema de integração entre atividades econômicas, é imprescindível para a compreensão da ocupação territorial do interior do Brasil, principalmente o da região Nordeste. Nessa perspectiva de análise, Alencar (2012) destaca que, em um segundo momento, a pecuária extensiva também esteve integrada à mineração implantada em Minas Gerais entre o final do século XVII e o início do século XVIII. Assim, todo o dinamismo econômico da atividade mineradora esteve intimamente associado à ocupação e ao desenvolvimento do Norte de Minas, haja vista que, nesta região, foram criadas várias fazendas de gado para abastecer a população das minas. Nesse sentido, constata-se que a criação dos primeiros núcleos populacionais da região foi consequência desse processo, mas a existência do Norte de Minas já era de conhecimento dos portugueses desde o final do século XVI, quando chegaram, na região, os primeiros exploradores.

De acordo com Pereira (2004) e Alencar (2012), a primeira viagem exploratória para o Norte de Minas aconteceu com a expedição de Francisco Bruzza Espinosa e de José de Aspicueta Navarro, que partiram de Porto Seguro em direção ao Vale do São Francisco em março de 1554. Ao longo do século XVII, vários bandeirantes adentraram o interior do Brasil em busca de pedras preciosas, mas o mais famoso deles foi Fernão Dias Paes, em cuja bandeira estavam os dois principais conquistadores do Norte de Minas: Matias Cardoso e Antônio Gonçalves

Figueira (PEREIRA, 2004; ALENCAR, 2012). A jornada de Fernão Dias em Minas Gerais durou 9 anos; como ele não encontrou as tão sonhadas esmeraldas, o grande bandeirante paulista acabou sendo preterido pelo governo de Portugal, na empreitada em busca das pedras preciosas. Assim, Fernão Dias foi substituído por Dom Rodrigo Castelo Branco, que passou a ser o novo Governador e Administrador das Esmeraldas (LEITE; PEREIRA, 2004). Um dos maiores amigos de Fernão Dias, o bandeirante Borba Gato, não aceitou o novo chefe, provocando uma disputa dentro do grupo, o que resultou no assassinato de Dom Rodrigo. Com o grupo dividido, Matias Cardoso, Januário Cardoso e Antônio Gonçalves Figueira rumaram em direção ao Norte de Minas, por volta de 1694. Ao se instalarem nas proximidades do Rio São Francisco, implantaram fazendas e povoados que, posteriormente, foram transformados em cidades como Montes Claros, Matias Cardoso, Januária e Manga (LEITE; PEREIRA, 2004).

Nesse contexto, evidencia-se que o núcleo populacional que deu origem ao município de Manga é um dos mais antigos da região. Para o IBGE (1959), esse núcleo urbano teve origem a partir de uma fazenda para a produção de rapadura, fundada por Antônio Gonçalves Figueira no início do século XVIII. Posteriormente, esse engenho, que se localizava nas margens do Rio Japoré, a cerca de 30 km do atual porto de Manga, foi transformado no Arraial de São Caetano do Japoré (hoje, o povoado de Brejo de São Caetano do Japoré, representado na Figura 23) (LEITE; PEREIRA, 2004).

Figura 23 – Antigo casarão em Brejo de São Caetano do Japoré, o núcleo urbano que originou a cidade de Manga



Fonte: GONÇALVES, 2015.

De acordo com Alencar (2012), o desenvolvimento do Arraial de São Caetano do Japoré ganhou força ao longo do século XIX, quando o pecuarista Amador Machado implantou uma fazenda de gado na região. Devido ao dinamismo econômico alcançado por essa fazenda, o Arraial de São Caetano do Japoré passa a ser conhecido como Manga do Amador e, posteriormente, como Manga de Santo Antônio (ALENCAR, 2012). Conforme o IBGE (1959), em 14 setembro de 1891, o Arraial de Manga de Santo Antônio foi transformado em distrito de Januária. Em 07 de setembro de 1923, foi elevado a município, desmembrando-se de Januária e com o nome de Manga.

A pecuária extensiva sempre se destacou como a principal atividade econômica do município de Manga, desde os primórdios de sua fundação. Assim, o uso intenso do solo para pastagem promoveu a supressão de expressivas áreas de Florestas Estacionais Deciduais e a perda de um inestimável banco de biodiversidade outrora presente na região. Com a intensificação da fruticultura vinculada a grandes projetos de irrigação, tem-se a continuidade do desmatamento de grandes áreas, o que leva à criação de várias unidades de conservação de proteção integral voltadas para a preservação das Florestas Secas do extremo Norte do Estado. Dentro desse contexto, surgiu o Parque Estadual da Mata Seca,

abrigo significativas manchas de Florestas Decíduas bastante preservadas, ao Sul do município de Manga.

3.2.1 O histórico da apropriação das áreas de Florestas Estacionais Deciduais no Parque Estadual da Mata Seca

Dando continuidade à análise do processo histórico de uso e de ocupação do Norte de Minas e da região de Manga, buscar-se-á outra discussão, cujo enfoque será a caracterização das atividades econômicas implantadas na área que, posteriormente, foi transformada no Parque Estadual da Mata Seca. Essa nova perspectiva tem como objetivo subsidiar a análise da regeneração natural e a caracterização fisionômica e estrutural dos remanescentes de Floresta Estacional Decidual presentes na área.

O Parque Estadual da Mata Seca foi criado em dezembro de 2000, como resultado de uma condicionante ambiental que exigiu a criação de uma unidade de conservação na margem esquerda do Rio São Francisco, no Norte de Minas Gerais. As áreas que foram desapropriadas para a criação da unidade de conservação pertenciam às fazendas Lagoa da Prata (6.000 ha) Maracaiá (1.000 ha) e Ressaca (3.281 ha). Estas áreas totalizaram 10.281 hectares constituídos de Florestas Estacionais Deciduais em diferentes estágios de regeneração, pastagens e espaços cultivados com tomate, milho e feijão.

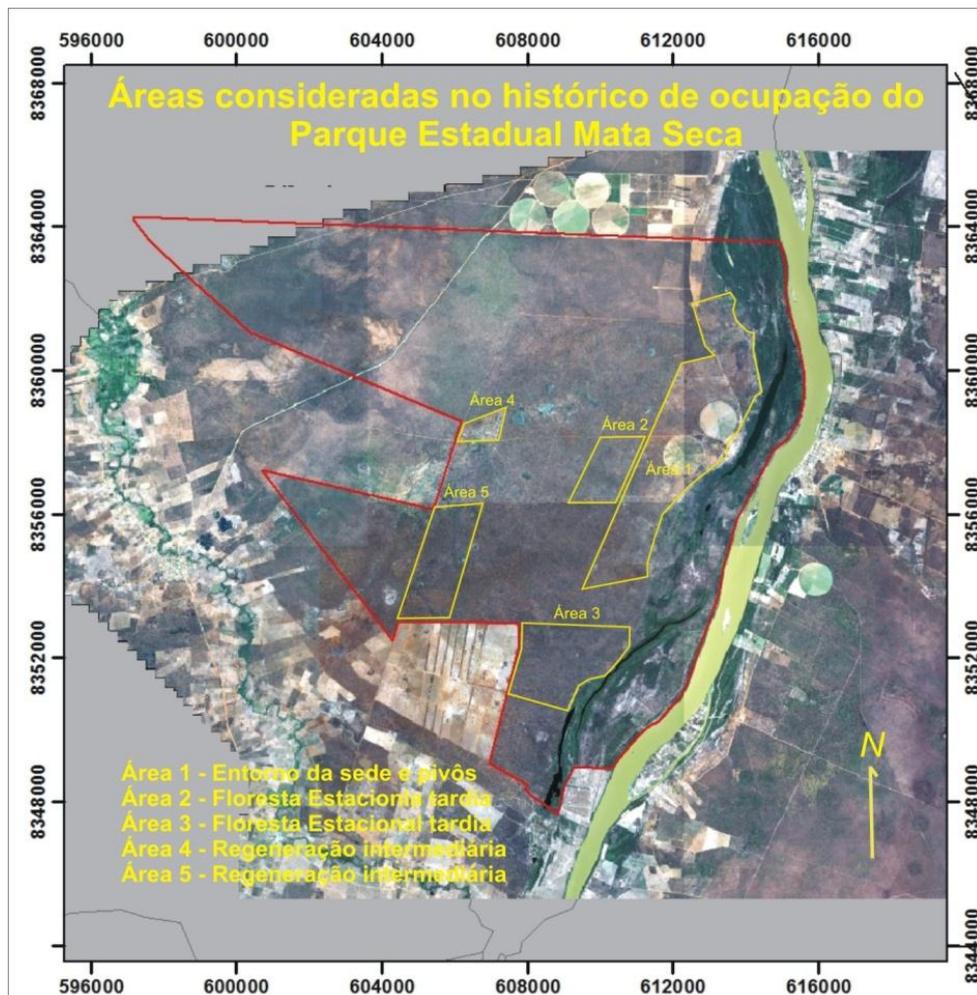
Analisar o histórico da apropriação das áreas de Florestas Decíduas desse parque representa uma retomada da discussão sobre o processo de ocupação do Norte de Minas, o qual resultou na fundação do núcleo populacional que originou o município de Manga. A princípio, vale ressaltar que o termo *manga* refere-se a áreas de pasto destinadas à criação de gado. Nesse sentido, o próprio nome já oferece algo que permite inferir sobre a atividade econômica predominante no município desde os primórdios de sua fundação: a pecuária extensiva.

Como não existem referências bibliográficas sobre o histórico de ocupação das áreas que foram transformadas no parque, é imprescindível o uso da história oral de pessoas que viveram e trabalharam na área que viria a ser transformada em unidade de conservação.

Assim, conforme Whitaker *et al.* (2002) e Veloso e Whitaker (2013), foi feita uma entrevista semiestruturada com um ex-funcionário da Fazenda Ressaca, o

Sr. Ivo Diniz, o que possibilitou resgatar uma importante e significativa parte da história das áreas do futuro Parque Estadual da Mata Seca. Para facilitar a compreensão da análise desse processo histórico, foram consideradas cinco áreas: área 1, o entorno da sede da fazenda e pivôs centrais; área 2, a Floresta Estacional Decidual Tardia / Trilha da Barriguda; área 3, a Floresta Estacional Tardia / área Sul; área 4, a Floresta Estacional Decidual Intermediária / entrada do parque; área 5, a Floresta Estacional Decidual Intermediária / borda Oeste (Figura 24).

Figura 24 – Áreas da antiga Fazenda Ressaca que foram consideradas no histórico do processo de uso e de ocupação do solo nas terras que foram transformadas no Parque Estadual da Mata Seca

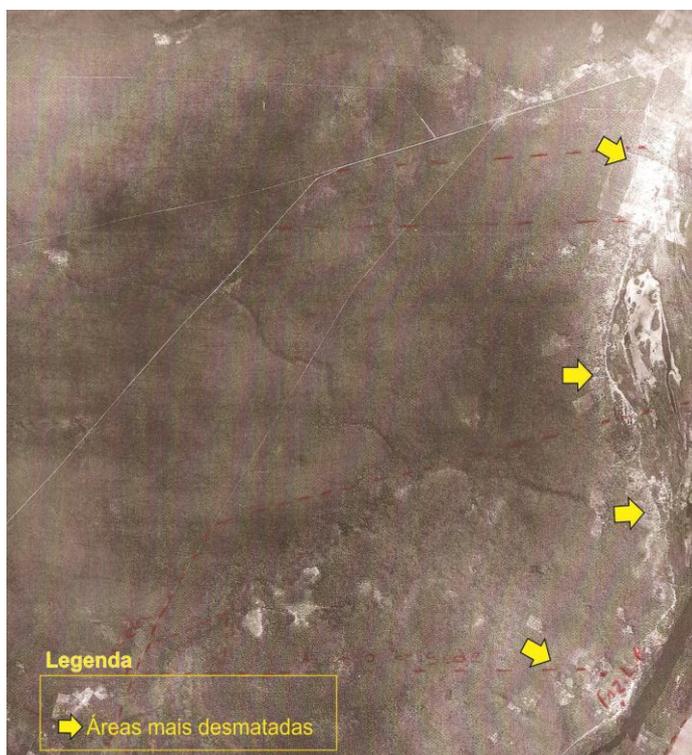


Fonte: Imagem Ikonos (2006).

As terras que abrangem o Parque Estadual da Mata Seca e o seu entorno faziam parte da antiga Fazenda Ressaca, adquirida no início do século XX por uma família inglesa (família Haas), em sociedade com o fazendeiro manguense José de Oliveira. Posteriormente, o Sr. José de Oliveira comprou os direitos da família Haas e as terras foram divididas entre os herdeiros (informação verbal)². A Fazenda Ressaca era muito grande e, ao longo do século passado, os desmatamentos ocorreram principalmente nas áreas mais próximas ao rio São Francisco, devido à existência de solos férteis. Por isso, as áreas que iriam fazer parte do Parque Estadual da Mata Seca foram pouco alteradas até meados da década de 1960.

Essa realidade pode ser observada em fotografias aéreas de 1965, cujas textura e forma dos alvos fotografados sugerem que os espaços de cultivo e as pastagens predominavam nas áreas próximas ao rio São Francisco, enquanto que as florestas estacionais mais distantes do leito apresentam aspectos de vegetação nativa (CPRN, 1965) (Figura 25).

Figura 25 – Fotografia aérea de 1965 com a área do futuro Parque Estadual da Mata Seca e o desmatamento concentrado na borda da lagoa marginal e do rio São Francisco



Fonte: CPRM, 1965.

² Informe repassado pelo Sr. Air Lelles Vieira em conversa por telefone.

Em 1973, o Sr. Air Lelles Vieira comprou os direitos dos herdeiros do Sr. José de Oliveira, passando a ser proprietário das terras que viriam a fazer parte da maior e mais importante área do Parque Estadual da Mata Seca (o núcleo central da unidade de conservação, com cerca de 6.000 ha). A maioria das construções da sede da fazenda (que passou a se chamar Fazenda Lagoa da Prata) foi feita no início da década de 1970. Entre 1973 e 1979, os primeiros desmatamentos para pastagem foram feitos em uma faixa de 2 km de largura por 7 km de comprimento, abrangendo as glebas 1, 2 e 3, situadas nas margens da Lagoa da Lavagem e do rio São Francisco (Área 1) (informação verbal)³. Percebe-se que, nessa época, o Sr. Air Vieira seguiu a tendência dos fazendeiros da região, os quais usavam principalmente as terras mais férteis próximas ao rio São Francisco.

Quanto à situação das áreas 2 e 3, o Sr. Air Vieira considera-as como matas nativas que nunca foram alteradas (informação verbal)⁴. Conforme Lorenzi (2002), em Florestas Secas, a Circunferência à Altura do Peito (CAP) do tronco de um indivíduo adulto da espécie *Myracrodruon urundeuva* (aroeira do sertão) pode chegar a 80 cm. As florestas da área de estudo possuem uma expressiva presença de indivíduos da espécie *Myracrodruon urundeuva* e de outras espécies, apresentando altos valores de CAP (valores superiores a 80 cm), sugerindo a existência de uma idade muito avançada dessa vegetação.

Estudos recentes, realizados por Espírito-Santo *et al.* (2008), atribuem uma idade entre 50 e 100 anos para as Florestas Decíduas em estágio de regeneração mais avançado na área. A partir da análise de dados de circunferência e observações feitas nas cascas dos troncos das árvores, percebe-se que, nessas áreas, ocorrem muitos indivíduos extremamente antigos no convívio com indivíduos mais jovens, sugerindo que essas florestas tenham idade superior a 100 anos, mas que já sofreram desmatamentos pontuais (com a retirada de indivíduos isolados), destinados à obtenção de madeira para fins comerciais e, principalmente, para a construção de cercas, currais, móveis e pontes.

As áreas 4 e 5 são dois importantes remanescentes florestais em estado de regeneração mais recente abordados neste trabalho. Fatores como a presença significativa de indivíduos arbóreos de porte considerável e a ausência de grandes espaços com gramíneas e arbustos, juntamente com a ausência expressiva de

³ Informe repassado pelo Sr. Air Lelles Vieira (último proprietário da Fazenda Ressaca).

⁴ Informe repassado pelo Sr. Air Lelles Vieira (último proprietário da Fazenda Ressaca).

espécies pioneiras de Matas Secas, indicam que essas áreas representam Florestas Decíduas em estágio de regeneração intermediário. Ambas foram desmatadas entre 1979 e 1980; no entanto, apenas a área 4 passou por sucessivos desmates anuais para a retirada dos indivíduos arbustivos que limitavam o desenvolvimento do capim, sendo que o último desmate dos arbustos, conhecido na região como roçada, ocorreu em 1998 (informação verbal)⁵. Nas memórias do ex-gerente da Fazenda Ressaca, o Sr. Ivo Diniz, fica evidente a importância dos desmates anuais para a manutenção do capim da área 4. Assim, o entrevistado enfatiza o ano que marcou o início da regeneração natural da área 4:

Essa manga foi feita em 1979 e foi roçada todo ano até 1998. As mangas que eu rocei foi essa do pivô e essa em 1998. Todo ano tinha roçada. Senão o mato toma conta do capim. Desmatava em março e abril para setembro implantar o capim. Até hoje tem capim lá. Todo ano tinha essa roçada.

O desmatamento para a criação da pastagem da área 5 foi feito em 1980. Conforme foi abordado no parágrafo anterior, essa área não passou por sucessivos desmates anuais. Assim, a mata foi derrubada e usada, por um pequeno espaço de tempo, sem os desmates anuais, permitindo uma regeneração natural que favoreceu o desenvolvimento do porte dos indivíduos arbóreos presentes na área (informação verbal)⁶. O Sr. Ivo Diniz enfatiza o ano e a maneira como ocorreu o desmate da área 5:

Essa manga aí foi depois da manga da cancela. 1980. Mas essa não foi roçada. Está maior por que não foi roçada [...] Desmatou e parou. Nessa área o gado ia aí quando botava na solta⁷. Onde não tinha capim... Aí dava muita fôia na seca. Usava todinha como solta.

Um fato relevante na fala do Sr. Ivo diz respeito ao porte dos indivíduos arbóreos da área 5, quando o entrevistado reconhece que as árvores da área são maiores. Na verdade, ele está comparando a área 5 com a área 4, onde é visível o menor porte dos indivíduos arbóreos, em função do período mais recente de

⁵ Informação repassada pelo Sr. Ivo Diniz (ex-funcionário da Fazenda Ressaca).

⁶ Informação repassada pelo Sr. Ivo Diniz (ex-funcionário da Fazenda Ressaca).

⁷ A expressão "Gado de Solta" se refere a uma prática em que o gado é solto pra se alimentar de ervas e de arbustos que brotam em uma área recém desmatada.

abandono da pastagem para o início da regeneração natural. A área 4 foi abandonada em 1998, enquanto que, na área 5, tal abandono ocorreu em 1980.

Outro aspecto interessante da dinâmica vegetacional das duas áreas refere-se à presença de árvores com idades visivelmente mais avançadas, na área 5, do que a maioria dos indivíduos arbóreos presentes nessas florestas em regeneração da área 4. Entretanto, nas duas situações, é possível identificar indivíduos cujo porte é compatível apenas com a realidade das matas maduras presentes nas áreas 2 e 3. Em outra fala, o Sr. Ivo explica que:

quando a gente desmata para fazer pasto. A gente retira a madeira branca e deixa a madeira de lei. A madeira branca é só pra lenha. Só para lenha mesmo. Tipo vaqueta, caatinga de porco, tamboril, angico branco e outras que tem lá. Já as madeiras de lei eram deixadas como ipê roxo, ipê amarelo, itapicuru, umbuzeiro, aroeira, imburana [...].

Segundo Winther (2001), a expressão “madeira de lei” remonta ao período do Império, quando foi feita a primeira tentativa de se criar uma lei para proteger árvores de grande valor comercial e com muita utilidade para a construção civil. Conforme a abordagem feita na análise das áreas 2 e 3, essas árvores consideradas como madeira de lei são muito importantes para a construção civil; nesse contexto, espécies como a *Myracrodruon urundeuva* (aroeira do sertão) foram de fundamental importância para a implantação da fazenda que originou o Parque Estadual da Mata Seca.

Ressalte-se que o resgate da história oral dos atores envolvidos no processo de ocupação da área que deu origem ao Parque Estadual da Mata Seca foi imprescindível para a compreensão das características fisionômicas dos principais remanescentes de Florestas Decíduas dessa unidade de conservação.

3.3 METODOLOGIA

A proposta de caracterização da correlação existente entre os aspectos fitofisionômicos de biótopos e os atributos físicos, químicos e mineralógicos do solo é bastante complexa, sobretudo em áreas marcadas pela heterogeneidade de ambientes. Nesse sentido, os objetivos do trabalho dependem muito da clareza e da eficiência da metodologia empregada. Como este trabalho resultou de

desdobramentos de outras pesquisas realizadas na área, optou-se por manter alguns procedimentos usados anteriormente e, ao mesmo tempo, foram incorporadas outras metodologias, usadas nas análises florístico-fitofisionômicas e pedológicas.

3.3.1 Revisão de literatura

Esta etapa teve como objetivo fazer uma revisão literária sobre o tema proposto, visando adquirir a base conceitual necessária para o trabalho. Buscou-se realizar diversas leituras de livros, artigos, teses e dissertações, propondo obter maior embasamento teórico sobre o tema abordado na pesquisa.

3.3.2 Levantamento florístico e fitofisionômico

A escolha das unidades amostrais nas quais foi feito o levantamento florístico e fitofisionômico baseou-se no mapa de biótopos apresentado por Belém (2008), que foi aperfeiçoado nesse trabalho. Foram considerados os três biótopos com as respectivas formações vegetais que mais representam o quadro fitogeográfico do Parque Estadual da Mata Seca: a Floresta Estacional Decidual a Caatinga Arbustiva Aberta e a Floresta Tropical Perenifolia ou Mata Ciliar. Sendo que o biótopo Floresta Estacional Decidual encontra-se em diferentes estágios de sucessão ecológica. Assim, para esse biótopo foram consideradas cinco áreas: Floresta Estacional Decidual tardia da área sul, Floresta Estacional Decidual tardia da trilha da barriguda, Floresta Estacional Intermediária 1, Floresta Estacional Decidual Intermediária 2 e Floresta Estacional Decidual de afloramentos calcários(cárstica). O levantamento florístico e fitofisionômico foi precedido por um trabalho de campo, realizado entre os dias 06 e 08 de janeiro de 2013, com o objetivo de demarcar as parcelas. De acordo com Bedê *et al.* (1997) e Belém (2008), em cada formação, foram demarcadas 5 parcelas de 15 m x 30 (450 m²), com 30 metros de interstício entre elas. Essas parcelas foram demarcadas com o uso de trena e com uma bússola, com o fim de evitar erros na definição do tamanho e do perímetro das áreas amostrais. Ao todo, foram demarcadas 35 parcelas, o que corresponde a 1,5 ha de área amostral.

Entre os dias 21 e 24 de janeiro de 2013, foi realizado o trabalho de campo para a análise florística e fitofisionômica. Por se tratar de um trabalho de pós-graduação em Geografia, com ênfase na caracterização pedológica, os parâmetros fitossociológicos de cada biótopo não foram considerados. Produziu-se apenas os parâmetros com influência direta na fisionomia da vegetação: altura e Circunferência à Altura do Peito (CAP). Assim, em cada parcela, foram amostrados e marcados, com etiquetas numeradas, todos os indivíduos vivos com Circunferência à Altura do Peito (CAP = 1,30 m do solo) \geq 15 cm. Para cada indivíduo arbóreo, foi registrado o nome da espécie e o CAP, além de ter sido estimada a altura com vara de podão. Também foram coletados materiais vegetais que foram tratados conforme as técnicas de herborização do Manual Técnico da Vegetação Brasileira (IBGE, 1992) e, posteriormente, depositados no Herbário Montes Claros (HMC) da Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES). A identificação do material botânico foi feita através de consultas a especialistas, pelo uso de literatura especializada e por comparações com as exsicatas do HMC.

3.3.3 Descrição morfológica de perfis de solos

A análise morfológica dos solos foi feita em trabalho de campo realizado entre os dias 12 e 14 de abril de 2013. De acordo com a metodologia de Santos *et al.* (2005), foram abertas seis trincheiras nos biótopos que apresentavam condições pedológicas favoráveis à abertura dos perfis. No biótopo Caatinga Arbustiva aberta, não aconteceu abertura de trincheira, em função da existência de afloramentos. Neste caso, foi retirada apenas a amostra do horizonte A.

Para cada horizonte, foram descritas as características: espessura, cor, textura, estrutura, consistência, raízes e transição. Posteriormente, foi feita a coleta das amostras de cada horizonte, visando às análises químicas, físicas e mineralógicas do solo.

3.3.4 Caracterização física dos solos

A caracterização física dos solos seguiu a metodologia da EMBRAPA (1997), sendo que essas análises foram realizadas no Núcleo de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, localizado em Montes Claros.

As amostras foram secas ao ar, destorradas e passadas em peneira de malha de 2 mm, com o fim de se obter a terra fina seca ao ar (TFSA). A análise granulométrica ocorreu através da dispersão de 10 g de TFSA com NaOH 0,1 mol/L e pela agitação em alta rotação durante 15 minutos. As frações areia grossa e fina foram separadas por tamização, em peneiras com malhas de 0,2 e 0,053 mm de abertura, respectivamente. A fração argila foi obtida pelo método da pipeta, e a fração silte, calculada por diferença (EMBRAPA, 1997). Segundo a mesma metodologia, também foram feitos os processos para a obtenção da Argila Dispersa em Água (ADA) e do Grau de Floculação(GF).

3.3.5 Caracterização química dos solos

Semelhante à caracterização física, as análises químicas foram realizadas no Núcleo de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, em Montes Claros, segundo a metodologia da EMBRAPA (1997), conforme descrição feita a seguir:

- 1) pH em água e em KCl 1 mol/L, determinados potencio metricamente na suspensão solo-solução 1:2,5, com tempo de contato mínimo de uma hora e agitação da suspensão antes da leitura;
- 2) cálcio e magnésio trocáveis, extraídos com KCl 1 mol/L, na proporção 1:20, e dosados por absorção atômica;
- 3) potássio e sódio trocáveis, extraídos com HCl 0,05 mol/L, na proporção 1:10, e dosados por fotometria de chama;
- 4) alumínio trocável, extraído com KCl 1 mol/L, na proporção 1:20, e determinado por titulação com NaOH 0,025 mol/L;
- 5) acidez extraível (H^{++} Al^{3+}), extraída com solução de acetato de cálcio a pH 7,0, na proporção 1:15, e determinada por titulação com NaOH 0,0606 mol/L.
- 6) fósforo, extraído com solução de HCl 0,05 mol/L e H_2SO_4 0,025 mol/L (Mehlich-1) e determinado por colorimetria na presença de ácido ascórbico;
- 7) carbono orgânico, método volumétrico pelo bicromato de potássio e titulação com o sulfato ferroso;

8) a partir desses dados, foram calculados os valores de CTC a pH 7, Soma de Bases(SB), Saturação por Bases (V%) e Saturação por Alumínio (m%);

9) determinação dos óxidos de silício (SiO_2), alumínio (Al_2O_3), fósforo (P_2O_5), ferro (Fe_2O_3) e titânio (TiO_2) através da técnica de ataque sulfúrico. Esta última análise química foi realizada no Laboratório de Análise Química do Solo da Universidade Federal de Lavras – UFLA.

3.3.6 Caracterização mineralógica dos solos

No Laboratório de Mineralogia dos Solos da Universidade Federal de Viçosa – UFV – foi realizada a caracterização mineralógica da fração argila a partir da técnica de difratometria de raios X, descrita por Mehra e Jackson (1960). A argila obtida por sedimentação, após dispersão com NaOH 0,1 mol/L, foi triturada e tratada com ditionito-citrato-bicarbonato de sódio para a remoção de óxido de ferro livre. Posteriormente, parte desse material foi transferida para lâminas de vidro. Após a secagem à temperatura ambiente, as lâminas foram irradiadas 2 a $40^\circ 2\theta$, em difratômetro de raios X com tubo de cobre e filtro de níquel.

3.3.7 Levantamento de dados sobre o histórico da ocupação da área do parque

Em abril de 2014, realizou-se um trabalho de campo onde foram entrevistadas pessoas ligadas às atividades econômicas desenvolvidas na área anterior à criação da unidade de conservação. Baseando-se na metodologia usada por Whitaker *et al.* (2002) e por Veloso e Whitaker (2013), foram feitas entrevistas pelas quais se buscou a valorização da fala dos indivíduos, respeitando-se suas peculiaridades e preservando o discurso dos entrevistados. As entrevistas semiestruturadas foram gravadas em formato mp3; posteriormente, os dados e as informações foram organizados em um texto que serviu de base para a transcrição e para a construção do histórico do parque. Também foram consultados outros trabalhos, como teses, dissertações, livros, mapas e fotos aéreas antigas.

3.3.8 Produção do mapa de biótopos

Para o mapeamento dos biótopos do Parque Estadual da Mata Seca, foram utilizados procedimentos metodológicos envolvendo o Processamento Digital de Imagens – PDI – e o Sistema de Posicionamento Global – GPS. A classificação da vegetação natural dos biótopos foi desenvolvida nos *softwares* ENVI 4.7 e ArcGis 10.2, utilizando-se imagens do Sensor Landsat 8. Devido à sazonalidade da vegetação, foram usadas imagens do período seco e do chuvoso nas datas de 01/09/2013 e 07/01/2014, respectivamente. Para a classificação das imagens, foi utilizado o método Árvore de Decisão. Este método permite utilizar variados valores numéricos, tendo como rigor os tamanhos dos pixels iguais.

Nos dias 20 e 21 de setembro de 2014, foi realizado um trabalho de campo por meio do qual foram confirmadas e/ou corrigidas as informações levantadas nas imagens de satélite. Depois de confirmada a identificação dos biótopos, o mapa final foi digitalizado.

3.3.9 Análise dos dados pedológicos

Inicialmente, esta etapa foi caracterizada pela produção de quadros e gráficos visando à sistematização dos dados referentes às características físicas e químicas dos solos dos biótopos. Definiu-se que cada biótopo fosse abordado em um tópico específico, no qual são apresentados o quadro com os dados, a discussão dos resultados e as fotos da área. A análise mineralógica, por outro lado, foi realizada através de um texto único em que foram discutidos os dados de todos os biótopos de forma integrada.

3.3.10 Tratamento estatístico dos dados

O uso dos atributos fitofisionômicos e estruturais são imprescindíveis para os trabalhos voltados para a compreensão da relação solo/planta. A comparação entre os atributos da vegetação e do solo pode ser feita por meio de programas estatísticos capazes de fazer análises multivariadas envolvendo diversos fatores integrados. Além do mais, esses estudos, que consideram vários fatores vegetacionais e ambientais (solos), permitem obter uma visão mais ampla e interdependente das geobiocenoses, o que a análise de um parâmetro isolado não permite.

Neste trabalho, foram feitas correlações entre as variáveis ambientais (aspectos dos solos) e as espécies dos biótopos, e também correlações entre variáveis ambientais e biótopos específicos. Foram consideradas apenas as espécies não raras, ou seja, com no mínimo três indivíduos amostrados. As correlações foram realizadas por meio de uma análise de gradiente mista com o emprego da técnica de Análise de Correspondência Canônica (CCA). O processamento dos dados foi feito através do programa CANNOCO (TER BRAAK; SMILAUER, 1998, *apud* VELOSO, 2011), pelo qual foram construídas duas matrizes com informações multivariadas sobre os biótopos: uma matriz de espécies e uma matriz com os dados pedológicos.

Por fim, também foram feitos os gráficos com os dados fisionômicos da vegetação usando o programa Excel 2007.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

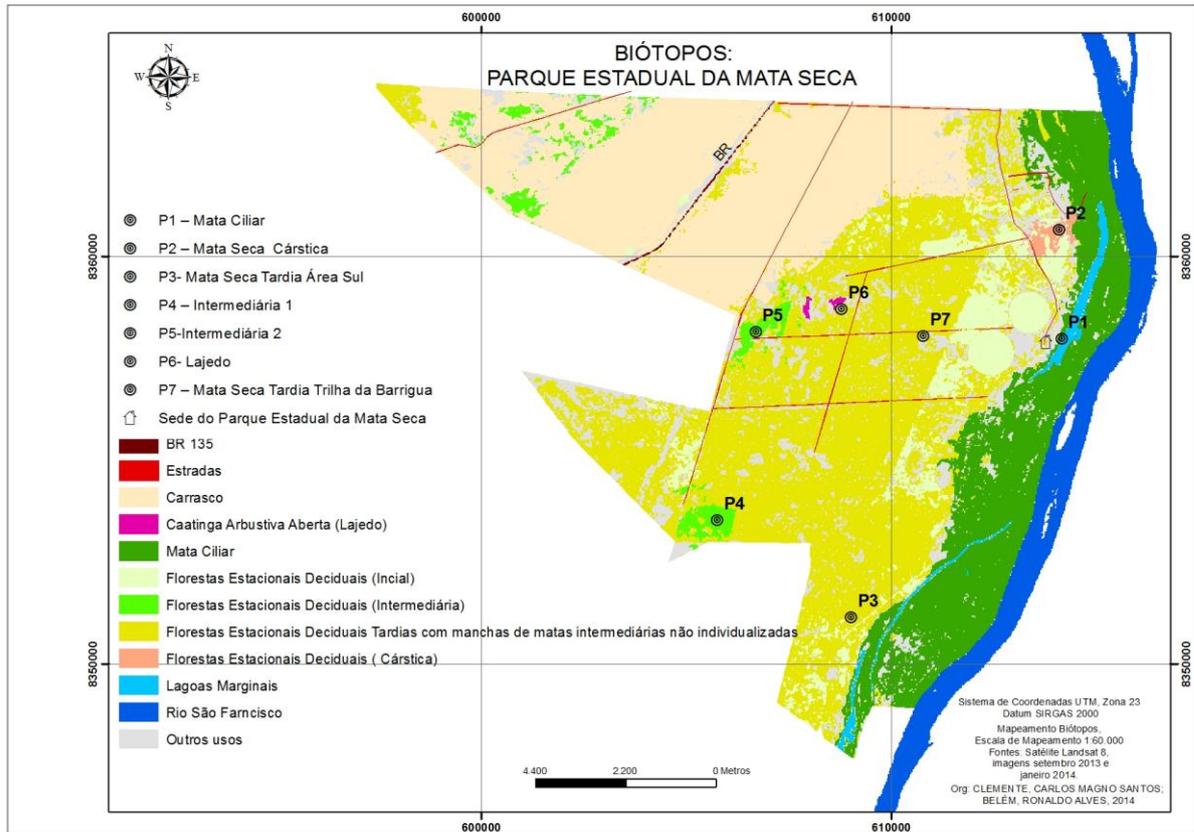
4.1 Análise dos atributos morfológicos, físicos e químicos dos solos do Parque Estadual da Mata Seca

A morfologia é o estudo da aparência ou anatomia dos solos e representa um dos mais importantes temas da Pedologia (LEPSCH, 2002). O conjunto de aspectos morfológicos constitui a base para a identificação do solo que deverá ser completada com as análises de laboratório. Assim, a morfologia e os aspectos químicos e físicos são de fundamental importância para os estudos fitogeográficos, uma vez que os solos são a base para a compreensão e para a distinção de paisagens vegetacionais (KIEHL, 1979; RESENDE *et al.* 2005).

Nesse contexto, além das descrições morfológicas, as análises laboratoriais voltadas para a obtenção de atributos físicos, químicos e mineralógicos dos solos também são importantes, pois produzem os principais dados usados na busca pela correlação entre características do solo e a vegetação. Desta forma, a análise química de rotina é de fundamental relevância para os estudos da relação solo/planta, haja vista que produz dados referentes aos principais nutrientes consumidos pelos vegetais, além de revelar as condições de pH, CTC e matéria orgânica. Por outro lado, a análise química que envolve a técnica do ataque sulfúrico para quantificar elementos presentes na composição da fração argila é de suma importância para a compreensão da pedogênese, uma vez que permite inferir sobre a intensidade do intemperismo e sobre as variações pedoambientais das áreas estudadas. Essa análise ainda permite fazer importantes reflexões sobre a reserva mineral do solo e sua fertilidade, dentro de uma discussão envolvendo a relação solo/vegetação.

As análises morfológicas e químicas dos solos do Parque Estadual da Mata Seca foram feitas em sete perfis. Conforme a Figura 26, esses perfis se encontram distribuídos pelos cinco principais biótopos dessa unidade de conservação.

Figura 26 – Localização dos perfis nos biótopos do Parque Estadual da Mata Seca



Fonte: CLEMENTE; BELÉM, 2014.

4.1.1 Mata Ciliar – Gleissolo/Perfil 1

O Perfil 1 foi aberto há cerca de 8 m do espelho d'água de uma lagoa marginal localizada na borda Leste do Parque Estadual da Mata Seca. A vegetação de Mata Ciliar se encontra em um ambiente sob influência do regime de inundações cíclicas que foram determinantes para as características físicas e morfológicas dos Gleissolos da área (Figura 27).

Figura 27 – Mata Ciliar e perfil do GLEISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico plintosólico



Fonte: Acervo pessoal.

Os atributos morfológicos, físicos e químicos analisados no solo do Perfil 1 são apresentados no Quadro 1. Em relação à coloração, a cor cinza-escuro do horizonte A sugere a influência da matéria orgânica no solo (21,2 g/Kg), o que certamente está associado à presença de serapilheira, que é expressiva nesse biótopo. Entretanto, ressalte-se que a importância da matéria orgânica transpõe o seu efeito sobre a cor, uma vez que também exerce grande influência sobre a estabilidade dos agregados e sobre a distribuição de nutrientes através da CTC do solo (GOODLAND e FERRI, 1979; GUERRA, 1990). O horizonte Cg tem cor 10YR 7/1 (bruno-amarelado), indicando presença de goethita, cuja ocorrência está associada à presença de água em algum período de sua formação (OLIVEIRA, 1999). O horizonte Cg destacou-se pela presença marcante de mosqueados ao longo do perfil, o que indica a mudança do nível da água ao longo do ano, permitindo a formação dessas colorações que revestem os agregados, ou seja, quando a água desce, o oxigênio presente no ar oxida o ferro, produzindo os mosqueados de coloração vermelha e amarela.

Quadro 1 – Descrição morfológica, aspectos físicos e químicos do perfil 1

Perfil 1 – Mata Ciliar – GLEISSOLO HÁPLICO Ta eutrófico plintossólico											
Data da coleta: 12/04/2013 – Localização (Coordenadas UTM): 0621696/8152120											
Situação: fundo de vale/margem de lagoa											
Relevo: plano											
Formação geológica: Depósitos aluviais /Litologia: siltito											
Vegetação primária: Floresta Estacional Semidecidual Aluvial/Mata Ciliar - uso atual: conservação											
Drenagem: mal drenado											
Erosão: não aparente											
Descrição morfológica											
A	0-16 cm; cinza-escuro (10YR 4/1, úmida); siltosa; fraca média e grandes blocos sub angulares; firme, muito plástica e pegajosa; transição clara; raízes muitas finas e médias.										
Cg	26-93 ⁺ cm; bruno-amarelado (10YR 7/1, úmida); mosqueados vermelhos e amarelos abundantes; franco arenosa; fraca média; blocos sub angulares; friável; muito plástico e pegajoso; raízes finas são muito comuns.										
Observação: perfil descrito úmido.											
Análises laboratoriais											
Horizonte	Espessura (cm)	Análise textural (g/kg)				ADA (g/Kg)	GF(%)	Silte/Argila	pH em água		
		AG	AF	Silte	Argila						
A	0-16	510	100	270	120	30	75	2,25	6,7		
Cg	26-93+	630	30	140	200	20	90	0,7	8,3		
Horizonte	Complexo sortivo (cmol _c /dm ³)										
	Ca	Mg	K	Valor S	Al	H+Al	Valor V%	Valor m%	Valor T	P mg dm ⁻³	
A	6,7	2,50	0,15	13,65	0,0	1,19	92	0,0	14,84	1,24	
Cg	8,3	3,40	0,03	12,03	0,0	1,49	89	0,0	13,52	0,15	
Horizonte	MO (g/kg)	Análises por ataque sulfúrico (g/Kg)						T argila (cmol _c /kg)	Ki		
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO ₂	TiO ₂	P ₂ O ₅				
A	21,2							123,6			
Cg	14,5	83,5	46,5	26,4	0,14	3,5	0,08	67,6	3,05		
AG – areia grossa; AF – areia fina; ADA – argila dispersa em água; GF – grau de floculação (GF=(argila – Ada)x100/argila); Valor S – soma de bases (S=Ca+Mg+K); Valor T – capacidade de troca catiônica (T=S+H+Al); T argila – atividade da argila (T argila=Tx1000/argila); V%=(Sx100/T); MO – matéria orgânica, Ki=(SiO ₂ x1,7)/Al ₂ O ₃ .											

Quanto à textura, nos dois horizontes, constatou-se o predomínio absoluto da fração areia, cujos valores foram superiores a 500 g/kg, em ambos os horizontes. Esses valores se justificam pelo fato de os Gleissolos da área estarem submetidos às constantes deposições de sedimentos oriundos do regime de cheias e vazantes do Rio São Francisco. Em relação à argila dispersa em água (ADA), as amostras do perfil apresentaram valores baixos (30 e 20 g/kg, respectivamente), indicando que essas partículas, nesse solo, não possuem muita mobilidade potencial. Os altos valores do grau de flocculação (GF) confirmam essa tendência, uma vez que o horizonte A apresentou 75%, e o horizonte Cg apresentou 90%. Os valores da relação silte/argila para esses horizontes foram de 2,25 e 0,70, respectivamente.

Em relação às análises químicas de rotina do Perfil 1, constatou-se que os valores de pH em água foram de 6,7 e 8,3 nos horizontes A e Cg, respectivamente. Conforme Lopes (1989), deve-se ressaltar que o pH do horizonte A evidencia o caráter levemente ácido do solo dessa amostra, enquanto que o valor do horizonte Cg apresentou uma alcalinidade média.

Os valores de Ca foram de 11,0 e 8,6 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ nos horizontes A e Cg, respectivamente. Em relação ao Mg, os valores foram baixos e inferiores a 5 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$, como na maioria das amostras analisadas. O K apresentou um valor considerado médio (0,15 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) no horizonte A, enquanto que o horizonte Cg apresentou um valor muito baixo; 0,03 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$. Como não foi constatada a presença de Al na solução e o valor do H foi de 1,19 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ e 1,49 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ nos horizontes A e Cg, respectivamente. Ressalta-se que os valores de CTC (Valor T) nesses horizontes são considerados como altos, conforme a tabela de níveis de fertilidade para interpretação da análise de solos em Minas Gerais, apresentada por Alvarez *et al.* (1999).

A soma de bases (valor S) foi alta nos dois horizontes, seguindo a tendência encontrada nos solos de Florestas Tropicais Úmidas, Florestas Estacionais e Matas Ciliares (RUGGIERO; PIVELLO, 2005), o que evidencia a presença de níveis consideráveis de nutrientes para as plantas nos solos desse biótopo. Esses autores, ao encontrarem valores altos de soma de bases em estudos sobre a relação solo/planta no Parque Estadual de Vassununga, estado de São Paulo, sugerem que os maiores valores de soma de bases no solo superficial estejam relacionados à maior produção de biomassa aérea e às maiores taxas de

decomposição esperadas para as florestas, que resultariam num incremento de bases na superfície do solo. É interessante destacar que a Mata Ciliar do Parque Estadual da Mata Seca se encontra sobre um Gleissolo submetido a um regime de cheias que alaga o solo periodicamente. Nesse caso, as condições geomorfológicas e o clima semiárido fazem com que o período de inundação na área seja curto, o que permite a existência de condições aeróbicas suficientes para a decomposição da matéria orgânica. Em seus estudos sobre a relação solo/planta nas matas ciliares do Rio Pandeiros, Norte de Minas, Veloso (2011) encontrou valores muito baixos de Soma de bases, Saturação por bases e CTC, devido ao excesso de água que se acumula em áreas muito rebaixadas, limitando a aeração, a atividade de micro-organismos e a decomposição de matéria orgânica no solo.

A saturação por bases (valor V%) se destacou com valores superiores a 80% nos dois horizontes, o que confirma a fertilidade desses solos presentes nas várzeas do rio São Francisco. Valores semelhantes em relação à saturação por bases e CTC foram encontrados por Lopes *et al.* (2006) em seus estudos sobre a fertilidade de Gleissolos nas margens do rio Guamá, estado do Pará.

O valor m% foi nulo nos dois horizontes, assim como em todas as amostras coletadas na área, o que evidencia a baixa acidez dos solos estudados. A ausência de alumínio trocável e o valor m% nulo sugerem a pobreza desse elemento no material de origem desse solo. Os valores do P foram baixos, seguindo a tendência da maioria dos solos brasileiros. A matéria orgânica apresentou 21,2 g/kg no horizonte A, e 14,5 g/kg no horizonte Cg, valores também considerados baixos. Quanto à CTC da argila (T argila), notou-se um valor muito alto nos dois horizontes considerados; 123,6 e 67,6 cmolc/Kg. Conforme a Embrapa (2013), a CTC da argila ≥ 27 Cmolc/kg indica a presença de argilas de alta atividade.

Quanto ao ataque sulfúrico, o valor da sílica (SiO_2) no perfil 1 foi de 83,5 g/kg. Um valor igual a este foi encontrado pela EPAMIG (1990) em seus estudos realizados em solos hidromórficos das margens do rio São Francisco em Itacarambi, Norte de Minas. Campos *et al.* (2012) encontraram resultados semelhantes em Gleissolos da bacia do rio Negro, Amazonas, o que sugere que essa dessilificação esteja associada à maior solubilidade do silício em relação ao ferro e ao alumínio (CAMARGO, 2009, *apud* SCHAEFER *et al.*, 2008).

O teor de ferro (26,4g/kg) sugere mudanças pedoambientais na área e a presença de mosqueados vermelho/amarelados no perfil reforça a ocorrência

dessas variações. Provavelmente, a área de Mata Ciliar com menores cotas altimétricas e drenagem deficiente pode ter criado um ambiente de redução favorável à mobilidade do ferro e à sua lixiviação. Conforme Alleoni e Camargo (1995), os teores de ferro tendem a ser decrescentes, das cotas mais altas em direção às cotas mais baixas, indicando que, nas cotas inferiores, ocorrem ambientes favoráveis à desferrificação e à formação de plintitas. Em seus estudos sobre a gênese dos solos do Projeto Jaíba, Oliveira (1999) constatou a presença de solos com baixo teor de ferro, em função da pedogênese estar associada a sedimentos detríticos. Nesse sentido, infere-se que o baixo teor de ferro nesse perfil também pode estar associado ao fato de o material de origem desse solo ser detrítico aluvial. Os valores de MnO_2 , P_2O_5 e TiO_2 foram muito baixos, o que revela a pobreza desses elementos no material de origem desse solo. A partir dos valores do alumínio e da sílica, foram obtidos os valores do índice K_i , que permite fazer inferências sobre o grau de intemperização do solo.

O índice K_i abaixo de 2,2 indica que o solo é muito intemperizado e evoluído. Valores superiores a 2,2 indicam que o solo é pouco intemperizado (EMBRAPA, 2013). O índice K_i encontrado nesse solo se destacou com um valor alto (3,05), o que permite inferir que os sedimentos depositados nesse solo não sofreram intemperismo antes de serem transportados para as margens de uma lagoa marginal do rio São Francisco.

4.1.2 Floresta Estacional Decidual de afloramentos calcários – Cambissolo/Perfil 2

O Perfil 2 foi aberto no terço médio da encosta do Morro da Lavagem, porção Norte do Parque Estadual da Mata Seca (Figura 28). A área é inclinada e destaca-se pela presença de vários afloramentos de calcário, o que indica a ocorrência de solos pouco desenvolvidos. Os dados morfológicos, físicos e químicos são apresentados no Quadro 2. O horizonte A teve cor 2,5YR 3/6 (vermelho-escuro), e o horizonte Bi, 2,5YR 4/8 (vermelho). Essa coloração é muito comum na zona tropical e indica a presença de hematita nos solos. A presença da hematita certamente está associada ao ambiente bem drenado que favoreceu a formação desse mineral (OLIVEIRA, 1999).

Figura 28 – Floresta Estacional Decidual de afloramentos calcários e o perfil do CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico típico



Fonte: Acervo pessoal.

Em relação à textura, os valores da areia foram superiores a 500 g/Kg nos dois horizontes. O teor de argila foi de 130g/Kg no horizonte A, e de 170 g/kg no horizonte B, o que indica a textura franco arenosa nesse solo. A relação silte/argila apresentou 1,61 no horizonte A, e 1,70 no horizonte Bi. Os baixos valores da argila dispersa em água (ADA) e os altos valores do grau de floculação (GF) indicam que as argilas desse solo tendem a se aglutinar com facilidade e, por isso, apresentam pouca mobilidade potencial (AZEVEDO; BONUMÁ, 2004).

Quadro 2 – Descrição morfológica, aspectos físicos e químicos do Perfil 2

Perfil 2 – Floresta Est. Decidual de afloramentos – CAMBISSOLO HÁPLICO										
Eutrófico típico										
Data da coleta: 12/04/2013 – Localização (Coordenadas UTM): 614.106/8360660										
Situação: Morro da Lavagem. Terço médio da encosta.										
Relevo: ondulado; declividade 12%										
Formação geológica: Grupo Bambuí / Litologia: calcário										
Vegetação primária: Floresta Estacional Decidual de afloramentos – Uso atual: conservação										
Drenagem: bem drenado										
Erosão: não aparente										
Descrição morfológica										
A	0-25cm; vermelho escuro (2,5YR 3/6, úmida); franco arenosa; moderada pequena; blocos sub angulares; friável, plástica a muito plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual; raízes muitas finas.									
Bi	25-97 ⁺ cm; vermelho (2,5YR 4/8, úmida); franco arenosa; cerosidade moderada e abundante; forte média; blocos sub angulares; dura, friável, muito plástica a plástica e ligeiramente pegajosa; raízes pouco finas.									
Observação: perfil com umidade de 0 a 50 e abaixo de 85 cm. De 50 a 85 - perfil seco.										
Análises laboratoriais										
Horizonte	Espessura (cm)	Análise textural (g/kg)				ADA (g/Kg)	GF(%)	Silte/Argila	pH em água	
		AG	AF	Silte	Argila					
A	0-25	530	130	210	130	20	85	1,61	7,2	
Bi	25-97	460	80	290	170	30	82	1,70	6,8	
Horizonte	Complexo sortivo (cmol _c /dm ³)									
	Ca	Mg	K	Valor S	Al	H+Al	Valor V%	Valor m%	Valor T	P mg dm ⁻³
A	4,90	1,50	0,03	6,43	0,0	1,52	81	0,0	7,95	7,36
Bi	4,80	1,60	0,03	6,43	0,0	1,49	81	0,0	7,92	6,07
Horizonte	MO (g/kg)	Análises por ataque sulfúrico						T argila (cmol _c /kg)	Ki	
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO ₂	TiO ₂	P ₂ O ₅			
A	17,7	-	-	-	-	-	-	61,0	-	
Bi	14,5	112,8	82,5	40,4	0,72	4,8	0,75	46,0	2,32	
AG – areia grossa; AF – areia fina; ADA – argila dispersa em água; GF – grau de floculação (GF=(argila – Ada)x100/argila); Valor S – soma de bases (S=Ca+Mg+K); Valor T – capacidade de troca catiônica (T=S+H+Al); T argila – atividade da argila (T argila=Tx1000/argila); V%=(Sx100/T); MO – matéria orgânica, Ki=(SiO ₂ x1,7)/Al ₂ O ₃ .										

Considerando as análises de rotina, o Perfil 2 revelou um pH em água de 7,2 no horizonte A e de 6,8 no horizonte Bi; Assim, a alcalinidade no horizonte A é considerada fraca e a acidez no horizonte Bi também deve ser considerada fraca (LOPES, 1989). Wendling (2012) destaca que, em solos ácidos com pH menor do

que 5,5, predomina o alumínio na forma trocável inteiramente disponível para as plantas, sugerindo que, em solos de maior pH (como na área de estudo), predomina o alumínio estrutural ou o alumínio não trocável fixado por outro elemento. A ausência de alumínio trocável e a saturação por alumínio nula nesse perfil e em todos os solos pesquisados vão de encontro com essa perspectiva de análise. Entretanto, é bem provável que o material de origem desse solo seja pobre em alumínio, o que reduz as possibilidades da presença de alumínio estrutural nessa amostra.

Quanto à CTC (T), o horizonte A apresentou $7,95 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ e o horizonte Bi, $7,92 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$, valores considerados como médios para a realidade do estado de Minas Gerais (ALVAREZ *et al.*, 1999). Foram encontrados $4,90 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ de Ca no horizonte A, e $4,80 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ no horizonte Bi. Esses valores são considerados como muito altos, o que evidencia a forte influência do material de origem na gênese desse solo. No entanto, ressalta-se que os altos valores da fração areia sugere duas interpretações: a primeira indica a influência do quartzo que pode estar presente na composição mineralógica dos calcários da área; a segunda sugere que o quartzo pode estar associado a um material coluvionar oriundo das partes mais altas do terreno que foram incorporados ao material de origem desse solo. Resende *et al.*, (2005) destacam que a mica e o quartzo são comuns em rochas pelíticas como o calcário, e que esses minerais representam as impurezas que realmente dão origem ao solo, uma vez que o carbonato de cálcio e o magnésio são totalmente removidos.

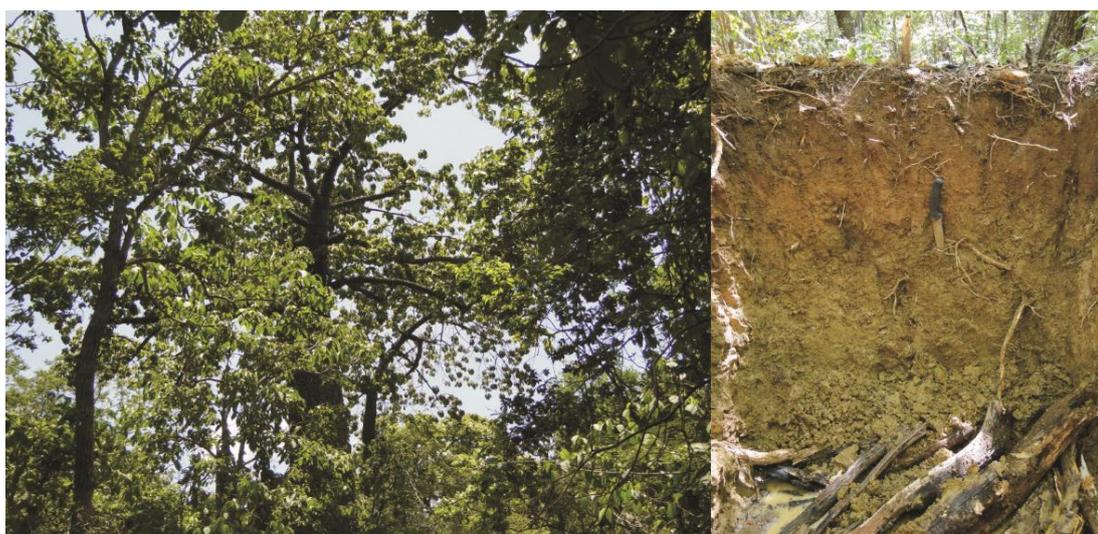
Os valores do Mg foram de $1,50$ e $1,60 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ nos horizontes A e Bi, respectivamente. Esses valores são considerados muito altos. Encontrou-se, para a soma de bases (valor S), valores considerados muito altos ($6,43 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ nos dois horizontes). O valor V% foi superior a 80% nos dois horizontes, comprovando a alta fertilidade desse solo. Martins (2012) também encontrou valores de saturação por bases superiores a 80% nos horizontes sub superficiais de Cambissolos Háplicos de Capitão Enéias, Norte de Minas, sugerindo a influência do substrato calcário presente nas áreas estudadas. A matéria orgânica foi considerada como média no horizonte A, e baixa, no horizonte Bi. Os valores de P do Cambissolo da Floresta Estacional de afloramentos calcários podem ser considerados como altos ($7,36 \text{ mg}.\text{dm}^{-3}$, no Horizonte A, e $6,07 \text{ mg}.\text{dm}^{-3}$, no horizonte Bi). A CTC da argila foi alta nos dois horizontes estudados, principalmente no A, em que se destacou o valor de $61,0 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$. Em ambos, sugere-se a presença de argilas com alta atividade.

Quanto aos dados de ataque sulfúrico, o Perfil 2 mostrou valores de 112,8 g/kg para a sílica, e de 82,5 g/Kg para o alumínio. O valor do ferro foi de 40,4 g/kg. Martins (2012), em seus estudos sobre Cambissolos de Florestas Estacionais de afloramentos de Capitão Enéias, Norte de Minas Gerais, encontrou valores de óxido de ferro inferiores a 80 g/kg; entretanto, a maioria dos perfis estudados possui coloração avermelhada, assim como o Cambissolo do Perfil 2, sugerindo a alta capacidade pigmentante da hematita, mesmo em pequenas quantidades. Os valores de Mn (0,72 g/Kg), Ti (4,8g/Kg) e P (0,75g/Kg) foram considerados como muito baixos, revelando a pobreza desses elementos no material de origem.

4.1.3 Floresta Estacional Decidual Tardia/Área Sul – Luvissole/Perfil 3

A área Sul possui uma das mais expressivas manchas de Floresta Estacional Decidual Nativa/Tardia do Parque Estadual da Mata Seca. A área se encontra no terço inferior de uma vertente (Figura 29). Assim, a superfície possui um relevo plano a suave/ondulado, típico das áreas próximas às lagoas marginais do rio São Francisco. Em alguns pontos, ocorrem afloramentos calcários e pequenas dolinas típicas de regiões cársticas.

Figura 29 – Floresta Estacional Decidual tardia e o perfil do LUVISSOLO HÁPLICO Órtico típico



Fonte: Acervo pessoal.

Os atributos morfológicos, físicos e químicos analisados no solo do Perfil 3 são apresentados no Quadro 3. O horizonte A possui cor 7,5YR 2,5/2 (bruno muito escuro); o horizonte Bt, 7,5 YR 3/4 (bruno-escuro); e o horizonte C, 2,5Y4/4 (bruno-oliváceo). O teor de ferro é maior do que o valor encontrado no perfil 2, no entanto, esse Luvissole mostrou matizes mais amarelados ao longo do perfil, diferindo, significativamente, do Cambissolo da Floresta Estacional Decidual cárstica. Essa realidade sugere que a matiz do Luvissole pode estar associada ao ambiente mal drenado da Mata Seca da área sul. Logo abaixo dos 90 cm, foi avistada a presença da rocha matriz, indicando a profundidade pouco expressiva desse Luvissole.

Quanto à textura, nota-se que o solo da Floresta Estacional da área Sul mostra valores da fração argila de 240, 450 e 300 g/kg nos horizontes A, Bt e C, respectivamente, sendo que, no horizonte Bt, a quantidade de argila pode ser considerada como alta.

Quadro 3 – Descrição morfológica, aspectos físicos e químicos do Perfil 3

Perfil 3 – Floresta Estacional Decidual/Área Sul – LUVISSOLO HÁPLICO										
Órtico típico										
Data da coleta: 13/04/2013 – Localização (coordenadas UTM): 608868/8350989										
Situação: terço inferior da encosta										
Relevo: suave ondulado; declividade 4%										
Formação geológica: Grupo Bambuí /Litologia: calcário										
Vegetação Primária: Floresta Estacional Decidual de alto porte – Uso atual: conservação										
Drenagem: imperfeitamente drenado										
Erosão: não aparente										
Descrição morfológica										
A	0-20cm; bruno muito escuro (7,5YR 2,5/2, úmida); média; moderada média granular; muito friável, muito plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual; raízes muitas e finas.									
Bt	20-40 cm; bruno-escuro (7,5YR 3/4, úmida); argiloso; moderada média blocos sub angulares; friável, muito plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual; raízes muitas e finas.									
C	90+ cm; bruno-oliváceo (2,5Y 4/4, úmida); poucos mosqueados pequenos vermelhos; média; maciça; friável, muito plástica e ligeiramente pegajosa; raízes comuns e finas.									
Observação: perfil descrito úmido. A rocha aflora logo abaixo do horizonte C.										
Análises laboratoriais										
Horizonte	Espessura (cm)	Análise textural (g/kg)				ADA (g/Kg)	GF(%)	Silte/Argila	pH em água	
		AG	AF	Silte	Argila					
A	0-20	210	150	400	240	70	69,20	1,66	6,70	
Bt	20-40	180	60	310	450	170	66,60	0,68	6,70	
C	90 +	70	410	220	300	60	80	0,73	6,10	
Horizonte	Complexo sortivo (cmol _c /dm ³)									
	Ca	Mg	K	Valor S	Al	H+Al	Valor V%	Valor m%	ValorT	P mg dm ⁻³
A	13,70	3,7	0,25	17,66	0,0	1,84	91	0,0	19,49	0,63
Bt	13,40	4,5	0,10	18,00	0,0	1,47	92	0,0	19,47	0,72
C	21,50	9,4	0,06	30,96	0,0	1,80	95	0,0	32,76	1,24
Horizonte	MO (g/kg)	Análises por ataque sulfúrico(g/kg)						T argila (cmol _c /kg)	Ki	
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO ₂	TiO ₂	P ₂ O ₅			
A	17,7	-	-	-	-	-	-	81,2	-	
Bt	14,5	191,4	126,6	62,1	0,73	7,26	0,73	43,2	2,57	
C	25,0	-	-	-	-	-	-	109,0	-	
AG – areia grossa; AF – areia fina; ADA – argila dispersa em água; GF – grau de floculação (GF=(argila – Ada)x100/argila); Valor S – soma de bases (S=Ca+Mg+K); Valor T – capacidade de troca catiônica (T=S+H+Al); T argila – atividade da argila (T argila=Tx1000/argila); V%=(Sx100/T); MO – matéria orgânica, Ki=(SiO ₂ x1,7)/Al ₂ O ₃ .										

Levando-se em conta que os valores da CTC foram muito altos (entre 43,22 cmol_c/kg e 1092 cmol_c/kg) sugere-se que esse Argissolo possui argilas do tipo 2:1, muito reativas. Os resultados da difratometria de raios X (Figura 35) mostram a presença de montmorilonita nesse solo, confirmando também o caráter altamente reativo das argilas. Os valores da argila dispersa em água (ADA) foram baixos em todos os horizontes, sugerindo a alta capacidade de floculação das argilas.

A relação silte/argila no horizonte Bt foi inferior a 0,7. Um valor baixo que pode indicar intemperização mais acentuada nesse solo. A presença de mosqueados no horizonte C indica a existência de períodos alternados de encharcamento e de drenagem da água no perfil do solo. Durante a saturação de água, tem-se a diminuição do oxigênio, o que provoca a redução química do ferro e a posterior remoção dos óxidos formados. Ao longo desse processo, o oxigênio pode penetrar em pequenas fissuras e orifícios deixados por raízes e animais. Nesses pequenos espaços com oxigênio, ocorre a oxidação do ferro, originando os mosqueados, caracterizados como manchas amarelas ou avermelhadas (LEPSCH, 2002).

As análises químicas de rotina, no Perfil 3, mostraram que o valor do pH em água foi de 6,7 nos dois primeiros horizontes, e de 6,10, no horizonte C, indicando uma acidez fraca nos primeiros quarenta centímetros e uma acidez moderada a partir dessa profundidade (horizonte C) (LOPES, 1989).

A distribuição de Ca, Mg e K é outro atributo químico que também se sobressai nessa área. Esses elementos apresentaram os mais expressivos valores, principalmente o Ca, que se destacou com 13,70; 13,40 e 21,50 cmol_c.dm⁻³ nos horizontes A, Bt e C, respectivamente. Também se deve ressaltar que a caracterização florística da Floresta Estacional Decidual da área Sul apresentou uma significativa ocorrência de espécies como *Handroanthus ochraceus* (ipê Amarelo), *Tabebuia roseo-alba* (ipê Branco), *Myracrodruon urundeuva* (aroeira) e *Anadenanthera colubrina* (angico vermelho) que, de acordo com Ratter *et al.* (1978), são calcícolas e indicadoras de fertilidade dos solos. Os trabalhos de Ratter *et al.* (1978) e de Duarte (2007) permitem inferir que existe uma estreita relação entre os maiores valores de Ca e a presença dessas espécies calcícolas mais exigentes no biótopo da área Sul.

Partindo do pressuposto de que o calcário é uma rocha sedimentar formada principalmente por sedimentos finos, e tendo em vista os altos valores da

argila, sugere-se que a presença de afloramentos de calcário e de dolinas nessa área comprovam a forte influência de rochas carbonáticas na formação desse Argissolo. É interessante destacar que os maiores valores de Mg também foram encontrados no Argissolo da Floresta Estacional Decidual Tardia da área Sul (3,7; 4,5 e 9,4 $\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$ nos horizontes A, Bt e C, respectivamente). Os valores de K também foram altos nesse biótopo.

Os valores de P foram considerados muito baixos. Em relação à matéria orgânica, o Argissolo da área Sul segue a tendência de valores baixos a médios da maioria dos solos do parque: 38,8, 17,7 e 14,5 g/kg nos horizontes A, Bt e C, respectivamente.

Quanto à CTC (T), os valores foram 19,49, 19,47 e 32,76 $\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$ nos horizontes A, Bt e C, respectivamente. Nessa perspectiva, vale destacar que os mais altos valores de V% também foram encontrados no Argissolo da Floresta Estacional Decidual Tardia da área Sul: com 91, 92 e 95% nos horizontes A, Bt e C, respectivamente. Valores que realmente chamam a atenção pela forma como se refletem no porte e na exuberância da formação vegetal que se encontra sobre esse substrato. A partir desses dados, infere-se que o Argissolo da área Sul se destaca como o mais fértil do Parque Estadual da Mata Seca. Em relação à CTC da argila, registraram-se valores altos em todos os horizontes: 81,2, 43,2 e 109,0 cmol_c/kg nos horizontes A, Bt e C, respectivamente, o que confirma a presença de argilas reativas nesse solo, o que provavelmente influencia positivamente na disponibilidade de nutrientes para as plantas.

Quanto aos resultados do ataque sulfúrico, o Perfil 3 se destacou pela presença de menores valores de alumínio (126,6 g/kg) em relação à sílica (191,4 g/kg). Neto e Almeida (2013), estudando Argissolos Amarelos em Santa Catarina, encontraram valores semelhantes e sugerem que essa situação evidencia a riqueza desse solo em argilas silicatadas, como a montmorilonita, e a carência de óxidos, como a gipsita, o que pode ser comprovado pelas análises de raios x e pelo elevado índice Ki.

No caso do Perfil 3, o valor de Fe_2O_3 pode estar associado à influência da sílica das áreas mais elevadas na gênese do solo, haja vista que esse perfil se encontra no terço inferior da vertente. O MnO_2 , o TiO_2 e o P_2O_5 apresentaram valores inexpressivos (0,73, 7,2 e 0,73 g/kg, respectivamente).

4.1.4 Floresta Estacional Decidual Intermediária 1 – Cambissolo/Perfil 4

O Perfil 4 foi aberto em uma Floresta Estacional Decidual em regeneração localizada na borda Oeste do parque. Essa vegetação foi desmatada pela última vez em 1980 e encontra-se entre as áreas planas mais elevadas da unidade de conservação (Figura 30).

Figura 30 – Floresta Estacional Decidual Intermediária 1 e o perfil do CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico latossólico



Fonte: Acervo pessoal.

Os dados referentes às características morfológicas, físicas e químicas são apresentados no Quadro 4. O relevo com declividade suave e a boa drenagem permitiram a formação de hematita (óxido de ferro), responsável pela coloração vermelha observada nos três horizontes encontrados no perfil. O horizonte A apresentou cor 2,5YR 3/4 (bruno avermelhado); o horizonte Bi, 10R 3/6 (vermelho-escuro); e o horizonte BC, 10R 4/8 (vermelho).

Em relação à textura, verificou-se que houve uma distribuição uniforme entre os valores das classes texturais. Nos três horizontes (A, Bi e BC), os valores da argila variaram entre 390 e 200 g/kg. O horizonte A foi o mais argiloso, com 380 g/kg. Em todos os horizontes, os valores da areia foram superiores a 400 g/kg. O horizonte C foi o mais arenoso, com 680g/kg, enquanto que o horizonte A se destacou com o menor valor de areia; 410 g/kg. A relação silte/argila no horizonte Bi foi de 0,43.

Quadro 4 – Descrição morfológica, aspectos físicos e químico do Perfil 4

**Perfil 4 – Floresta Estacional estágio intermediário 1 – CAMBISSOLO
HÁPLICO Tb Eutrófico latossólico**

Data da coleta:13/04/2013 – Localização(Coordenadas UTM):605.764/8353533

Situação: terço superior da encosta.

Relevo: Ondulado; declividade 12%

Formação geológica: Grupo Bambuí-Subgrupo Rio Paraopeba/Litologia: siltito/calcário

Vegetação Primária: Floresta Estacional Decidual em regeneração/Estágio intermediário - Uso: Conservação

Drenagem: bem drenado

Erosão: Não aparente.

Descrição morfológica	
A	0-16 cm; bruno avermelhado (2,5YR 3/4, úmida); franco argilosa; moderada média blocos subangulares; friável, muito plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual; raízes muitas e finas.
Bi	16-81 cm; vermelho escuro (10R 3/6, úmida); argilo arenosa; forte pequena blocos subangulares; friável, muito plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual; raízes comuns e finas.
BC	81-180; vermelho (10R 4/8, úmida); média; forte média blocos subangulares; friável, muito plástica e pegajosa; raízes poucas e finas.

Observação: Perfil descrito úmido.

Análises laboratoriais										
Horizonte	Espessura (cm)	Análise textural (g/kg)				ADA (g/Kg)	GF(%)	Silte/Argila	pH em água	
		AG	AF	Silte	Argila					
A	0-16	310	100	210	380	120	68,42	0,55	6,00	
Bi	16-81	230	210	170	390	40	89,74	0,43	6,10	
BC	81-180	140	540	120	200	40	80	0,60	6,20	
Horizonte	Complexo sortivo (cmol/dm ³)									
	Ca	Mg	K	Valor S	Al	H+Al	Valor V%	Valor m%	ValorT	P mg dm-3
A	5,60	2,90	0,05	8,55	0,0	2,29	79	0,0	10,85	0,39
Bi	5,80	2,40	0,03	8,23	0,0	1,47	85	0,0	9,70	0,23
BC	3,50	1,90	0,03	5,43	0,0	1,42	79	0,0	6,85	0,72
Horizonte	MO (g/kg)	Análises por ataque sulfúrico(g/kg)						T argila (cmol/kg)	Ki	
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO ₂	TiO ₂	P ₂ O ₅			
A	25,0							28,5		
Bi	14,5	216,9	156,7	76,8	0,98	7,1	0,39	24,8	2,35	
BC	13,5							34,2		

AG – areia grossa, AF – areia fina, ADA – argila dispersa em água, GF – grau de floculação(GF=(argila – Ada)x100/argila), Valor S – soma de bases(S=Ca+Mg+K+), Valor T – Capacidade de troca catiônica(T=S+H+Al), T argila – atividade da argila(T argila=Tx1000/argila), V%=(Sx100/T), MO – matéria orgânica, Ki=(SiO₂x1,7)/Al₂O₃

A ADA foi baixa em todos os horizontes, enquanto que o grau de floculação (GF) foi alto, sugerindo a presença de micropartículas com pouca mobilidade na presença de água.

A análise de rotina mostrou que o Perfil 4 apresentou pH em água com valores de 6,0, 6,10 e 6,20 nos horizontes A, Bi e BC, respectivamente, evidenciando a acidez moderada desse solo (LOPES, 1989). A CTC foi considerada alta nos dois primeiros horizontes (10,85 e 9,70 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$, respectivamente) e média no horizonte BC (6,85 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$). Os valores do Ca e Mg foram muito altos nos horizontes A e Bi, o que explica, em parte, os altos valores da CTC nos dois primeiros horizontes. Obviamente, a alta CTC também está relacionada com os altos valores da soma de bases (Valor S) nessas amostras, sendo que o horizonte A apresentou 8,55 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$, e o horizonte Bi, 8,23 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$.

No entanto, os valores da soma de bases e da CTC decresceram na direção da rocha matriz, o que corrobora os estudos de Souza *et al.* (2010), que encontraram uma tendência de decréscimo dos valores de soma de bases e de CTC com o aumento da profundidade. Esses autores sugerem que a redução desses valores se deve à diminuição dos valores de matéria orgânica. O Al e o valor m% foram nulos, enquanto que o valor V% foi superior a 70% nos três horizontes, assegurando o caráter eutrófico desse solo. A matéria orgânica foi baixa nos horizontes Bi e BC (14,5 e 13,5 g/Kg, respectivamente). Seguindo uma tendência geral, no horizonte A, nota-se um valor maior para a matéria orgânica (25,0 g/Kg). Outra tendência que se confirma refere-se aos baixos valores de P nos três horizontes.

Quanto aos resultados de ataque sulfúrico, o horizonte Bi do Perfil 4 se destacou com um significativo valor de SiO_2 (216,9 g/kg). Estudos realizados pela EPAMIG (1990) em Cambissolos do Jaíba, Norte de Minas, detectaram valores de sílica (SiO_2) semelhantes a esses. O valor do Al_2O_3 foi de 156,7g/kg, enquanto que o do Fe_2O_3 foi de 76,8g/kg. Os valores de MnO_2 , TiO_2 e P_2O_5 foram de 0,98, 7,1 e 0,39 g/kg, respectivamente. O valor de Fe_2O_3 sugere a presença de mica na constituição mineralógica do substrato rochoso que deu origem a esse solo, haja vista que esse mineral é um filossilicato, constituindo-se na maior fonte de Fe em ambientes tropicais (MELO *et al.*, 2009). Entretanto, considerando-se os parâmetros usados pela EMBRAPA (2013), esse solo é hipoférrico, ou seja, possui baixo teor de Fe_2O_3 , sugerindo também a presença de quartzo no material de origem. No entanto,

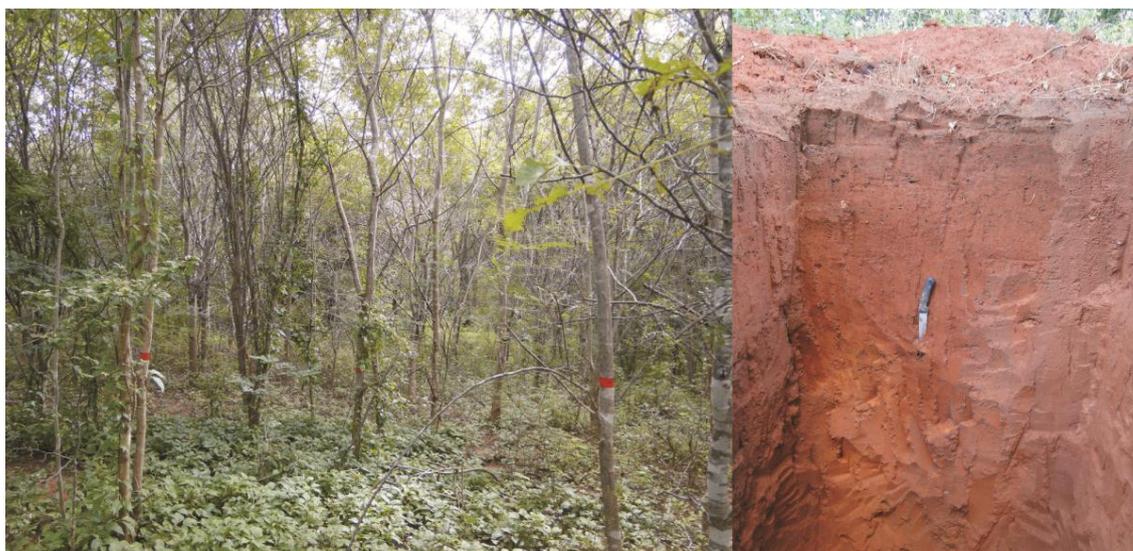
também deve-se levantar a possibilidade da presença do quartzo estar associada a um material coluvional que influenciou a pedogênese. Nesse sentido, os valores expressivos da fração areia nesse solo corroboram essa perspectiva de análise. Reatto (1998) encontrou valores semelhantes em Latossolos Vermelho-Amarelos em Ipatinga, Leste de Minas, mas se sugere que esses valores estejam associados ao material de origem granítico que predomina na região e que é rico em quartzo e pobre em ferro.

4.1.5 Floresta Estacional Decidual Intermediária 2 – Cambissolo/Perfil 5

O Perfil 5 foi aberto em uma Floresta Estacional que também se encontra na borda Oeste do parque. Assim como a Floresta Estacional Intermediária 1, essa vegetação foi desmatada para pastagem em 1980, sendo que a Floresta Intermediária 2 passou por vários desmates pontuais voltados para a retirada dos arbustos e das herbáceas que crescem naturalmente dentro do pasto artificial (Figura 31). O último desmate ocorreu em 1998, permitindo uma regeneração natural que já completou 15 anos. Esse Cambissolo é muito semelhante ao Cambissolo da Floresta Intermediária 1, sobretudo no tocante à coloração.

Os aspectos morfológicos, físicos e químicos analisados no solo do Perfil 5 são apresentados no Quadro 5. A cor do horizonte A desse solo é 10R 3/3 (vermelho muito escuro), enquanto que o horizonte Bi apresentou cor 10R 3/6 (vermelho-escuro). As condições hidrográficas, climáticas e de declividade semelhantes às encontradas no Perfil 4 permitiram o desenvolvimento de óxidos de ferro (hematita) que conferiram a cor vermelha dos horizontes ao longo do perfil.

Figura 31 – Floresta Estacional Decidual Intermediária 2 e o perfil do CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico típico



Fonte: Acervo pessoal.

Quadro 5 – Descrição morfológica, aspectos físicos e químicos do perfil 5

Perfil 5 – Floresta Estacional estágio intermediário 2 – CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico típico											
Data da coleta:13/04/2013 – localização (coordenadas UTM): 606.705/8358162											
Situação: topo											
Relevo: suave ondulado; declividade 4%											
Formação geológica: Grupo Bambuí / litologia: siltito											
Vegetação Primária: Floresta Estacional Decidual em regeneração / estágio intermediário - Uso: conservação											
Drenagem: bem drenado											
Erosão: não aparente											
Descrição morfológica											
A	0-22cm; vermelho muito escuro (10R 3/3 úmida); franco arenosa; forte média blocos sub angulares e forte média granular; friável, muito plástica e pegajosa; transição clara; raízes poucas e finas.										
Bi	22-180 ⁺ cm; vermelho-escuro (10R 3/6, úmida); franco arenosa; moderada pequena; blocos sub angulares; friável, muito plástica e ligeiramente pegajosa; raízes raras e finas.										
Observação: perfil descrito úmido.											
Análises laboratoriais											
Horizonte	Espessura (cm)	Análise textural (g/kg)				ADA (g/Kg)	GF(%)	Silte/Argila	pH em água		
		AG	AF	Silte	Argila						
A	0-22	630	90	160	120	50	58	1,3	6,1		
Bi	22-180	130	500	240	130	20	85	1,8	6,5		
(Conclusão)											
Horizonte	Complexo sortivo (cmol/dm ³)										
	Ca	Mg	K	Valor S	Al	H+Al	Valor V%	Valor m%	ValorT	P mg dm- 3	
A	5,60	2,80	0,03	8,43	0,0	1,41	86	0,0	9,84	1,89	
Bi	3,00	1,00	0,03	4,03	0,0	1,26	76	0,0	5,29	1,06	
Horizonte	MO (g/kg)	Análises por ataque sulfúrico(g/kg)						T argila (cmol/kg)	Ki		
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO ₂	TiO ₂	P ₂ O ₅				
A	23,7							82,0			
Bi	18,8	135,9	90,1	32,3	0,23	4,07	0,20	40,0	2,56		
AG – areia grossa; AF – areia fina; ADA – argila dispersa em água; GF – grau de flocculação (GF=(argila – Ada)x100/argila); Valor S – soma de bases (S=Ca+Mg+K); Valor T – capacidade de troca catiônica (T=S+H+Al); T argila – atividade da argila (T argila=Tx1000/argila); V%=(Sx100/T); MO – matéria orgânica, Ki=(SiO ₂ x1,7)/Al ₂ O ₃											

Quanto à textura, percebeu-se que o Perfil 5 possui os maiores valores de areia, 720 e 630 g/kg nos horizontes A e Bi e os menores teores de argila, 120 e 130g/kg, respectivamente. A relação silte/argila no horizonte Bi foi de 1,8. No tocante à argila dispersa em água (ADA), os valores dos horizontes A e Bi foram de 50 e 20 g/kg, sendo os valores do grau de floculação nos dois horizontes analisados de 58 e 85%, respectivamente.

No tocante aos aspectos químicos da análise de rotina, os resultados das amostras do Perfil 5 também são muito parecidos com aqueles encontrados no Perfil 4. A acidez foi considerada como moderada nos horizontes A e Bi (6,1 e 6,5, respectivamente). A CTC foi muito alta no horizonte A ($9,84 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) e média no horizonte Bi ($5,29 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$). Os valores do Ca e do Mg foram muito altos nos horizontes A e Bi ($5,60$ e $2,80 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$, respectivamente). O valor do K foi de $0,03 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ nos dois horizontes analisados, o que caracteriza um ambiente com valores considerados como muito baixos (RIBEIRO *et al.*, 1999). Sabe-se que o material de origem desse solo é rico em mica, fato comprovado pela difratometria de raio x (Figura 35), sendo que as micas estão entre os minerais que mais cedem K para os solos (KAMPF *et al.*, 2009). Ao constatar a presença de baixos valores de K em Cambissolos e Argissolos do sertão de Pernambuco, Souza *et al.* (2010) sugerem que a causa dos baixos teores desse elemento no solo se deve ao grande potencial de solubilidade do K associado às chuvas torrenciais e à boa drenagem. Teores semelhantes de K, em torno de $0,03 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$, foram encontrados por Pereira *et al.* (2010) em solos desenvolvidos em rochas pelíticas do Grupo Bambuí.

A soma de bases (valor S) se destacou com $8,43 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$, no horizonte A, e $4,03 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$, no horizonte Bi. A saturação por alumínio (valor m%) foi nula, enquanto que o valor V % foi de 86% no horizonte A e de 76% no horizonte Bi, o que confirma a eutrofia desses solos. O P apresentou $1,89$ e $1,06 \text{ mg}.\text{dm}^{-3}$ nos horizontes A e Bi, respectivamente. Ressalta-se que os valores do P no Perfil 5 foram maiores do que os valores encontrados no Perfil 4, o que se deve provavelmente ao fato de a Floresta Estacional Intermediária 2 (Perfil 5) já ter sido pastagem artificial, com grande acúmulo de matéria orgânica no solo. Sabe-se que a matéria orgânica, através dos ácidos húmicos, favorece a disponibilidade de P no solo (SILVA FILHO e SILVA, 2002; DUARTE *et al.*, 2013). Atualmente, os valores da matéria orgânica não são tão expressivos ($23,7 \text{ g/kg}$, no A, e $18,8 \text{ g/kg}$, no Bi), mas estão dentro da realidade encontrada na maioria das amostras consideradas neste

trabalho. A CTC da argila do horizonte A foi de 82 cmolc/kg, enquanto no Bi foi de 44,0 cmolc/kg, valores considerados como altos e típicos de argilas de alta atividade.

A morfologia dos solos e os aspectos geomorfológicos e litológicos do Perfil 5 são muito semelhantes aos do perfil 4, entretanto, os dados obtidos através da técnica de ataque sulfúrico revelaram diferenças muito significativas, sobretudo no tocante aos valores de SiO_2 e Fe_2O_3 . O valor da sílica no Perfil 5 foi 135,9 g/kg. O valor do Al_2O_3 , 90,1 g/kg, e o do Fe_2O_3 , 32,30g/kg. A EPAMIG (1990) encontrou valores de óxido de ferro semelhantes em seus estudos sobre a caracterização dos Latossolos Vermelhos de Montalvânia e de Miravânia, no extremo Norte de Minas.

Ao encontrarem baixos valores de óxido de ferro em Latossolos de Minas Gerais, Ferreira *et al.* (1999) sugerem que isso se deve ao material de origem desses solos, uma vez que os arenitos (Grupo Urucuia) da área de estudo são pobres em ferro. Araújo (2011) também associa os baixos valores de óxidos de ferro em Latossolos e Argissolos do Rio Grande do Sul à presença de um material de origem pobre em ferro. Por tudo isso, é possível que o valor do óxido de ferro do Cambissolo do Perfil 5 esteja relacionado à diminuição da presença de mica nos sedimentos que compõem o material de origem desse solo. Por fim, ressalta-se que a boa drenagem associada ao valor de óxido e sua capacidade pigmentante conferiram a coloração vermelha a esse solo. Seguindo a tendência das demais amostras, o teor de manganês foi muito baixo (0,23 g/Kg), assim como os valores de titânio e de fósforo (4,0 e 0,20g/kg, respectivamente).

4.1.6 Caatinga Arbustiva Aberta – Neossolo Litólico/Perfil 6

A Caatinga Arbustiva Aberta do Parque Estadual da Mata Seca encontra-se sobre uma área de Neossolos Litólicos marcados pelo predomínio de grandes afloramentos de rocha calcária, o que não permitiu a abertura de uma trincheira. Nas áreas que apresentavam material intemperizado, notou-se a presença de um horizonte A com, no máximo, 15 cm de profundidade e que, durante o período chuvoso, sustenta um tapete graminoso bastante desenvolvido (Figura 32).

Figura 32 – Caatinga Arbustiva Aberta e área onde foi coletada a amostra do NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico



Fonte: Acervo pessoal.

Foi retirada a amostra do horizonte A para as análises químicas, físicas e morfológicas, cujos resultados encontram-se no Quadro 6. Devido ao grande acúmulo de matéria orgânica, o horizonte A da Caatinga Arbustiva Aberta apresentou coloração bastante escura: 7,5YR 2,5/1 (preto). Em relação à textura, o predomínio da areia foi absoluto: 860 g/kg. O valor da argila foi de 30 g/kg, e o do silte, 110 g/kg. O teor de argila dispersa em água (ADA) foi de 20 g/kg, resultando em um grau de flocculação (GF) de 33 %. O valor da relação silte/argila foi de 1,75.

Em relação às análises químicas de rotina, vale destacar que o horizonte A apresentou uma alcalinidade fraca, uma vez que registrou um pH de valor 7,4.

Quadro 6 – Descrição morfológica, aspectos físicos e químicos do perfil 6

Perfil 6 – Caatinga Arbustiva Aberta – NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico

Data da coleta: 13/04/2013 – localização (coordenadas UTM): 608706/ 8358712

Situação: topo (2° patamar)

Relevo: suave; declividade 2%

Formação geológica: Grupo Bambuí / Litologia: calcário

Vegetação primária: Caatinga Arbustiva Aberta - Uso atual: conservação

Drenagem: bem drenado

Erosão: não aparente

Descrição morfológica	
A	0-12 cm; preto (7,5YR 2,5/1 úmida); arenosa; forte pequena média granular; muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição abrupta.
R	12 ⁺ cm

Observação: perfil descrito úmido.

Análises laboratoriais											
Horizonte	Espessura (cm)	Análise textural (g/kg)				ADA (g/Kg)	GF(%)	Silte/Argila	pH em água		
		AG	AF	Silte	Argila						
A	0-12	760	100	110	30	20	33	3,6	7,4		
R	12 ⁺	-	-	-	-	-	-	-	-		
Horizonte	Complexo sortivo (cmol/dm ³)										
	Ca	Mg	K	Valor S	Al	H+Al	Valor V%	Valor m%	ValorT	P mg dm- 3	
A	1,10	0,50	0,11	1,71	0,0	0,87	66	0,0	2,59	260,0	
R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Horizonte	MO (g/kg)	Análises por ataque sulfúrico(g/kg)						T argila (cmol/kg)	Ki		
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO ₂	TiO ₂	P ₂ O ₅				
A	71,3							86,3			
R											

AG – areia grossa; AF – areia fina; ADA – argila dispersa em água; GF – grau de flocculação (GF=(argila – Ada)x100/argila); Valor S – soma de bases (S=Ca+Mg+K); Valor T – capacidade de troca catiônica(T=S+H+Al); T argila – atividade da argila (T argila=Tx1000/argila); V%=(Sx100/T); MO – matéria orgânica, Ki=(SiO₂x1,7)/Al₂O₃.

Os valores de Ca e Mg foram baixos (1,10 e 0,50 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$). O K se destacou entre os maiores valores das amostras analisadas (0,11 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$). A soma de bases foi considerada como baixa, haja vista que se registrou um valor de 1,71 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$. A CTC de 2,59 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ é considerada como baixa. O valor V foi de 66%.

Dentre todas as amostras avaliadas, o mais alto valor de matéria orgânica foi encontrado no horizonte A do Neossolo Litólico da Caatinga Arbustiva Aberta, 71,3 g/Kg. O mesmo pode-se dizer do valor do P, que também se destacou com um valor considerável, 260 $\text{mg}.\text{dm}^{-3}$. A presença dessa matéria orgânica está associada à produção da biomassa vegetal do tapete herbáceo que se desenvolve na área nos períodos de chuvas. Quanto ao alto valor do P, sabe-se que a matéria orgânica, através dos ácidos húmicos, age na disponibilização de fósforo para as plantas por meio de vários processos, tais como a complexação do cálcio, impedindo que esse elemento forme interações estáveis com o fósforo (como o fosfato cálcico, indisponível para os vegetais), e também pela adsorção do íon fosfato, deixando-o disponível para as plantas (SILVA FILHO; SILVA, 2002; DUARTE *et al.*, 2013).

Para a EMBRAPA (2013), a argila de atividade alta corresponde a uma CTC da argila com valor superior a 27 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$. A CTC da argila no Neossolo da Caatinga Arbustiva Aberta foi de 83,33 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$, um valor considerado alto, mas que não pode ser comparado ao parâmetro usado pela Embrapa, pois esse solo possui textura arenosa.

4.1.7 Floresta Estacional Decidual Tardia / Trilha da Barriguda – Cambissolo/Perfil 7

A Mata Seca da Trilha da Barriguda localiza-se na porção Norte da unidade de conservação e juntamente com a vegetação da área Sul, constitui-se a mais representativa área de Floresta Estacional Decidual Tardia do Parque Estadual da Mata Seca (Figura 33). O relevo plano da área encontra-se sobre o topo do platô situado no segundo patamar altimétrico do parque. Os dados referentes às características morfológicas, físicas e químicas do solo se encontram no Quadro 7.

Figura 33 – Floresta Estacional Decidual Tardia e perfil do CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico latossólico



Fonte: Acervo pessoal.

Quadro 7 – Descrição morfológica, aspectos físicos e químicos do Perfil 7

Perfil 7 – Floresta Estacional Decidual/Trilha da Barriguda – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico latossólico											
Data da coleta: 13/04/2013 – localização (coordenadas UTM): 610.795/8358661											
Situação: topo (2°patamar)											
Relevo: plano; declividade 2%											
Formação geológica: Grupo Bambuí / Litologia: calcário											
Vegetação primária: Floresta Estacional Decidual de alto porte - Uso atual: conservação											
Drenagem: bem drenado											
Erosão: não aparente											
Descrição morfológica											
A	0-24 cm; bruno avermelhado escuro (2,5YR 2,5/4, úmida); franco argila arenosa; moderada média granular; friável a firme, muito plástica e ligeiramente pegajosa a pegajosa; transição gradual; raízes muitas e finas.										
Bi	24-200 ⁺ cm; vermelho (10R 4/8, úmida); franco argilosa; moderada média blocos sub angulares; friável, muito plástica e ligeiramente pegajosa a pegajosa; muitas raízes finas no topo e comuns a partir de 50cm.										
Observação: perfil descrito úmido.											
Análises laboratoriais											
Horizonte	Espessura (cm)	Análise textural (g/kg)				ADA (g/Kg)	GF(%)	Silte/Argila	pH em água		
		AG	AF	Silte	Argila						
A	0-24	320	120	250	310	110	64,51	0,80	7,2		
Bi	24-200	260	30	350	360	80	77,77	0,97	6,7		
Horizonte	Complexo sortivo (cmol _c /dm ³)										
	Ca	Mg	K	Valor S	Al	H+Al	Valor V%	Valor m%	ValorT	P mg dm ⁻³	
A	1,30	0,50	0,03	1,83	0,0	1,47	55	0,0	3,30	0,63	
Bi	3,0	1,0	0,44	4,45	0,0	1,27	78	0,0	5,72	0,97	
Horizonte	MO (g/kg)	Análises por ataque sulfúrico(g/kg)						T argila (cmol _c /kg)	Ki		
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO ₂	TiO ₂	P ₂ O ₅				
A	29,3	-	-	-	-	-	-	10,6	-		
Bi	17,3	200,9	143,4	64,4	0,59	5,36	0,42	15,8	2,38		
AG – areia grossa; AF – areia fina; ADA – argila dispersa em água; GF – grau de floculação (GF=(argila – Ada)x100/argila); Valor S – soma de bases (S=Ca+Mg+K); Valor T – capacidade de troca catiônica (T=S+H+Al); T argila – atividade da argila (T argila=Tx1000/argila); V%=(Sx100/T); MO – matéria orgânica, Ki=(SiO ₂ x1,7)/Al ₂ O ₃ .											

As condições geológico-geomorfológicas associadas ao clima permitiram o desenvolvimento de um Cambissolo cujas colorações do horizonte A (bruno avermelhado escuro) e do horizonte Bi (vermelho) sugerem a presença de óxidos de ferro oriundos do substrato calcário da área.

Quanto à textura, percebeu-se que não existe um predomínio expressivo de uma fração do solo em relação às demais. No horizonte A, o valor da areia foi de 440 g/kg; o do silte, 250 g/kg; e o da argila, 310 g/kg.

No horizonte Bi, os valores dessas três frações foram de 290 g/kg, 350 g/kg e 360 g/kg, respectivamente. A relação silte/argila no horizonte Bi foi de 0,97. Os valores da argila dispersa em água (ADA) foram baixos, o que proporcionou um grau de floculação elevado nos dois horizontes estudados. Resultados semelhantes foram encontrados por Souza *et al.* (2010) em seus estudos sobre os Cambissolos Háplicos dos Brejos de altitude de Pernambuco. Esses resultados sugerem a presença de argilas com boa capacidade de aglutinação, o que faz com que esses solos sejam naturalmente poucos suscetíveis à erosão.

No que diz respeito às análises de rotina, o Perfil 7 mostrou uma realidade não muito diferente da maioria das amostras avaliadas na área. Conforme a escala de acidez e a alcalinidade propostas por Lopes (1989), o pH do horizonte A dessa amostra revela uma alcalinidade fraca, enquanto que, no horizonte Bi, se nota uma acidez fraca. Considerando a tabela do nível fertilidade para a análise de rotina em Minas Gerais, adaptada por Alvarez *et al.* (1999), o teor de Ca e de Mg (1,30 e 0,50 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$, respectivamente) no horizonte A foi considerado médio. No horizonte Bi, os valores foram muito altos para o Ca (3,0 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) e altos para o Mg (1,00 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$). O valor de K foi baixo no horizonte A (0,03 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), assim como na maioria dos solos estudados, mas, no horizonte Bi, foi encontrado um valor que se destacou como o mais alto dentre todas as amostras da área; 0,44 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$. A soma de bases foi considerada média no horizonte A (1,83 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) e alta no horizonte Bi (4,45 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$). A CTC foi baixa no horizonte A (3,30 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) e média no horizonte Bi (5,72 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$).

O valor do P foi baixo, o que condiz com os resultados encontrados por Pereira *et al.*, (2010) em seus estudos sobre Cambissolos e Latossolos oriundos de rochas pelíticas do Grupo Bambuí em Curvelo, Minas Gerais. Almeida (1979), *apud* Pereira (2010 *et al.*), sugere que os baixos valores de P representam a principal limitação nutricional de solos de origem pelítica; no entanto, deve-se ressaltar que os

solos brasileiros são carentes desse nutriente devido principalmente ao material de origem (MACHADO *et al.*, 2011). A matéria orgânica apresentou um valor médio no horizonte A (29,3 g/kg) e um valor baixo no horizonte Bi (17,3 g/kg). O valor V registrou 55 % no horizonte A e 78 % no horizonte Bi. Deve-se ressaltar que esse solo sustenta uma cobertura vegetal fisionomicamente semelhante à encontrada na área Sul do parque. No entanto, na área Sul, percebe-se que a fertilidade do solo é muito mais evidente, o que não ocorre na Trilha da Barriguda. Assim, o ligeiro decréscimo do porte e da densidade da Floresta Estacional da área Sul em direção à floresta da Trilha da Barriguda reflete a melhor qualidade edáfica da área Sul e a possível menor idade de regeneração da mata da Trilha da Barriguda.

Quanto à CTC da argila na Trilha da Barriguda, ressalta-se a presença de um valor muito baixo no horizonte A (10,6 cmolc/kg). No horizonte Bi, a CTC da argila foi de 15,8 cmolc/kg. Nota-se que os dois valores são inferiores a 27 cmolc/kg, o que indica a presença de argilas de baixa atividade nesse solo.

Quanto aos resultados da análise de ataque sulfúrico, o perfil 7 apresentou um dos mais altos valores de SiO₂ (200,9 g/kg), enquanto que o valor do óxido de alumínio foi de 143,4 g/kg. O valor de Fe₂O₃ (64,4 g/kg), embora não seja muito expressivo, foi suficiente para fazer com que a coloração se tornasse avermelhada. O valor do óxido de manganês foi de 0,59 g/Kg. O valor do TiO₂ foi de 5,36 g/kg, e o de P₂O₅ apresentou apenas 0,42 g/kg. Estudando Cambissolos Háplicos de origem calcária em matas do Norte de Minas, Martins (2012) encontrou valores semelhantes para o óxido de manganês em vários perfis. Os valores do fosfato encontrados por essa autora também não foram expressivos, mas foram maiores do que os valores encontrados no Parque Estadual da Mata Seca, uma vez que giraram em torno de 2,5 g/Kg. Os baixos teores de manganês, titânio e fosfato sugerem a pobreza dos elementos Mn, Ti e P no material de origem (MARTINS, 2012). Verhoogen *et al.* (1970), citados por Martins (2012), constataram que a principal fonte de fosfato (a apatita) é comum em várias rochas, mas que normalmente surge como menor mineral constituinte, contribuindo pouco para a presença de P no solo.

O valor do índice Ki foi de 2,38, o que indica o predomínio da sílica em relação ao alumínio na composição química dos minerais do solo. Martins (2012), em seus estudos sobre Cambissolos de Matas Secas no Norte de Minas, obteve valores próximos para esse mesmo índice de intemperismo. Essa autora sugere que

esses valores podem estar associados à presença de illita e de caulinita. Nesse sentido, ressalta-se que o resultado da difratometria de raios x da fração argila do horizonte Bi do Perfil 7 (Figura 35) corrobora essa opinião, pois foram detectados picos de illita e de caulinita no solo.

4.2 Análise dos atributos mineralógicos – difratometria de raios x

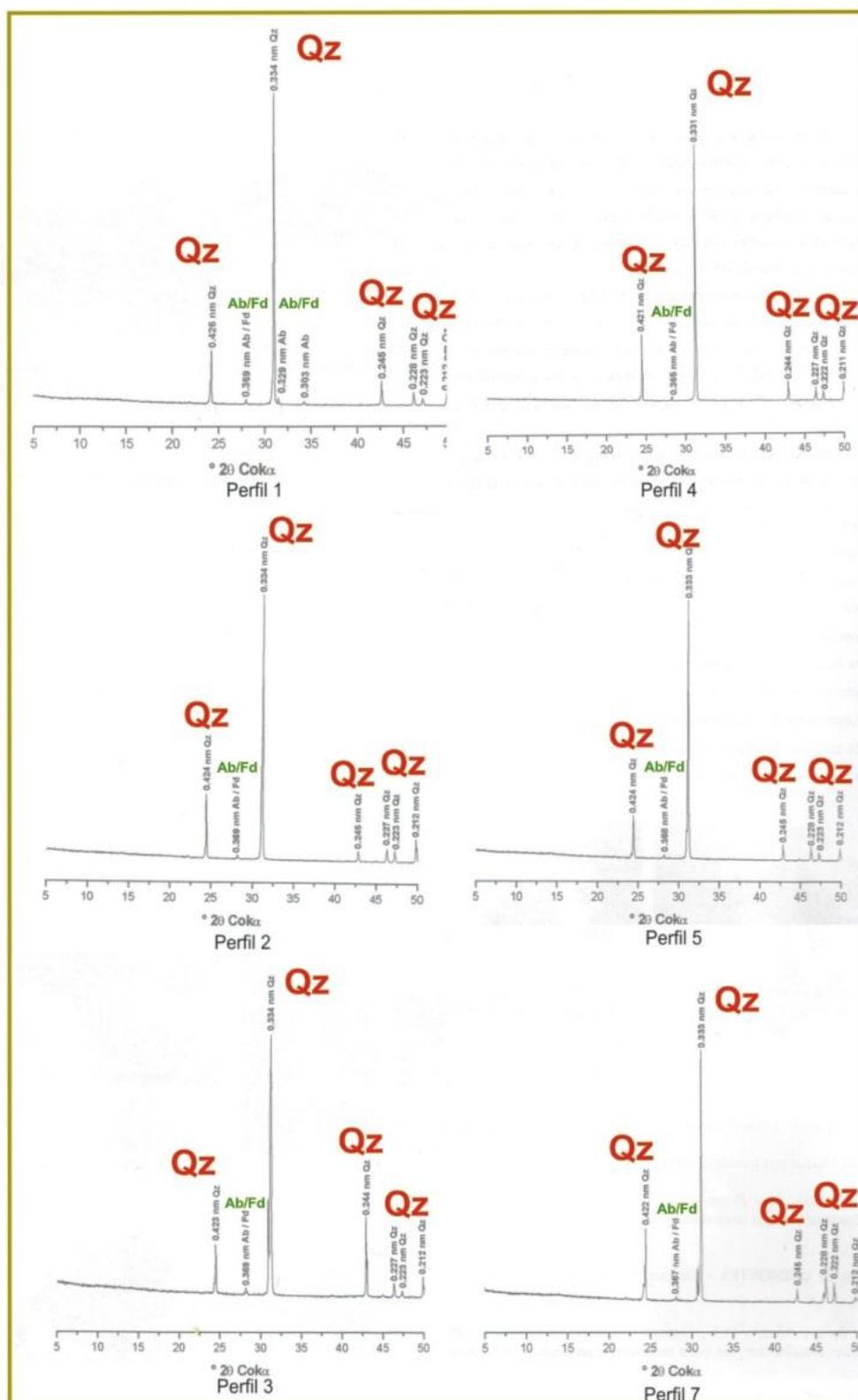
A difratometria de raios x (DRX) é de fundamental importância para os estudos voltados para a compreensão da interação entre os atributos mineralógicos do solo e as características fisionômicas e estruturais da vegetação, uma vez que identifica os minerais presentes nas frações argila, silte e areia, permitindo inferir sobre o comportamento edáfico e sobre sua reserva mineral, o que irá determinar a presença de nutrientes que irão influenciar o desenvolvimento vegetacional. Para Resende *et al.* (2005, p.17), “a difratometria de raios x é a mais poderosa ferramenta para estudos de minerais no solo”. Esses autores ainda ressaltam que essa técnica tem várias possibilidades de uso na Pedologia, com destaque para estudos de fertilidade de solos, nutrição mineral de plantas e pesquisas sobre potenciais de nutrientes existentes nos solos. De acordo com Reatto *et al.* (1998), a difratometria de raios x nos estudos de mineralogia dos solos é de grande relevância para a compreensão do potencial de fertilidade, haja vista que permite a identificação de minerais primários e secundários que irão retratar a reserva mineral e a capacidade do solo como fonte direta de nutrientes para as plantas.

Neste trabalho, a difratometria de raios x foi empregada apenas nos horizontes B e no horizonte Cg do Perfil 1 da Mata Ciliar, por considerarmos que estes horizontes são os mais importantes para a definição das características dos solos. Para cada amostra, foram analisadas somente as frações argila e areia, também por supor que estas frações são as mais relevantes para a definição do caráter edáfico geral da área estudada.

A mineralogia da fração areia mostrou o predomínio absoluto do quartzo, com picos estreitos à meia altura em todos os perfis (Figura 34), demonstrando a natureza estável, bem cristalizada e o maior tamanho desse mineral (RESENDE *et al.*, 2005). Pereira *et al.* (2010) sugerem que a presença significativa de quartzo na fração areia revela pobreza das fontes de reserva de nutrientes nas frações grosseiras dos solos. O mineral feldspato/albita também se faz presente em todas as

amostras, o que sugere que esses solos sejam jovens, uma vez que o feldspato é um mineral mais fácil de ser intemperizado (MELO *et al.*, 2000). Vale ressaltar que os resultados de todas as amostras foram muito semelhantes no tocante à presença dos minerais acima citados na fração areia (Figura 34).

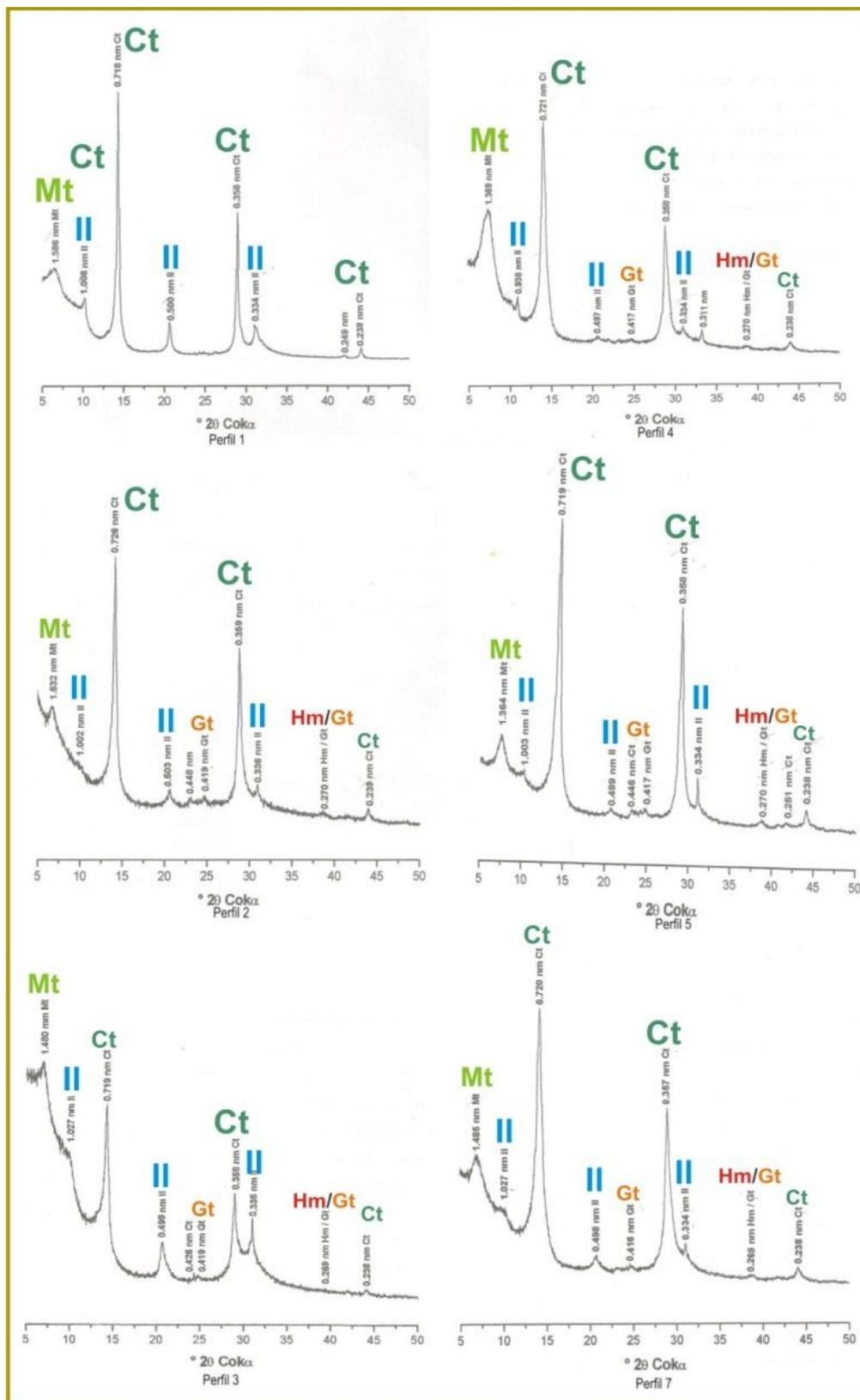
Figura 34 – DRX representativos dos tratamentos realizados nas frações areia dos solos estudados



Legenda: Ct – Caulinita; Gt – Goethita; Hm – Hematita; Mn – Montmorilonita; Il – Illita;
Fd – Feldspato; Ab – Albita; Qz – Quartzo.

A mineralogia da fração argila revela a presença marcante da caulinita em todos os solos pesquisados, principalmente no perfil 5 (Figura 35). Pereira *et al.* (2010) ressaltam que a presença de caulinita é muito comum em latossolos argilosos, o que favorece a consistência dura desses solos quando secos. Resende *et al.* (2005) destacam que a caulinita é o argilo-mineral de mais ampla ocorrência nos solos, sobretudo naqueles da zona intertropical. Como todos os solos estudados apresentaram valores nulos para a saturação por alumínio (valor m%) e alumínio trocável, vale ressaltar que a totalidade desse elemento nesses solos se encontra principalmente na forma estrutural, ou seja, a maioria do alumínio presente nos biótopos do Parque Estadual da Mata Seca faz parte da estrutura cristalográfica das caulinitas representadas pelos picos da difratometria de raios X. Tisdall e Oades (1982), *apud* Pedrotti *et al.* (2003), ressaltam a importância de aluminossilicatos como a caulinita no desenvolvimento dos agregados, pois esses minerais, juntamente com os óxidos e os ácidos húmicos, possuem propriedades ligantes que aglutinam as micropartículas dos solos, formando os agregados.

Figura 35 – DRX representativos dos tratamentos realizados nas frações argila dos solos estudados



Legenda: Ct – Caulinita; Gt – Goethita; Hm – Hematita; Mn – Montmorilonita; II – Ilita; Fd – Feldspato; Ab – Albita; Qz – Quartzo.

A goethita e a hematita foram encontradas na maioria das amostras através dos picos 0,41 e 0,27 nm (para a goethita) e 0,27 nm (para a hematita). Apenas na amostra da Mata Ciliar não foi identificada a presença desses minerais, provavelmente em função da deficiência de drenagem, o que dificulta a formação desses óxidos de ferro. Resende *et al.* (2005) destacam que a goethita e a hematita são responsáveis pelo amarelo e pelo vermelho nos solos, mas apenas quando esses minerais possuem cristais menores. Correa *et al.* (2008) ressaltam que a hematita tem um a alta capacidade pigmentante, mesmo em pequena quantidade.

No Parque Estadual da Mata Seca, os solos com goethita e hematita se destacaram pela coloração avermelhada em várias formações: Floresta Estacional Decidual Cárstica (matiz vermelho), Florestas Estacionais Deciduais Intermediárias 1 e 2 e Floresta Estacional Decidual da Trilha da Barriguda (matiz vermelho-escuro). O maior número de picos para a goethita sugere uma presença mais marcante desse óxido em relação à hematita, mas os matizes dos solos acima citados mostram o alto poder pigmentante da hematita mesmo situações em que se encontra em menor quantidade. Os estudos de Correia *et al.* (2008) sobre os óxidos de ferro presentes nos Tabuleiros Costeiros e Interioranos de diversos estados do Brasil corroboram essa ideia ao constatarem o predomínio da goethita em relação à hematita em todos os solos estudados, inclusive naqueles com coloração avermelhada, o que confirma o alto poder das hematitas de transferir a coloração vermelha ao solo.

A montmorilonita foi encontrada em todas as amostras consideradas através de um único pico, cuja localização variou entre 1,35 e 1,58 nm. Os valores da CTC das argilas em todas as amostras (com exceção das Florestas Estacionais dos Perfis 4 e 7) foram altos, sobretudo, na área Sul, onde a CTC do solo no horizonte B também foi alto. É bem provável que esses valores estejam associados à presença de montmorilonita no solo, uma vez que esse mineral apresenta elevada troca catiônica, em função do alto grau de substituição isomórfica (FABRIS, 2006).

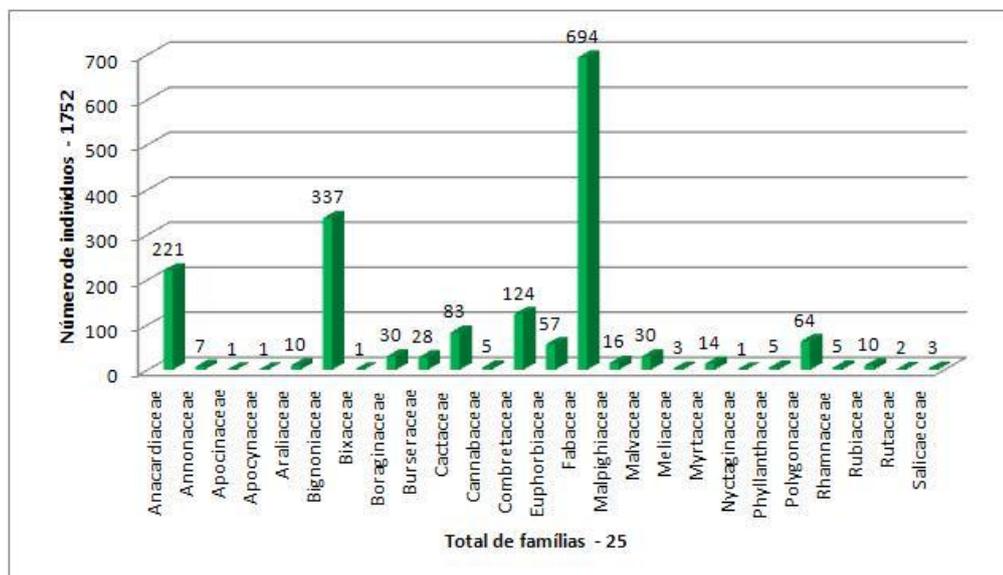
Observou-se também a presença de illita, uma argila 2:1 não expansiva cujas unidades estruturais estão ligadas por íons K^+ , o que explica, em parte, a baixa CTC desses minerais, sendo que a presença do potássio entre os estratos dificulta a entrada de água e outros cátions na estrutura interna do mineral (SANTOS, 1998).

4.3 Relação entre aspectos florísticos e fisionômico-estruturais da vegetação e os fatores edáficos e antropogênicos do Parque Estadual da Mata Seca

A vegetação do Parque Estadual da Mata Seca revelou um quadro ambiental marcado por grande riqueza de espécies e fitofisionomias, o que provavelmente reflete a influência das ações antrópicas e a natureza dos solos, com suas particularidades químicas, físicas e mineralógicas. Foram considerados as fitofisionomias ou componentes vegetacionais de três biótopos, sendo que o biótopo Floresta Estacional Decidual foi representado por cinco áreas: Floresta Estacional Decidual Tardia da área sul, Floresta Estacional Decidual Tardia da trilha da Barriguda, Floresta Estacional Decidual Intermediária 1, Floresta Estacional Decidual Intermediária 2 e Floresta Estacional Decidual Cárstica.

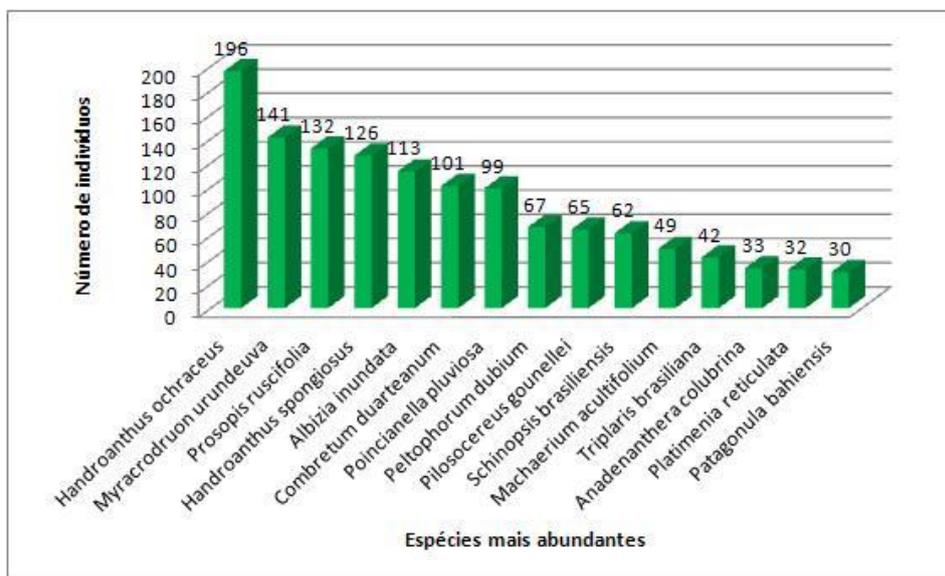
Nesse contexto, os componentes vegetacionais dos biótopos analisados neste trabalho apresentaram 1752 indivíduos arbóreos distribuídos em 25 famílias (Figura 36). As famílias floristicamente mais ricas foram a Fabaceae, a Bignoneaceae e a Euphorbiaceae. Assim, foram amostradas 31 espécies da família Fabaceae; 8, da família Bignoneaceae; e 6, da família Euphorbiaceae. Essas famílias juntas respondem por 54% do total de espécies amostradas no estudo. As famílias que apresentaram maior densidade foram a Fabaceae, a Bignoneaceae e a Anacardeaceae que, juntas, representaram 72 % dos indivíduos amostrados.

Figura 36 – Distribuição da abundância dos indivíduos pelas famílias



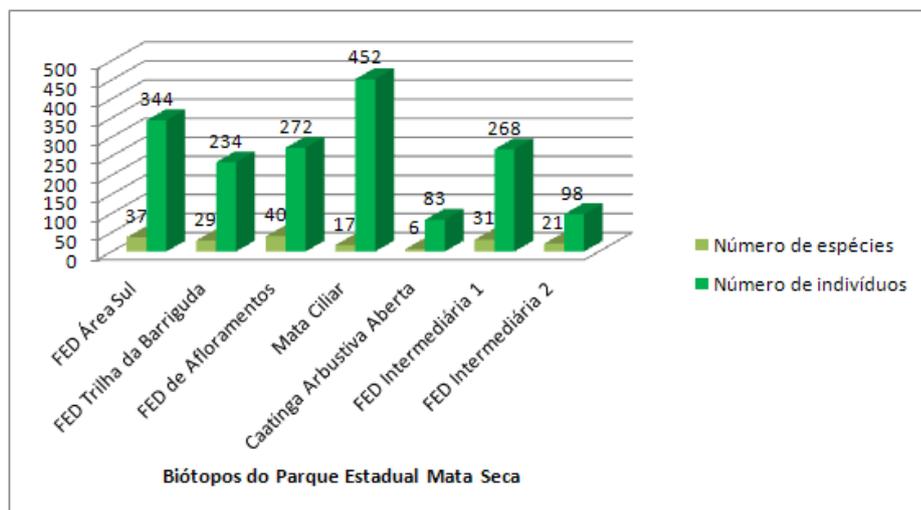
As espécies mais abundantes foram *Handroanthus ochraceus*, *Myracrodruon urundeuva*, *Prosopis ruscifolia*, *Handroanthus spongiosus* e *Albizia inundata*. Essas espécies juntas correspondem a 40% do total de indivíduos amostrados nas parcelas (Figura 37).

Figura 37 – Distribuição da abundancia entre as espécies



Em relação à riqueza florística presente nos biótopos, a Floresta Estacional Decidual cárstica e as Florestas Estacionais Deciduais tardias das áreas Sul e da Trilha da Barriguda se destacaram como as áreas mais ricas em espécies: 40, 37 e 29 respectivamente. A Caatinga Arbustiva Aberta, com seis espécies, e a Mata Ciliar, com 17 espécies, foram os biótopos com menores quantidades de espécies (Figura 38).

Figura 38 – Distribuição de espécies e indivíduos nas formações vegetais



O número mais elevado de espécies nas florestas estacionais em estágio tardio se justifica pela proximidade do clímax vegetacional e pela presença de solos profundos e mais férteis. Já na Caatinga Arbustiva Aberta, a presença de afloramentos rochosos e de solos muito rasos dificulta o desenvolvimento da vegetação arbórea. Na Mata Ciliar, o baixo número de espécies está associado ao regime de cheias e de vazantes, que cria um ambiente de estresse hídrico provavelmente desfavorável ao desenvolvimento de uma vegetação diversificada, favorecendo, assim, as espécies mais específicas e adaptadas às adversas condições edáficas e hídricas (RODRIGUES *et al.*, 2013). Quanto às Florestas Estacionais Deciduais Intermediárias um e dois, destaca-se que a primeira apresenta maior riqueza florística do que a segunda. Isto está associado ao maior tempo de regeneração da Intermediária um em relação à Intermediária dois e ao fato de as ações antropogênicas na Intermediária dois terem sido muito mais intensas do que na Intermediária um.

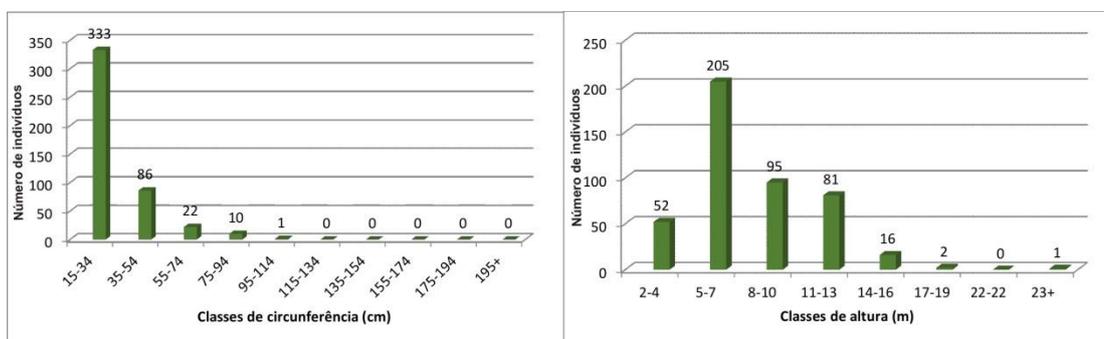
No tocante aos aspectos considerados na análise da estrutura fisionômica do biótopo Mata Ciliar foi observado o predomínio de indivíduos arbóreos com Circunferência à Altura do Peito (CAP) na classe de 15 e 35 cm (Figura 39). Do total de 452 indivíduos amostrados nessa área, 74 % não ultrapassam 35 cm de circunferência, e apenas um indivíduo foi encontrado nas classes superiores a 90 cm. Para a análise da altura média dos indivíduos arbóreos, considerou-se uma classificação que estabelece que árvores de pequeno porte se inserem nas alturas

que variam entre dois a sete metros. As árvores de médio porte se enquadram entre oito e treze metros, enquanto que as árvores de grande porte alcançam quatorze metros de altura ou mais. Assim, a distribuição de altura das espécies em intervalos de classe na Mata Ciliar apresentou o maior número de indivíduos (257), com tamanho variando entre 2 a 8 m, o que corresponde a 54 % do total de indivíduos do biótopo. 38 % dos indivíduos são de médio porte, e apenas 4 % se enquadram na classe de grande porte. Rodrigues *et al.* (2013) ressaltam que o predomínio de indivíduos nas classes inferiores de circunferência e altura indica a presença marcante de umidade no solo, o que pode restringir o desenvolvimento das árvores.

Ressalta-se, portanto, que a maioria dos indivíduos arbóreos dessa vegetação apresenta pequeno porte, o que provavelmente se explica pelas condições edáficas marcadas pelo estresse hídrico e também pelas ações antrópicas representadas pelos ciclos de desmatamentos que ocorreram nessas áreas, principalmente a partir da primeira metade do século XX, e que se estenderam até meados dos anos da década de 1960.

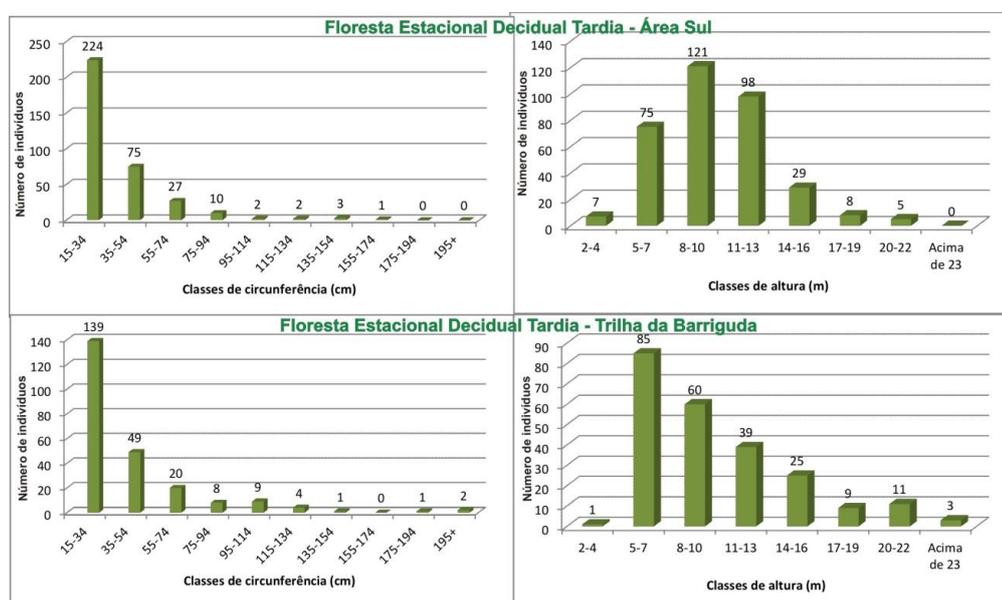
A formação Floresta Estacional Decidual Tardia da área Sul e da Trilha da Barriguda apresentou muitas árvores com a menor classe de circunferência, 224 e 139, o que corresponde a 65 % e 59 % total de indivíduos, respectivamente (Figura 40). No entanto, esses biótopos se destacaram por possuírem maior presença de indivíduos com circunferência acima de 95 cm, sendo que os indivíduos da espécie *Cavanillesia arbórea* (embaré) apresentaram um CAP superior a 500 cm. Isso provavelmente evidencia, de um lado, a existência de indivíduos jovens dentro de um processo sucessional e que ainda vão assumir as características da comunidade clímax; por outro lado, resalta a presença de indivíduos que provavelmente representam resquícios de um clímax e, ao mesmo tempo, parte do que sobrou de um desmatamento seletivo que preservou algumas espécies.

Figura 39 – Circunferência à Altura do Peito(CAP) e altura da Mata Ciliar



A *Handroanthus ochraceus*, por exemplo, se destacou como a espécie mais abundante, com 65 indivíduos na área Sul, e 64 na Trilha da Barriguda, sendo que, em duas áreas, ocorreram registros de indivíduos com 15 cm e com 50 cm de Circunferência à Altura do Peito (CAP). Considerando que essa espécie pode atingir 20 m de altura e 30 a 50 cm de CAP (Figura 41) (SANTOS *Et al.*, 2011), conclui-se que realmente houve corte seletivo nessas florestas, haja vista que existem indivíduos jovens e maduros.

Figura 40 – Circunferência à Altura do Peito(CAP) e altura das Florestas Estacionais Deciduais Tardias da área Sul e da Trilha da Barriguda



Em relação à altura (Figura 40), as duas florestas tardias apresentaram predomínio de árvores de porte médio (entre 8 e 14 m). Assim, fisionomicamente, esses dois biótopos são semelhantes, sobretudo na densidade vegetacional e na estrutura vertical. Ambos apresentam dois estratos bem definidos, sendo o primeiro estrato formado por árvores de 5 a 14 m, e o segundo estrato, mais alto, composto por árvores de 15 a 20 m e pelas emergentes, com mais de 20 m. No entanto, na Floresta Estacional Decidual da área Sul, os indivíduos de porte médio corresponderam a 63 % do total, enquanto que, na Trilha da Barriguda, registraram-se 42 % de árvores de médio porte. Ressalta-se, entretanto, que o percentual com árvores de grande porte nessas áreas foi o maior entre todos os biótopos analisados.

Na área Sul, 12 % do total de indivíduos amostrados foram considerados como de grande porte. Já na Trilha da Barriguda o percentual para as grandes árvores chegou a 20 %. Na área Sul, registraram-se apenas 5 indivíduos com mais de 20 metros; na Trilha da Barriguda, foram encontrados 14 indivíduos nessa altura. Ainda em relação à Trilha da Barriguda, ressalta-se que, nas parcelas dessa fitofisionomia foram amostrados 3 indivíduos com mais de 23 m de altura, o que corresponde à presença dos indivíduos da espécie *Cavanillesia arbórea* (embaré ou barriguda lisa), que chegam a alcançar 30 m de altura e 7 m de circunferência nessa área do parque.

Figura 41 – Indivíduo da espécie *Handroanthus ochraceus*, com cerca de 22 m de altura, destacando-se no dossel da Floresta Estacional da Trilha da Barriguda



Foto: Acervo pessoal.

Os valores correspondentes ao porte das Florestas Estacionais Deciduais Tardias da área Sul e na Trilha da Barriguda corroboram alguns autores que ressaltam que as Florestas Estacionais Deciduais possuem porte variando entre 10 e 30 m, sendo que os indivíduos com mais de 20 m correspondem às árvores emergentes que transpõem o dossel superior (SCHARIOT; SEVILHA, 2005; SCOLFORO; CARVALHO, 2006; RIBEIRO; WALTER, 2008).

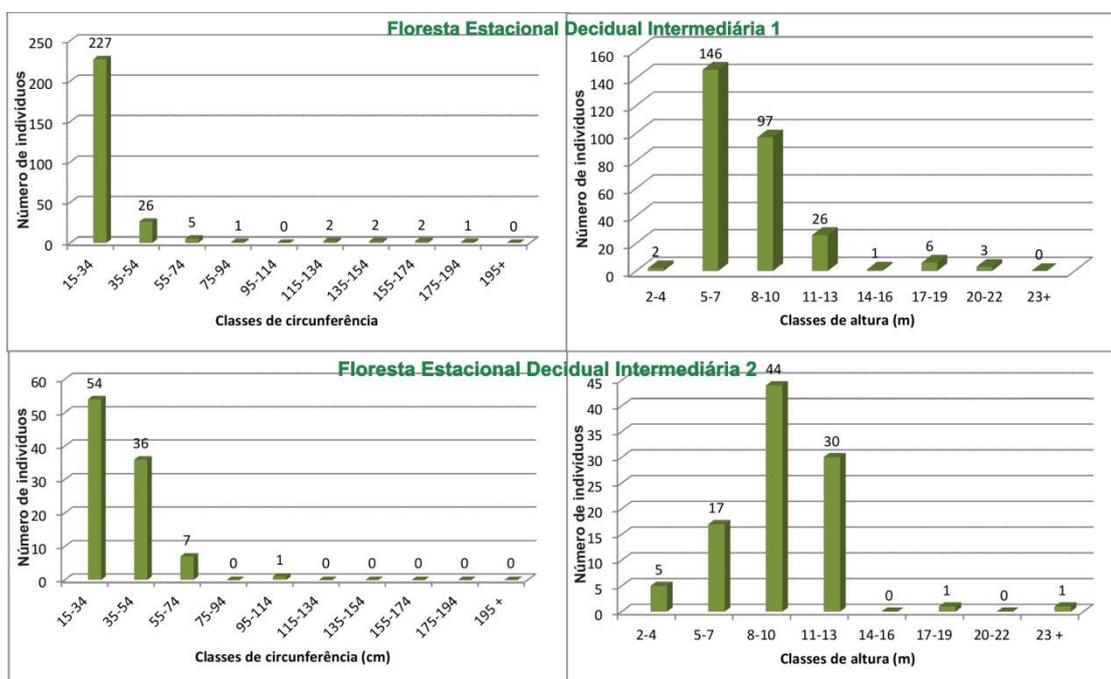
Todo esse contexto marcado pela presença de maiores circunferências e alturas evidencia a presença de solos mais férteis que propiciam o desenvolvimento das espécies, haja vista que os valores de cálcio, de magnésio e da saturação por bases (Valor V%) foram altos nesses biótopos, principalmente na área Sul, onde esses atributos se destacaram como os mais altos de todo o parque. Sabe-se que o Ca é um importante macronutriente que exerce grande influência no crescimento das plantas. A carência de Ca afeta fortemente os pontos de crescimento, podendo provocar até a morte das raízes (VITTE *et al.*, 2006). Para Goedert (1986), a deficiência de Ca afeta o crescimento das plantas, pois provoca necrose nos tecidos das gemas apicais (brotos), que podem chegar a morrer.

O Mg é outro importante macronutriente que exerce influência significativa sobre o desenvolvimento dos vegetais. Nesse sentido, o Mg é um dos principais ativadores de enzimas que atuam em processos importantes como fotossíntese e respiração celular, além de fazer parte da molécula de clorofila (VITTE *et al.*, 2006). Conforme esses autores, o Mg é geralmente encontrado nos solos mais argilosos na forma de minerais ferro-magnesianos. Como o Mg não é fortemente adsorvido pelas argilas, pode ser mais facilmente lixiviado.

As Florestas Estacionais Deciduais Intermediárias um e dois apresentaram altos percentuais de indivíduos com Circunferência à Altura do Peito entre 15 e 35 cm (Figura 42), o que não está longe do esperado, uma vez que esses biótopos se encontram em processo de regeneração natural, iniciado entre 35 e 15 anos de idade, respectivamente. A Intermediária um apresentou 84 % dos indivíduos nessa classe de circunferência, enquanto que a Intermediária dois mostrou apenas 55 %. Isso se explica pelo fato de a Intermediária um ser 20 anos mais velha do que a Intermediária dois. Tal espaço de tempo, sem registro de intervenção antrópica na Intermediária um, permitiu o estabelecimento de novas espécies, que se dispersaram para essa área.

O número de indivíduos nas classes com circunferência superior a 95 cm (árvores velhas de médio a grande porte) também é maior na Intermediária um (7, na Intermediária 1, e apenas um, na Intermediária dois), o que provavelmente está associado ao uso mais intenso da Intermediária dois. A área da Intermediária um foi desmatada e pouco usada para pasto, enquanto que, na área da Intermediária dois, ocorreram intensos desmatamentos periódicos e a introdução de capim para pastagem.

Figura 42 – Circunferência à Altura do Peito (CAP) e altura das Florestas Estacionais Intermediárias um e dois



Em relação ao porte e à estrutura vertical, ressalta-se que 55 % do total de indivíduos da Intermediária um são de pequeno porte (entre 2 e 7 m), enquanto que, na Intermediária dois, as árvores pequenas correspondem a apenas 22,5 %. Quanto aos indivíduos de porte médio, a Intermediária um apresentou percentual de 45 % do total de árvores. Já na Intermediária dois, as árvores de porte médio corresponderam a 75,5 % do total. Nota-se que a Intermediária dois possui menor percentual de indivíduos de pequeno porte e maior percentual de árvores de porte médio, todavia, proporcionalmente, a Intermediária um possui muito mais indivíduos de porte médio do que a Intermediária dois.

Em números absolutos a Floresta Estacional Intermediária um possui 123 indivíduos considerados como de porte médio, enquanto que a Intermediária dois possui 74 árvores neste grupo. Os indivíduos de porte médio englobam as classes de 8 a 10 m e de 11 a 13 m, sendo que na Intermediária um apenas a classe de árvores de 8 a 11 m apresentou indivíduos (97 árvores) que é quase a mesma quantidade de indivíduos do número total de árvores em todas as classes de altura

na Intermediária dois (98 árvores), ou seja, proporcionalmente, na intermediária um existem muito mais indivíduos de porte médio.

A presença das árvores de porte médio nas duas florestas provavelmente se explica pela diferença de idade de regeneração, mas pode também estar associada ao corte seletivo que, certamente, também ocorreu com intensidades diferentes nas duas realidades. Quanto às árvores de grande porte, a Intermediária um registrou percentual de 4 % do total de indivíduos; a Intermediária dois registrou apenas 2 %.

Por fim, ressalta-se que, mesmo com esses valores percentuais de indivíduos de porte médio menores, a Floresta Estacional Decidual Intermediária um é fisionomicamente mais densa e mais alta do que a Intermediária dois (Figura 43).

Figura 43 – Diferença fisionômica entre as Florestas Estacionais Deciduais Intermediárias um e dois



Nota explicativa: a Floresta Estacional Decidual Intermediária um é mais densa; já a Floresta Estacional Decidual Intermediária dois ainda apresenta áreas com clareiras.

Fonte: Acervo pessoal.

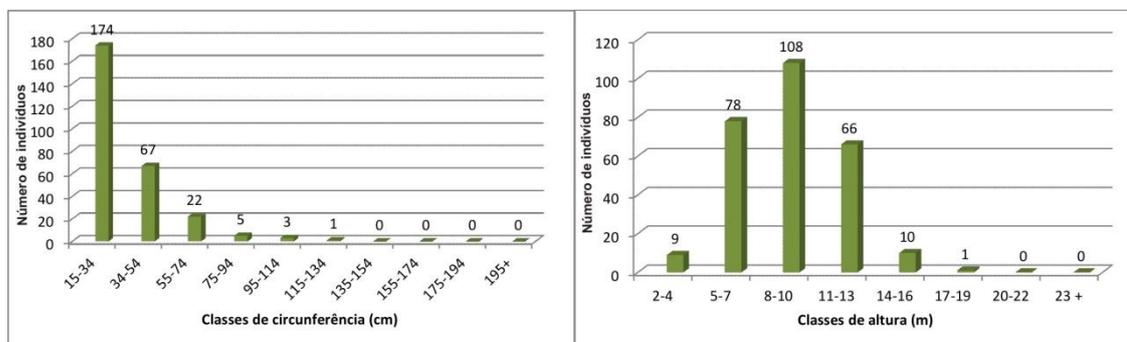
Entretanto, também se deve destacar que os aspectos fisionômicos dessas duas formações vegetais refletem condições edáficas favoráveis que propiciaram o desenvolvimento arbóreo, haja vista que as duas áreas possuem altos valores de Ca e de Mg. De acordo com Vitti *et al.* (2006) e Souza *et al.* (2007), o Ca é um macronutriente que assume grande importância no crescimento das raízes e no desenvolvimento da vegetação como um todo. Já o Mg é imprescindível para a formação da molécula de clorofila e para a síntese proteica, o que, certamente, influencia diversos processos fisiológicos e bioquímicos que afetam positivamente o crescimento das plantas (CAKMAK; YAZICI, 2010).

Na Floresta Estacional Decidual Cárstica foram encontrados 64 % do total de indivíduos arbóreos na classe de 15 a 34 cm de Circunferência à Altura do Peito (CAP) (Figura 44). 34,5% dos indivíduos se encontram na entre 34 a 94 cm de circunferência, e apenas 1,5 % se encontra na classe de indivíduos com CAP superior a 95 cm (o que corresponde a 4 indivíduos). Esses valores são muito semelhantes aos encontrados na Floresta Estacional Decidual Intermediária um, o que reforça a possibilidade de essa formação vegetal ser classificada como uma Floresta Estacional em estágio sucessional intermediário. Em relação à estrutura

vertical, ressalta-se o predomínio de indivíduos arbóreos de porte médio (63,5 %). As árvores de pequeno porte corresponderam a 31 % do total, enquanto que os indivíduos de grande porte representam apenas 4 %.

Constata-se que, em relação ao porte dos indivíduos, a Mata Seca Cárstica também se assemelha muito às Florestas Estacionais Intermediárias um e dois, pois as três formações possuem dois estratos bem definidos, com algumas árvores emergentes acima do dossel. As três formações também possuem solos férteis, porém nas Florestas Estacionais Intermediárias um e dois ocorrem Cambissolos Háplicos Tb Eutróficos latossolólicos e Cambissolos Háplicos Ta Eutróficos típicos, respectivamente. Já na Floresta Estacional Decidual Cárstica ocorre um Cambissolo Háplico Ta Eutrófico típico. Por fim, os dados de circunferência e de altura da Floresta Cárstica, quando comparados com os dados das Florestas Intermediárias um e dois, evidenciam um histórico de desmatamento em um espaço de tempo de 20 a 40 anos.

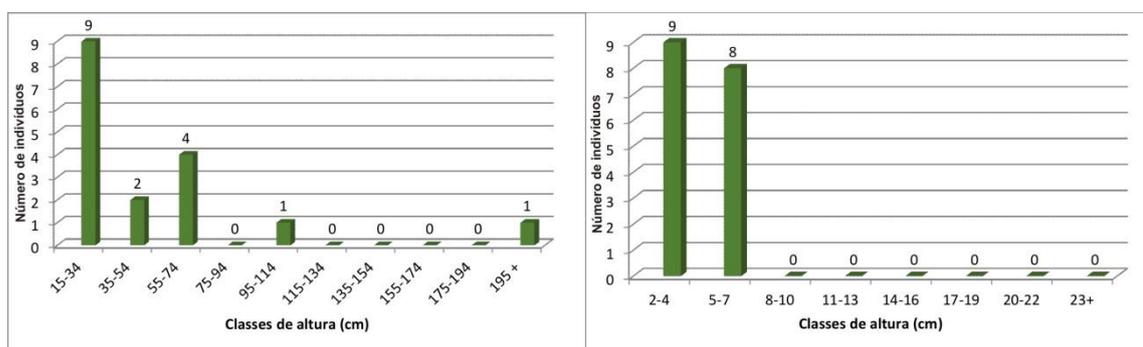
Figura 44 – Circunferência à Altura do Peito (CAP) e altura da Floresta Estacional Decidual Cárstica



O biótopo Caatinga Arbustiva Aberta se destacou por apresentar o menor número de indivíduos amostrados (83). Desse total, apenas 20 % corresponde aos indivíduos arbóreos; e 80 %, aos arbustos. Do total de árvores amostradas, 53 % (9 indivíduos) se encontram na classe de 15 a 34 cm (Figura 45). O percentual de indivíduos nas classes com circunferência superior a 95 cm foi de 12 %, o que equivale a duas árvores. Em relação ao porte dos indivíduos, nota-se que todos são pequenos e não ultrapassam 7 m. O estrato arbustivo é composto exclusivamente

por cactáceas da espécie *Pilosocereus gounellei* (xique-xique). O número de gramíneas, de ervas e de cactáceas que compõe o estrato herbáceo não foi amostrado neste trabalho. Ressalta-se, que no Neossolo Litólico da área ocorrem grandes áreas de afloramentos calcários, o que dificulta o desenvolvimento da vida vegetal (Figura 46).

Figura 45 – Circunferência à Altura do Peito (CAP) e altura da Caatinga Arbórea aberta



Praticamente todas essas características corroboram os estudos sobre Caatingas Arbustivas estudadas por Fernandes (1998) nos estados do Ceará e do Rio Grande do Norte. Para esse autor, a Caatinga Arbustiva Aberta é estruturalmente baixa com árvores entre 3 e 5 metros. No entanto, vale ressaltar que esse estrato arbóreo da Caatinga Arbustiva Aberta do Parque Estadual da Mata Seca tem outro aspecto peculiar, pois é constituído quase que exclusivamente por indivíduos da espécie *Pseudobombax simplicifolium* (imbiruçu) e por exemplares raros de *Ceiba rubiflora* (barriguda vermelha), *Commiphora leptophloeos* (amburana de cambão) e *Cavanillesia arborea* (embaré) (Figura 46). Siqueira Filho *et al.* (2009) ressaltam que *Pseudobombax simplicifolium* é uma espécie exclusiva de afloramentos calcários das baixadas do Vale do Rio São Francisco. Os estudos de Brandão *et al.* (1998) na Caatinga Arbustiva Aberta de Jaíba, Norte de Minas, também encontraram o predomínio de *Pseudobombax simplicifolium* no estrato arbóreo, porém, esses autores não registraram a presença de *Pilosocereus gounellei* (Figura 46).

Figura 46 – Vários exemplares de *Pilosocereus gounellei* (xique-xique) compondo a paisagem da Caatinga Arbustiva aberta



Legenda: à esquerda, nota-se um indivíduo da espécie *Pseudobombax simplicifolium* (imbiruçu). No primeiro plano nota-se indivíduos da espécie *Pilosocereus gounellei*.

Fonte: Acervo pessoal.

4.3.1 Relação solo/planta: correlação entre atributos pedológicos e vegetacionais através da Análise de Correspondência Canônica (CCA)

O tratamento estatístico empregado na relação solo/planta baseou-se na Análise de Correspondência Canônica (CCA), a qual se destaca como uma técnica muito usada em pesquisas ecológicas voltadas para a compreensão da relação entre as espécies vegetais e os ambientes. A CCA analisa os dados em conjunto e produz gráficos que indicam a direção e a magnitude das mudanças de cada variável no espaço de ordenação, facilitando, assim, a visualização das relações entre as espécies e os fatores ambientais (TER BRAAK, 1987, *apud* HAIDAR, 2008). No emprego da CCA, existem dois conjuntos de dados analisados simultaneamente: uma matriz de espécies, com seus valores de densidade por fragmento, e uma matriz ambiental, com dados pedológicos (SOUZA, 2002; FERREIRA, 2007).

Em uma CCA, existem os eixos canônicos (*eigenvector*), que representam os gradientes ambientais, ou seja, as variações ambientais que determinam a mudança nas comunidades ou na distribuição das espécies (TER BRAAK, 1987,

apud FERREIRA, 2007). Assim, cada variável escolhida possui sua projeção no eixo através do autovalor (*eigenvalue*). Autovalores elevados indicam que a variável tem um papel importante na distribuição/variação das espécies.

Os auto valores encontrados neste trabalho indicam gradientes fortes para o eixo 2, e um gradiente fraco para o eixo 1. Assim, através da matriz de correlação (Tabela 1), foram observadas fortes correlações entre o eixo 2 e seis variáveis. Nesse contexto, a seleção das variáveis ambientais considerou os atributos pedológicos com autovalores acima de 0,3, indicando forte correlação com pelo menos um dos eixos. Algumas variáveis pré-selecionadas foram eliminadas, por não serem muito decisivas na distribuição das espécies ou por serem redundantes. Dessa maneira, foram escolhidas oito variáveis ambientais: pH, P, areia, argila, silte e Valor V%.

Os resultados das correlações com os eixos obtidos foram testados pelo teste de Monte Carlo, demonstrando que são significativos ($p < 0,001$), e as correlações entre espécies e variáveis ambientais foram elevadas ($> 0,99$). As variáveis que obtiveram maior correlação com o segundo eixo foram, em ordem decrescente, pH, silte, areia e argila (Tabela 1). As correlações ponderadas entre as variáveis (Tabela 1) mostram inter-relações fortes e diretas entre pH e areia (0,51), P e areia (0,68) e V% e argila (0,72).

Tabela 1 – Matriz de correlação entre as variáveis edáficas com os eixos de ordenação da análise de correspondência canônica (CCA) e entre as próprias variáveis edáficas dos biótopos do Parque Estadual da Mata Seca

	Correlação		Correlação ponderada				
	Eixo 1	Eixo 2	pH	P_Mehl	V%	Areia	Silte
pH	- 0.13	0.93					
P_Mehl	0.97	0.23	0.28				
V%	-0.66	0.13	0.02	-0.75			
Areia	0.28	0.76	0.51	0.68	-0.63		
Silte	-0.13	-0.78	-0.47	-0.57	0.27	-0.80	
Argila	-0.31	-0.57	-0.44	-0.62	0.72	-0.93	0.53

A Análise de Correspondência Canônica (CCA) proporcionou um agrupamento de três setores distintos a partir das sete formações vegetais amostradas (Figura 47). O primeiro setor é composto pelas parcelas da Mata Ciliar;

o segundo setor é formado pelas parcelas do biótopo Floresta Estacional Decidual em diferentes estágios sucessionais. O terceiro setor constitui-se de parcelas do biótopo Caatinga Arbustiva Aberta.

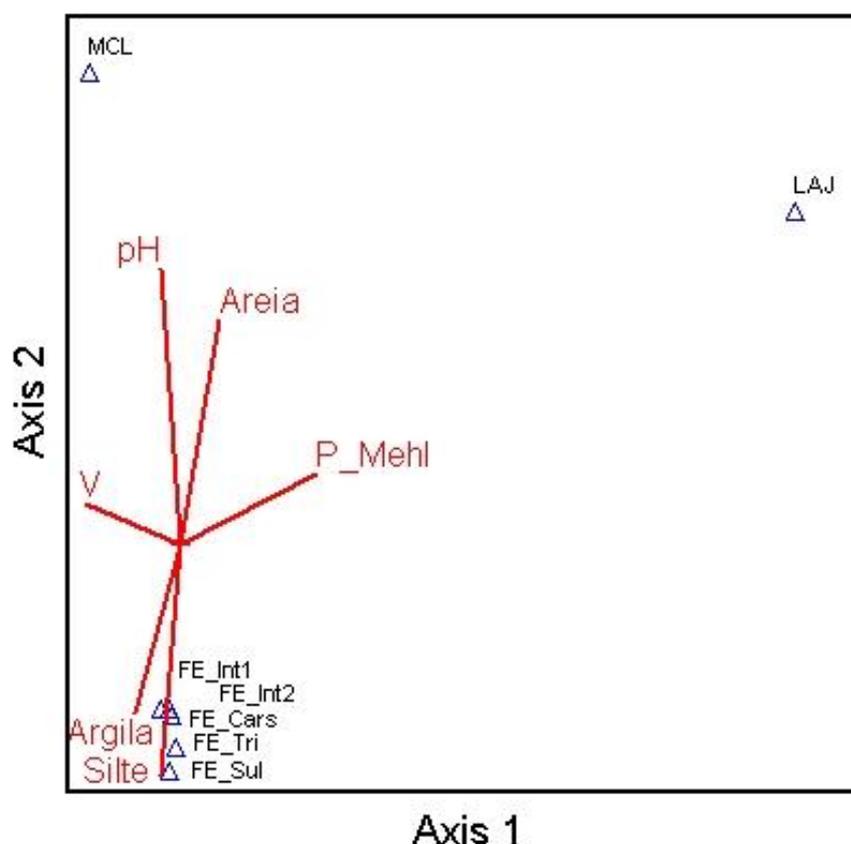
As variáveis pH, areia, silte e argila possuem forte correlação com o eixo dois e foram decisivas para a separação dos grupos formados pelos biótopos. O P é a variável ambiental que mostrou maior correlação com o eixo um e sua presença foi fundamental para a determinação do setor três. A classificação dos biótopos ao longo do eixo dois mostra uma clara diferenciação para as variáveis edáficas de cima para baixo, envolvendo aumento do teor de silte e argila e a redução da quantidade da fração areia. Assim, o gráfico evidencia principalmente uma variação textural entre as parcelas do setor um e do setor dois.

Ressalta-se que as variáveis areia, silte e argila exerceram influência direta sobre a distinção entre as parcelas do biótopo Floresta Estacional Decidual (em estágio sucessional tardio e intermediário) e o biótopo Mata Ciliar. Assim, a Mata Ciliar na parte de cima do gráfico destacou-se com um solo mais arenoso e as Florestas Estacionais Deciduais (na parte de baixo) apresentaram solos mais argilosos e siltosos. No entanto, a Floresta Estacional Decidual Cárstica mostrou percentual de areia maior do que o da Floresta Estacional Intermediária um, o que pode estar associado à localização do perfil do solo da floresta cárstica em relação à posição da vertente. Como foi discutido anteriormente, o material de origem do solo da Floresta Estacional cárstica pode ter sedimentos arenosos oriundos das áreas mais elevadas da encosta, fazendo com que a textura do solo tenha altos valores de areia.

Constata-se, portanto, que as Matas Ciliares, com seu Gleissolo, encontram-se em contexto pedológico totalmente distinto dos biótopos dos setores dois e três. No setor dois os Cambissolos Háplicos Eutróficos são maioria e no setor três ocorre o Neossolo Litólico. Em estudos sobre solos de Matas Ciliares em Pirapora, Norte de Minas Gerais, Gonçalves (2014) encontrou valores altos para a fração areia em todos os horizontes. Rodrigues (2011), em trabalho nas Matas Ciliares do Parque Estadual da Mata Seca, constatou menor fertilidade e teor de fósforo muito baixo no solo da margem da Lagoa da Prata. Esses trabalhos corroboram os resultados encontrados neste estudo e reafirmam o caráter singular dos Gleissolos no contexto edáfico do parque.

Por outro lado, vale ressaltar que o predomínio de afloramentos e o alto teor de P no horizonte A do Neossolo Litólico do setor três também se destacam de uma forma diferenciada no quadro pedológico estudado. Em seus estudos sobre diversas classes de solos no semiárido do Rio Grande do Norte, Queiroz (2013), ressalta que a disponibilidade de P será sempre maior nos horizontes superficiais de todos os solos, o que caracteriza o comportamento de um elemento de baixa mobilidade. Santos *et al.*, (2012), em estudos sobre Neossolos Litólicos no semiárido de Pernambuco, destacam teores de P mais elevados nos horizontes superficiais e sugerem que esses valores estejam associados à presença de matéria orgânica, corroborando com a mesma interpretação realizada neste estudo.

Figura 47 – Diagrama de ordenação das variáveis do solo e os biótopos produzidos através da Análise de Correspondência Canônica baseada na distribuição das espécies com, no mínimo, três indivíduos amostrados no Parque Estadual da Mata Seca, Norte de Minas. Silte=Silte, Argila=Argila, Areia=Areia, pH=pH em água, V%=Valor V%, P_Mehl=P



Por fim, deve-se ressaltar que todos os biótopos estudados possuem solos férteis e com teor de matéria orgânica muito semelhantes, sendo que há nítida diferenciação apenas no tocante às variáveis pH, areia e teor de fósforo (considerando os resultados do Neossolo Litólico). No entanto, a CCA, embasada nos resultados da análise química e física do solo e considerando as variáveis areia, silte, argila e pH, evidencia um gradiente edáfico entre a Mata Ciliar e a Floresta Estacional Decidual em diferentes estágios sucessionais.

A matriz com dados vegetacionais considerou apenas as espécies com, no mínimo, três indivíduos, não considerando, portanto, as espécies raras. Foram

selecionadas 52 espécies (vide Tabela 2 na página 137 desta Tese), cuja distribuição correlaciona-se com a matriz de dados ambientais, sendo os seus resultados apresentados na Figura 48.

As espécies concentradas à esquerda e na parte superior do gráfico possuem forte correlação com o eixo dois e são típicas de ambientes alagáveis que margeiam as florestas ripárias do semiárido brasileiro. Ressalte-se que um número significativo dessas espécies ocorre em Matas Ciliares do bioma Caatinga sob substratos arenosos e alagáveis (RODRIGUES, 2011), confirmando os resultados apresentados no gráfico dos biótopos, cuja variável areia mostrou forte correlação com o eixo dois e com a Mata Ciliar. Assim, no primeiro setor, formado pelas parcelas da Mata Ciliar, predominaram espécies como *Albizia inundata*, *Shinopsis brasiliensis*, *Celtis iguanaea*, *Mimosa ophthalmocentra*, *Geoffroea spinosa*, *Triplaris brasiliensis*, *Prosopis ruscifolia*, *Annona spinescens*, *Bauhinia acuruana*, *Casearia commersoniana*, *Phyllanthus chacoensis* e *Peltophorum dubium*. Dessas espécies, *Prosopis ruscifolia*, *Celtis iguanaea*, *Annona spinescens*, *Bauhinia acuruana* e *Casearia commersoniana* foram encontradas apenas nesse biótopo, podendo, assim, serem consideradas como tolerantes à saturação hídrica e com predileção para solos com altos valores de umidade e areia. A espécie *Prosopis ruscifolia* destacou-se como a mais abundante, com 132 indivíduos amostrados.

Figura 48 – Diagrama de ordenação das variáveis do solo e das espécies produzidas pela análise de correspondência canônica baseada na distribuição das espécies com no mínimo três indivíduos amostrados no Parque Estadual da Mata Seca, Norte de Minas. Silte=Silte, Argila= Argila, Areia= Areia, pH= pH em água, V= Valor V%, P_Mehl = P. Os nomes completos das espécies vegetais utilizadas na CCA encontram-se na Tabela 2.

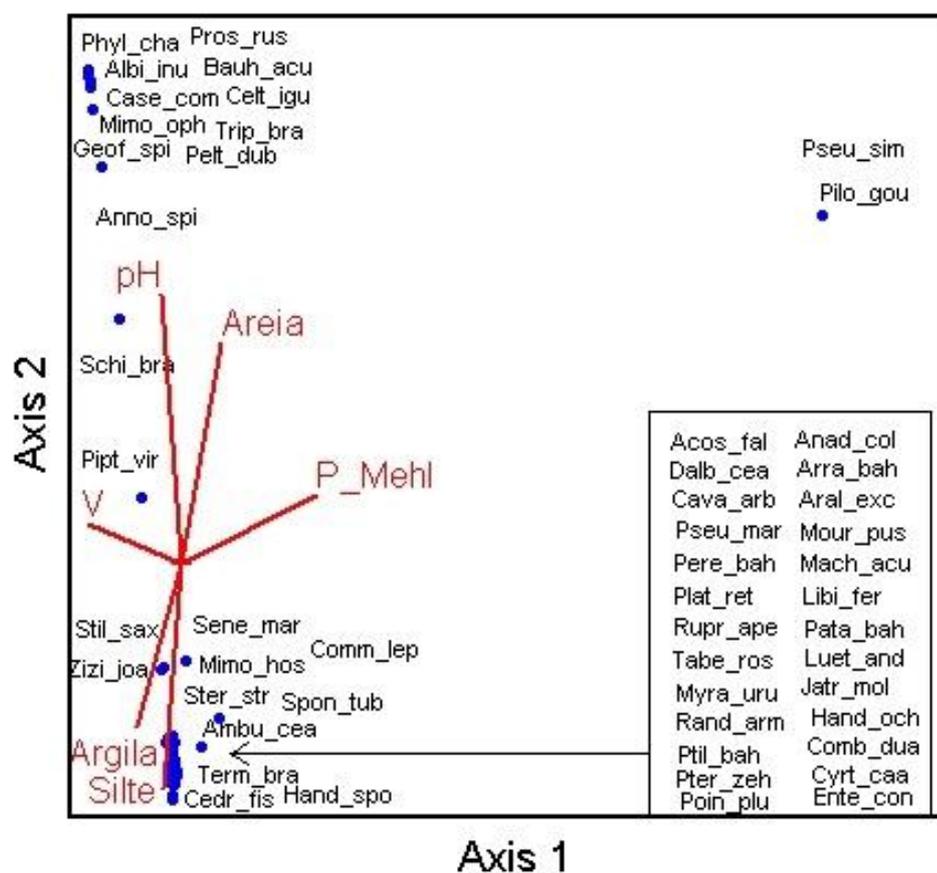


Tabela 2 – Nome científico, abreviações, nome popular e total de indivíduos das espécies com no mínimo três indivíduos amostrados em seis biótopos do Parque Estadual da Mata Seca

Espécies	Simbologia Da CCA	Nome popular	Número total de indivíduos
<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos	Hand_och	Ipê-amarelo	196
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	Myra_uru	Aroeira do Sertão	144
<i>Prosopis ruscifolia</i> Griseb.	Pros_rus	Espineiro	132
<i>Handroanthus spongiosus</i> (Rizzini) S. Grose	Hand_spo	Ipêzinho da Caatinga	126
<i>Albizia inundata</i> (Mart.)	Albi_inu	Muquém	113
<i>Combretum duarteianum</i> Cambess	Comb_dua	Vaqueta	101
<i>Poincianella pluviosa</i> (DC.) L. P. Queiroz	Poin_plu	Sibiruna	99
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	Pelt_dub	Canafístula	67
<i>Pilosocereus gounellei</i> (A. Weber ex K. Schum)	Pilo_gou	Xique-Xique	65
<i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl.	Schi_bra	Braúna	62
<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel	Mach_acu	Jacarandá	52
<i>Triplaris brasiliiana</i> Cham.	Trip_bra	Pajeú	42
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	Anad_col	Angico-branco	33
<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	Plat_ret	Vinhático	32
<i>Patagonica bahiensis</i> (Moric.) Kuntze.	Pata_bah	Craibeira	30
<i>Jatropha mollissima</i> (Pohl) Baill.	Jatr_mol	Pinhão bravo	29
<i>Mimosa hostilis</i> Benth.	Mimo_hos	Mimosa preta	29
<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J. B. Gillett	Comm_lep	Amburana	28
<i>Dalbergia cearensis</i> Ducke	Dalb_cea	Garapa	27
<i>Stillingia saxatilis</i> Müll. Arg.	Stil_sax	Leiteira	25
<i>Piptadenia viridiflora</i> (Kunth.) Benth.	Pipt_vir	Surucucu	22
<i>Ruprechtia apetala</i> Wedd.	Rupr_ape	Ivirá	21
<i>Terminalia brasiliensis</i> Cambess.	Term_bra	Mussambê	21
<i>Senegalia martii</i> (Benth.) Seigler & Ebinger	Sene_mar	Espineira	19
<i>Geoffroea spinosa</i> Jacq.	Geof_spi	Marizeira	17
<i>Pereskia bahiensis</i> Gürke	Pere_bah	Quiabenta	15
<i>Ptilochaeta bahiensis</i> Turcz.	Ptil_bah	Quina	15
<i>Mouriri pusa</i> Gardner	Mour_pus	Jabuticaba brava	13
<i>Pseudobombax simplicifolium</i> A Robyns Bull Jard	Pseu_sim	Imbiruçu	13
<i>Amburana cearensis</i> A. C. Smith	Ambu_cea	Amburana de Cheiro	10
<i>Aralia excelsa</i> (Griseb.) J.Wen	Aral_exc	Sabugueira	10
<i>Spondias tuberosa</i> Arruda	Spon_tub	Umbuzeiro	10
<i>Randia armata</i> (Sw.) DC. Choose	Rand_arm	Limão bravo	9
<i>Cyrtocarpa caatingae</i> J. D. Mitch. & Daly	Cyrt_caa	Canjirana	8
<i>Tabebuia roseo-alba</i> (Ridl.) Sand.	Tabe_ros	Ipê-branco	8
<i>Annona spinescens</i> Mart.	Anno_spi	Pinheira	7
<i>Pseudobombax marginatum</i> (A. St.-Hil. & al.) A. Robyns	Pseu_mar	Imbiruçu	7
<i>Bauhinia acuruana</i> Moric.	Bauh_acu	Miroró	6
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong.	Ente_con	Tamboril	6
<i>Mimosa ophthalmocentra</i> Mart. ex Benth.	Mimo_oph	Jurema branca	6
<i>Acosmium fallax</i> (Taub.) Yakovlev	Acos_fal	Uvinha	5
<i>Celtis iguanaea</i> (Jacq.) Sarg.	Celt_igu	Juá mirim	5
<i>Libidibia ferrea</i> (Mart.) L. P. Queiroz.	Libi_fer	Pau ferro	5
<i>Phyllanthus chacoensis</i> Morong	Phyl_cha	Carne de vaca	5
<i>Ziziphus joazeiro</i> Mart.	Zizi_joa	Juazeiro	5
<i>Arrabidaea bahiensis</i> (Schauer) Sandwith & Moldenke	Arra_bah	Folha larga	4

Espécies	Abreviações	Nome popular	Continuação
			Número total de indivíduos
<i>Sterculia striata</i> A. St. Hil. & Naudin.	Ster_str	Chichá	4
<i>Casearia commersoniana</i> Cambess.	Case_com	Café do mato	3
<i>Cavanillesia arborea</i> K. Schum	Cava_arb	Embaré	3
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Cedr_fis	Cedro	3
<i>Luetzelburgia andrade-limae</i> H. C. Lima	Luet_and	Angelim	3
<i>Pterocarpus zehntneri</i> Harms.	Pter_zeh	Pau sangue	3

Conforme Araújo (2009), em estudos sobre Matas Ciliares da Caatinga nordestina, vários indivíduos da espécie *Albizia inundata* foram registrados dispersos ao longo das várzeas inundáveis e arenosas do riacho Boa Vista, município de Floresta, Pernambuco. Os estudos de Rodrigues (2011) constataram que a distribuição das espécies *Albizia inundata*, *Shinopsis brasiliensis* e *Geoffroea spinosa*, na Mata Ciliar da Lagoa da Prata, está correlacionada a solos arenosos e úmidos, devido ao regime de cheias e de vazantes característico das várzeas do rio São Francisco. Conforme Carvalho (2008), a espécie *Shinopsis brasiliensis* tem uma preferência por solos arenosos típicos das várzeas da região semiárida, mas também pode aparecer em solos calcários profundos.

As espécies concentradas à esquerda e na parte inferior do gráfico também apresentaram maior correlação com o eixo dois. A maioria dessas espécies apresenta larga distribuição nas Florestas Estacionais Deciduais (SCHARIOT; SEVILHA, 2005; ESPIRITO-SANTO *et al.*, 2008). As espécies *Cedrela fissilis*, *Handroanthus spongiosus*, *Tabebuia roseo-alba*, *Muriri pusa*, *Luetzelburgia andrade-limae*, *Cavanillesia arborea* e *Cytorcarpa caatingae* predominaram nas parcelas da Floresta Estacional Decidual tardia da área Sul e Floresta Estacional Decidual tardia da Trilha da Barriguda. *Handroanthus ochraceus* mostrou correlação significativa com os dois eixos, e os 196 indivíduos amostrados nesse estudo coloca-a como a espécie mais abundante. Somente nas parcelas das Florestas Estacionais da área Sul e da Trilha da Barriguda, foram amostrados 129 indivíduos.

A maioria dessas espécies demonstrou ter preferência por florestas estacionais deciduais em estágios sucessionais mais avançados sob solos mais férteis e menos arenosos, o que pode ser confirmado através dos resultados das análises química e física dos solos das parcelas da área sul e da Trilha da Barriguda. De acordo com Matos (1980), *apud* Póvoa (2002), a espécie *Cedrela*

fissilis é típica de formações florestais fechadas antigas e até em capoeiras mais velhas, apresentando sempre desenvolvimento maior em solos mais férteis e profundos. Duarte (2007) define *Cedrela fissilis* como uma espécie típica de solos com maiores porcentagens de saturação por bases, corroborando o resultado de saturação por bases do solo da Floresta Estacional da área Sul (92 %), que se destacou como o mais alto de todo o parque. Conforme Lorenzi (2002), a *Cavanillesia arbórea* é uma espécie típica de solos férteis de origem calcária, possuindo larga distribuição no Vale do Rio São Francisco. Os estudos de Nunes *et al.* (2014) também correlacionaram a ocorrência de *Cavanillesia arbórea*, *Tabebuia roseo-alba*, *Cytorcarpa caatingae* e *Handroanthus ochraceus* a solos com baixa concentração de H + Al, o que corrobora os resultados das análises químicas dos solos em que essas espécies são encontradas. Em seus estudos sobre Florestas Decíduas do Pantanal Mato-grossense, Duarte (2007) correlacionou a espécie *Tabebuia roseo-alba* a solos muito férteis e de baixa acidez.

Em relação às características edáficas e vegetacionais das Florestas Estacionais Deciduais Tardias e Intermediárias do Parque Estadual da Mata Seca, Nunes *et al.*, (2014) constataram que as primeiras são marcadas pela presença de espécies tolerantes à sombra e associadas a solos levemente ácidos, com baixa concentração de H + Al. As formações intermediárias, por outro lado, possuem espécies com leve tendência para tolerância à sombra e associação com solos mais ácidos.

As espécies *Anadenanthera columbrina*, *Amburana cearensis*, *Myracrodruon urundeuva*, *Mimosa hostilis*, *Senegalia martii*, *Machaerium acutifolium*, *Amburana cearensis*, *Spondias tuberosa* e *Dalbergia cearenses* destacaram-se como espécies predominantes nas Florestas Estacionais Deciduais Intermediárias um e dois, sendo, portanto, espécies pioneiras ou não, mas que têm preferência por solos mais arenosos. Dentre os 33 indivíduos de *Anadenanthera columbrina* amostrados neste estudo, 23 foram encontrados na Floresta Estacional Decidual Intermediária um. Ratter *et al.* (1978) e Rodrigues (2011) destacam a *Anadenanthera columbrina* como uma espécie que ocorre preferencialmente em capoeiras de terrenos bem drenados e férteis. Conforme Siqueira Filho *et al.* (2012) e Maciel *et al.* (2012), essa espécie possui larga distribuição no semiárido brasileiro, destacando-se como uma das mais importantes na comunidade arbórea da Caatinga; por outro lado, é tipicamente pioneira, ocorrendo preferencialmente em

áreas sob a influência antropogênica. Porém, Rodrigues *et al.* (2006) ressaltam que essa espécie é generalista, apresentando ampla distribuição geográfica e adaptando-se aos mais diversos ambientes.

De acordo com Carvalho (2008), *Spondias tuberosa* ocorre em maior abundância em solos arenosos e profundos. Siqueira Filho *et al.* (2009) ressaltam que essa espécie ocorre em diversos solos do semiárido brasileiro, mas que se desenvolve melhor em solos arenosos, secos, profundos e bem drenados. *Amburana cearensis* foi definida por Siqueira Filho *et al.* (2009) como uma espécie pioneira que tem preferência por solos arenosos e profundos. Angelim *et al.* (2007) realizaram experimentos pelos quais constataram que a espécie *Amburana cearensis* adapta-se bem a condições adversas, como falta de água e redução da matéria orgânica, sendo recomendada para trabalhos de recuperação de áreas degradadas. Para Ramos *et al.* (2004), *Amburana cearensis* possui qualidades madeireiras que têm favorecido a sua exaustiva exploração nos locais em que ocorre, o que levou à sua inclusão na lista de espécies com *status* de vulnerável à extinção.

As espécies *Pseudobombax simplicifolium* e *Pilosocereus gounellei* são as únicas representantes do setor três que participaram da matriz de dados vegetacionais. Ambas apresentaram forte correlação com o eixo um e estão distribuídas à direita e na parte superior do gráfico. A espécie *Pilosocereus gounellei* foi a mais abundante do setor três representando 78% das espécies amostradas na Caatinga Arbustiva. Estudos de Brandão *et al.*, (1998) constataram a larga distribuição dessa espécie na Caatinga Arbustiva aberta no município de Jaíba, Norte de Minas. Meiado *et al.* (2012), em seus estudos na Serra do Ramalho/BA, constataram que *Pilosocereus gounellei* é uma típica cactácea das caatingas hiperxerófitas assentadas sobre diversos tipos Neossolos Litólicos do semiárido brasileiro. Rocha e Agra (2002), encontraram muitos indivíduos de *Pilosocereus gounellei* em afloramentos de granito na base do Pico do Jabre, município de Matureia, Paraíba.

Dado o exposto, ressalta-se que a Análise de Correspondência Canônica (CCA) neste estudo produziu um resultado que coaduna com as expectativas relacionadas às influências das variáveis ambientais sobre as características fisionômicas dos biótopos e a distribuição das suas respectivas espécies, sendo que alguns dados, sobretudo, no tocante às espécies e sua relação com o solo, foram

corroborados por outras pesquisas realizadas no semiárido ou em outras partes do Brasil. Por fim, deve-se destacar que muitas características edáficas e vegetacionais previamente discutidas na revisão de literatura foram confirmadas através da CCA, revelando a importância e a eficiência desta técnica para os estudos da relação solo/planta.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estudos que correlacionam solos com vegetação são de fundamental importância para a compreensão de ambientes marcados pela diversidade vegetal, haja vista que os atributos químicos, físicos e mineralógicos do solo exercem influência bastante significativa sobre o desenvolvimento florístico e fisionômico estrutural das formações vegetais presentes nos substratos físicos das biocenoses. Entretanto, diante de um cenário marcado pela influência antrópica sobre as características vegetacionais, faz-se necessário que estudos sobre a relação solo/planta considerem o papel dos fatores antropogênicos, na busca pela compreensão das diferenças entre as fitofisionomias. Os resultados obtidos neste trabalho confirmam essa realidade e ainda ressaltam a importância dos dados e das informações sobre as ações antrópicas nas análises de tipos vegetacionais em diferentes estágios sucessionais e sob condições pedológicas semelhantes.

O levantamento pedológico realizado neste trabalho identificou cinco classes de solos: GLEISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico plíntico, LUVISSOLO HÁPLICO Órtico típico, CAMBISSOLO HÁPLICO Tb eutrófico latossólico, CAMBISSOLO HÁPLICO Ta eutrófico típico e NEOSSOLO LITÓLICO eutrófico típico. Foi possível verificar que a maioria desses solos é eutrófica; são desprovidos de alumínio na solução e hipoférricos, possuem alta concentração de Ca e de Mg, sua acidez é de fraca a moderada, e sua argila, de atividade alta (Ta).

A análise de Difratomografia de raios X (DRX) mostrou o predomínio do quartzo na fração areia de todos os solos estudados. Na fração argila, ocorreu o predomínio de caulinita, illita e montmorilonita na maioria dos solos. Ressalta-se que a presença de illita e da montmorilonita indica que esse solo é pouco evoluído. Vale destacar também que a montmorilonita pode influenciar indiretamente a fertilidade, pois essa argila sugere pouca lixiviação das bases, o que pode aumentar o caráter eutrófico desses solos e conseqüentemente assegurar a influência edáfica sobre os aspectos fisionômicos da vegetação.

A análise de ataque sulfúrico ressaltou o caráter hipoférrico de todos os solos, mas a presença de hematita foi importante para a determinação da coloração avermelhada que predomina na maioria dos solos. Os óxidos de ferros também foram importantes para diferenciar o Gleissolo dos demais solos do parque, pois a drenagem deficiente permitiu a criação de um ambiente redutor favorável à lixiviação

dos óxidos e à gleização, com a conseqüente formação de muitos mosqueados nesses solos. Essas características, associadas à textura predominantemente arenosa, criaram um ambiente em que se desenvolveu uma vegetação florística e fisionomicamente única no contexto fitogeográfico do Parque.

Ressalte-se ainda que esse resultado permitiu concluir que os Cambissolos predominaram na área de Floresta Estacional Decidual e estiveram associados a três contextos fisionômicos e florísticos distintos: Floresta Estacional Decidual tardia da Trilha da Barriguda, Florestas Estacionais Deciduais Intermediárias um e dois e Floresta Estacional Decidual cárstica. O Luvisolo associou-se à Floresta Estacional Decidual tardia da área Sul.

Vale destacar que o Gleissolo e o Neossolo Litólico são os solos que produziram discriminações mais evidentes no contexto vegetacional da área, uma vez que a Mata Ciliar e a Caatinga Arbustiva Aberta apresentaram quadro fisionômico e florístico bem distinto dos demais biótopos estudados. Entretanto, enfatiza-se que os atributos pedológicos foram importantes, mas insuficientes para diferenciar a vegetação do Parque como um todo, pois os solos são eutróficos, e a área apresenta florestas estacionais em distintos estágios sucessionais, cujas diferenciações fisionômicas requerem a consideração dos fatores antropogênicos. O corte seletivo de espécies usadas na implantação e na manutenção da infraestrutura da antiga fazenda e os desmates cíclicos nas pastagens destacaram-se como os mais relevantes fatores antropogênicos usados na explicação das diferenças entre as formações vegetais do parque.

Por tudo isso, destaca-se que os fatores antropogênicos discutidos no resgate do processo de ocupação da área foram muitos importantes para explicar as diferenças fisionômicas existentes entre as Florestas Estacionais Deciduais Intermediárias um e dois e as Florestas Estacionais Deciduais em estágio sucessional tardio.

As diferenciações florísticas foram mais evidentes, demonstrando que algumas espécies estão mais associadas a determinados contextos edáficos específicos. Isso fica claro nos resultados da Análise de Correspondência Canônica (CCA), que enfatizaram a existência de três setores distintos, agrupando os diferentes biótopos e suas espécies dominantes.

Pelas análises realizadas, observa-se que a vegetação do Parque Estadual da Mata Seca apresenta grande riqueza florística, a qual se expressa em

83 espécies distribuídas em 25 famílias. As famílias floristicamente mais ricas foram a Fabaceae, a Bignoneaceae e a Euphorbiaceae. Delas, foram amostradas 31 espécies da família Fabaceae; 8, da família Bignoneaceae; e 6, da família Euphorbiaceae. As áreas amostradas registraram espécies como *Handroanthus ochraceus*, *Myracrodruon urundeuva*, *Shinopsis brasiliensis*, *Handroanthus spongiosus*, *Tabebuia roseo-alba*, *Anadenanthera columbrina* e *Spondias tuberosa*, todas com elevado número de registros no semiárido brasileiro e muito importantes para a comunidade arbórea do bioma Caatinga.

Em relação à análise fisionômico-estrutural, a classe de circunferência de 15 a 35 cm predominou em todas as áreas amostrais. As classes de altura com árvores de pequeno porte (2 a 7 metros) predominaram na Mata Ciliar, Caatinga Arbustiva Aberta e Floresta Estacional Decidual Intermediária um. Os indivíduos arbóreos de porte médio predominaram nas áreas de Florestas Tardias, na Intermediária dois e na Mata Seca cárstica. As classes com árvores de grande porte (acima de 15 metros) destacaram-se apenas nas Florestas Tardias da Trilha da Barriguda e da área Sul. Esses resultados evidenciam os efeitos edáficos e antrópicos sobre as comunidades arbóreas e ainda ressaltam que todos os biótopos possuem árvores jovens inseridas em processos sucessionais de diferentes idades.

Este estudo demonstrou sua relevância ao aprofundar a análise dos atributos pedológicos dentro de uma perspectiva voltada para a compreensão da influência do solo sobre as fisionomias e sobre o padrão de distribuição das espécies arbóreas das Florestas Estacionais Deciduais e das Matas Ciliares, bem como suas relações com as ações antrópicas que marcaram o processo de ocupação histórica da área que viria a ser transformada em unidade de conservação, no extremo Norte de Minas Gerais. Entretanto, ressalte-se que novos estudos sejam feitos na região focando as áreas transicionais, as quais se encontram mais vulneráveis aos efeitos da expansão agropecuária, visando aumentar o conhecimento sobre essa biodiversidade e criando argumentos científicos que possam ser usados para preservar as fitofisionomias mais ameaçadas.

Recomenda-se ainda que os estudos sobre a relação solo/planta em áreas de Florestas Estacionais utilizem uma metodologia que apresente uma análise pedológica que considere um número maior de atributos edáficos e de elementos relacionados à interação entre as sociedades e a natureza, visando à melhor

compreensão da dinâmica das paisagens vegetacionais. Nesse sentido, acredita-se que as variáveis associadas à mineralogia do solo sejam mais valorizadas nos estudos da relação solo/planta. Da mesma forma ressalta-se que outros elementos ligados à ação antrópica também sejam considerados nesses estudos, sobretudo, nos trabalhos que envolvam estágios sucessionais diferentes em uma mesma formação vegetal.

Por fim, vale destacar que esse trabalho trouxe uma contribuição muito relevante para a compreensão da dinâmica ecológica que permeia a interação entre os tipos vegetacionais, sobretudo as Florestas Estacionais, e os atributos físicos, químicos e mineralógicos do solo. Por tratar-se de um assunto que não se esgota e considerando a importância do mesmo para a preservação da vegetação semiárida, faz-se necessário que novas pesquisas sejam feitas porque poderão confirmar ou reformular as tendências evidenciadas pelo presente estudo.

REFERÊNCIAS

ABDO, M. T. V. N. *Caracterização da vegetação arbórea e atributos do solo da Reserva Biológica de Pindorama*, SP. 2009. 119f. Tese (Doutorado em Agronomia/Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, 2009.

ADAS, M.; ADAS, S. *Panorama geográfico do Brasil – Contradições, impasses e desafios socioespaciais*. São Paulo: Moderna, 1998.

ALENCAR, N. F. *Eixos de desenvolvimento: as cidades, os vapores e as locomotivas no Norte de Minas Gerais*. 2012. 153 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Social) – Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Social, Universidade Estadual de Montes Claros, Montes Claros, MG, 2012.

ALLEONI, L. R. F.; CAMARGO, O. A. Óxidos de ferro e de alumínio e a mineralogia da fração argila deferrificada de Latossolos Ácricos. *Scientia Agricola*, Piracicaba, SP, v. 52, n. 3, p. 416-421, set./dez.1995.

ALMEIDA, J. R. *Cronocromossequências de solos originários de rochas pelíticas do Grupo Bambuí*. 1979. 150 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1979.

ALMEIDA, M. I. S. Algumas considerações sobre o papel do Estado na reorganização do espaço norte-mineiro. *Caderno Geográfico*, Montes Claros, MG, v. 1, n. 3, p. 9-18, 1999.

ALVAREZ V. V. H. *et al.* Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARAES, P. T. G.; ALVAREZ V. V. H. (Ed.). *Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5º Aproximação*. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 25-32.

ANDRADE-LIMA, D. The caatingas dominium. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v. 4, p. 149-163, 1981.

ANGELIM, A. E. S.; MORAES, J. P. S.; SILVA, J. A. B.; GERVÁSIO, R. C. R. G. Germinação e aspectos morfológicos de plantas de Umburana de cheiro (*Amburana cearensis*) encontradas na Região Vale do São Francisco. *Revista Brasileira de Biociências*, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 1062-1064, jul. 2007.

ANTUNES, F. Z. Caracterização climática. *Informe Agropecuário – Caatinga*, Belo Horizonte, v. 17, n. 181, p. 15-19, 1994.

ARAÚJO, E. F. *Mineralogia, reserva de nutrientes e potencial produtivo de solos cultivados com eucalipto no Rio Grande do Sul*. 2011. 155 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

ARAUJO, G. M. *Matas ciliares da caatinga: florística, processo de germinação e sua importância na restauração de áreas degradadas*. 2009. 66 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Departamento de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.

AZEVEDO, A. Vilas e cidades do Brasil colonial. Ensaio de Geografia Urbana retrospectiva. *Terra Livre – AGB*, São Paulo, n. 10, p. 23-78, jan./jul. 1992.

AZEVEDO, A. C.; BONUMÁ, A. S. Partículas coloidais, dispersão e agregação em latossolos. *Ciência Rural*, Santa Maria, RS, v. 34, n. 2, p. 609-617, mar./abr. 2004.

BEDÊ, C. L. *et al. Manual para mapeamento de biótopos no Brasil – Base para um planejamento ambiental eficiente*. Belo Horizonte: Fundação Alexander Brandt, 1997.

BELÉM, R. A. *Zoneamento ambiental e os desafios da implementação do Parque Estadual Mata Seca*, município de Manga, Norte de Minas Gerais. 2008. 169f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

BELÉM, R. A. *Distribuição e caracterização fitogeográfica do Caryocar brasiliense (pequizeiro) em Montes Claros, MG*. 1997. 110 f. Monografia (Graduação em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1997.

BEZERRA, P; FERNANDES, A. Fundamentos de taxonomia vegetal. Fortaleza: Editora da Universidade Federal do Ceará. 1989, 99p.

BRANDÃO, M. Caatinga. In: MENDONÇA, M.; LINS, L. (Org.). *Lista vermelha das espécies ameaçadas de extinção da flora de Minas Gerais*. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2000. p. 75-85.

BRANDÃO, M.; NAIME, U. J. Cobertura vegetal original dos municípios de Jaíba, Manga e Matias Cardoso, MG. *Daphne*, Belo Horizonte, v. 8, n. 2, p. 7-13, abr. 1998.

BRANDÃO, M.; GAVILANES, M. Composição florística das áreas recobertas pela Caatinga na área mineira da Sudene. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 17, n. 181, p. 20-32. 1994.

BRANDÃO, M.; ARAÚJO, M.G.; LACA-BUENDIA, J.P. “Furados”: Um novo ecossistema de grande importância como suporte à fauna local e regional da Região da Jaíba, MG. *Daphne*, Belo Horizonte, v.8, n.3, p.51-60, jul. 1998.

BRASIL. Congresso Nacional. Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Poder Legislativo, Brasília, DF, 16 set. 1965. p. 9529.

BRAUN BLANQUET, J. *Fitossociologia: bases para el estudio de las comunidades vegetales*. 3. ed. Madrid: H. Blume, 1979.

BRINA, A. E. *Aspectos da dinâmica da vegetação associada a afloramentos calcários na APA Carste de Lagoa Santa*, MG. 1998. 168 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1998.

BUCKMAN, H. O.; BRADY, N.C. *Natureza e propriedades dos solos* – Compêndio universitário sobre Edafologia. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1979.

CAKMAK, I; YAZICI, A. Magnésio: um elemento esquecido na produção agrícola. *Jornal do International Plant Nutrition Institute – INPI/BRASIL*. Piracicaba/SP. Número 132, dezembro de 2010. Disponível em: <http://www.ipni.net/PUBLICATION/IA-BRASIL.NSF> Acesso em 09/10/2013.

CAMARGO, L. A. *Mineralogia da argila e atributos físicos de um Argissolo em curvaturas de relevo*. 2009. 111 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal, SP, 2009.

CARVALHO, P. E. R. *Espécies arbóreas brasileiras*. Brasília: Embrapa informação tecnológica/Embrapa Florestas, 2008.

CASTRO FILHO, C. Atributos do solo avaliados pelos seus agregados. In: MORAES, M, H. et al. (Org.). *Qualidade física do solo: métodos de estudo- sistemas de preparo e manejo do solo*. Jaboticabal, SP: FUNEP, 2001. p. 21-46.

COMPANHIA DE PESQUISA EM RECURSOS MINERAIS – CPRM. Foto aérea do município de Manga, Minas Gerais. 09.06.1965.

COMPANHIA DE PESQUISA EM RECURSOS MINERAIS – CPRM (Brasília, DF). *Mapa geológico de Minas Gerais*. Brasília, 2003. Mapa físico. Escala 1: 1.000.000.

Companhia Mineradora de Minas Gerais – COMIG (Belo Horizonte, MG). *Mapa Geológico do estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte, 2003. Mapa físico. Escala 1: 1.000.000.

CORREIA, M. M. *et al.* Caracterização de óxidos de ferro de solos do ambiente tabuleiros costeiros. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v. 32, n. 3, p. 1017-1031, 2008.

DAJOZ, R. *Princípios de Ecologia*. Porto Alegre: Artmed, 2006.

DRUMOND, G.M.; MARTINS, C.S.; MACHADO, A.B.M.;SEBAIO, F.A.; ANTONINE, Y. Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2005, 222p.

DUARTE, I. N. *et al.* Utilização de ácidos húmicos no revestimento do MAP. *Enciclopédia Biosfera*, Goiânia, v. 9, n .16, p. 2084-2091, 2013.

DUARTE, T. G. *Florística, fitossociologia e relações solo-vegetação em Floresta Estacional Decidual em Barão de Melgaço*, Pantanal de Mato Grosso. 2007. 155 f.

Tese (Doutorado em Botânica) – Programa de Pós-graduação em Botânica, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Brasília: Embrapa, Centro Nacional de Pesquisa de Solos; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. *Manual de métodos de análise de solo*. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS – EPAMIG. *Estudo de solos, clima e vegetação do município de Manga - MG*. Belo Horizonte: EPAMIG, 1990.

ESPIRITO-SANTO et al. Florestas estacionais decíduais brasileiras: distribuição e estado de conservação. *MG Biota: Boletim técnico-científico da diretoria de biodiversidade do IEF - MG*, Belo Horizonte, v. 1, n. 2, p. 5-13, jun./jul. 2008.

FABRIS, I. L. *Processamento químico do minério talco-silicato de magnésio visando redução dos compostos de ferro*. 2006. 156 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

FASSBENDER, H. W.; BORNEMISZA, E. *Química de suelos com ênfasis em suelos de America Latina*. San José: IICA, 1987.

FELFILI, J. M. *Structure and dynamics of a gallery forest in Central Brazil*. PhD Thesis. University of Oxford, Oxford, 1993.

FELFILI, J. M.; RESENDE, R. P. Conceitos e métodos em fitossociologia. *Comunicações técnicas florestais*, Brasília, v. 5, n.1, p. 68, 2003.

FERNANDES, A. *Fitogeografia brasileira*. Fortaleza: Multigraf, 1998.

FERREIRA, I. C. M. *Associações entre solos e remanescentes de vegetação nativa em Campinas/SP*. 2007. 124 f. Dissertação (Mestrado em Gestão Ambiental na Agricultura) – Instituto Agrônômico de Campinas, Campinas, SP, 2007.

FERREIRA, M. M.; FERNANDES, B.; CURI, N. Influência da mineralogia da fração argila nas propriedades físicas de Latossolos da Região Sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v. 23, p. 515-524, 1999.

FREITAS, L. S. *Avaliação dos minérios de itabiritos compactos e semi-compactos em um circuito de britagem da Samarco Mineração S/A*. 2014, 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Minas) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

FUNDAÇÃO BIODIVERSITAS. *Biodiversidade em Minas Gerais* – um atlas para a sua conservação. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2003. Disponível em: <www.biodiversitas.org.br/>. Acesso em: 18 jul. 2005.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS – CETEC. *Diagnóstico Ambiental de MG*. Belo Horizonte: CETEC, 1983.

FURLAN, S. A. Técnicas de Biogeografia. In: VENTURI, L. A. B. (Org.). *Praticando Geografia* – técnicas de campo e de laboratório. São Paulo: Oficina de textos, 2009. p.99-130.

GAMA, J. R. V.; BOTELHO, S. A.; BENTES-GAMA, M. M. Composição florística e estrutura da regeneração natural de floresta secundária de várzea baixa no estuário amazônico. *Revista Árvore*, Viçosa, v.26, n.5, p.559-566. 2002.

GARCIA-MILLÁN, V. E.; SANCHEZ-AZOFEIFA, A.; GARCIA, G. C. M.; RIVARD, B. Quantifying tropical dry forest succession in the americas using CHRIS/PROBA. *Remote sensing environment*, Elsevier, n. 144, p. 120-136, 2014.

GOEDERT, J. W. *Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo*. São Paulo: Nobel, 1986.

GONÇALVES, F.N. Estudo das características físicas, química e morfológicas dos solos como subsidio ao levantamento das potencialidades agrícolas da comunidade rural de Pernambuco em Pirapora, Norte de Minas Gerais. 2014. 75f.(Monografia de graduação). Universidade Estadual de Montes Claros, Montes Claros. 2014.

GOODLAND, R.; FERRI, M. G. *Ecologia do Cerrado*. Belo Horizonte: Itatiaia, 1979.

GUERRA, A. J. T. O papel da matéria orgânica e dos agregados na erodibilidade dos solos. *Anuário do Instituto de Geociências*, Rio de Janeiro, v. 13, p. 43-52,1990.

Haidar, R.F. *Fitossociologia, diversidade e sua relação com variáveis ambientais em Florestas Estacionais do bioma Cerrado no Planalto Central e Nordeste do Brasil*. 2008. 254 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *Manual técnico da vegetação brasileira*. Rio de Janeiro: IBGE, 1992.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Recursos Naturais e Meio Ambiente – Uma visão do Brasil. Rio de Janeiro, IBGE, 1996.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE; EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. *Mapa dos solos*. Rio de Janeiro, 2003. Mapa Físico. Escala 1: 5000.000. Disponível em: <www.ibge.org.br>. Acesso em: 03 jun. 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE. *Enciclopédia dos municípios brasileiros*. Rio de Janeiro: IBGE, 1959. v. 26.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE MINAS GERAIS – INDI. Belo Horizonte: Departamento de Documentação e Informação do Município de Manga, 2006. Disponível em: <www.indi.org.mg.br>. Acesso em: 23 out. de 2007.

JACOMINE, P. K. T. *Levantamento exploratório: reconhecimento de solos do Norte de Minas Gerais*. Recife: EMBRAPA; SUDENE, 1979. (Boletim Técnico, n. 60). (Série Recursos de Solos, n. 12).

KAMPF, N; CURI, N.; MARQUES, J. J. Intemperismo e ocorrência de minerais no ambiente do solo. In: MELO, V. F.; ALLEONI, R. L. (Ed.). *Química e Mineralogia de solo – Parte 1 – Conceitos básicos*. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. p. 333-371.

KIEHL, E. J. *Manual de Edafologia – Relações solo/planta*. São Paulo: Editora Ceres, 1979.

LEITE, M. E.; PEREIRA, M. A. A Expansão Urbana de Montes Claros a Partir do Processo de Industrialização. *Leituras Geográficas sobre o Norte de Minas Gerais*, Montes Claros, MG, v. 1, n. 1, p. 33-51, 2004.

LEPSCH, I. F. *19 lições de Pedologia*. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

LEPSCH, I. F. *Formação e conservação dos solos*. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

LOPES, A. S. *Manual de fertilidade do solo*. São Paulo: ANDA/POTAFOS, 1989.

LOPES, E.L.N.; FERNANDES, A.R.; GRIMALDI, C.; RUIVO, M.L.P.; RODRIGUES, T.E.; SARRAZIN, M. Características químicas de um Gleissolo sob diferentes sistemas de uso nas margens do rio Guamá, Belém/PA. Bol. Mus. Pará. Emílio Goeldi. Ciências Naturais, Belém, v. 1, n. 1, p. 127-137, jan-abr. 2006

LORENZI, H. *Árvores brasileiras – Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. Nova Odessa, SP: Plantarum, 2002. v. 2.

MACHADO, J. V.; SOUZA, C. H. E.; ANDRADE, B. B.; LANA, R. M. Q.; KORNDORFER, G. H. Curvas e disponibilidade de fósforo em solos com diferentes texturas após aplicação de doses crescentes de fosfato monoamônico. *Biosci*, Uberlândia, MG, v. 27, n. 1, p. 70-76, jan./fev., 2011.

MACIEL, J. R.; FERREIRA, J. V. A.; SIQUEIRA-FILHO, J. A. Modelagem de distribuição de espécies arbóreas na recuperação de áreas degradadas da Caatinga. In: SIQUEIRA-FILHO, J. A. (Org.). *A flora das Caatingas do São Francisco: história natural e conservação*. Rio de Janeiro: Andrea Jacobsson, 2012. p. 231-264.

MADEIRA, B. G. *et al.* Mudanças sucessionais nas comunidades arbóreas e de lianas em matas secas: entendendo o processo de regeneração natural. *Biota*, Belo Horizonte, v. 1, n. 2, p. 28-36, jun./jul.2008.

MARACAJÁ, P. B.; BATISTA, C. H. F.; SOUZA, A. H.; VASCONCELOS, W. E. Levantamento florístico e fitossociológico do estrato arbustivo-arbóreo de dois ambientes na Vila Santa Catarina, Serra do Mel – RN. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, Mossoró, RN, v. 3, n. 2, p. 1-9, mar./2003.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. *Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral*. 3. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2009.

MARTINS, C. M. *Gênese, formas de carbono e sílica biogênica de solos sob formações estacionais do semiárido de Minas Gerais e Bahia*. 2012. 115 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Programa de Pós-Graduação em solos e nutrição de plantas, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.

MARTINS, S. V.; SILVA, N. R. S.; SOUZA, A. L.; MEIRA NETO, J. A. A. Distribuição de espécies arbóreas em um gradiente topográfico de Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, MG. *Revista Scientia Florestalis*, Piracicaba, SP, n. 64, n. 2, p. 172-181, dez. 2003.

MATTOS, J. R. *Contribuição ao estudo do Cedro – Cedrela fissilis Vell.* Porto Alegre: Instituto de Pesquisas de Recursos Naturais Renováveis AP, 1980.

MEHRA, O. P.; JACKSON, M. L. Iron, oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. CLAYS & CLAY MINERAL CONFERENCE, 7., London, 1960. *Proceedings...* London: Pergamon Press, 1960. p. 317-327.

MEIADO, M.V.; MACHADO, M.C.; ZAPPI, D.C.; TAYLOR, N.P.; SIQUEIRA FILHO, J.A. Cactos do rio São Francisco: atributos ecológicos, distribuição geográfica e endemismo. In: SIQUEIRA FILHO, J. A. (Org.). *A flora das Caatingas do São Francisco: história natural e conservação*. Rio de Janeiro: Andrea Jacobsson, 2012. p. 265-303.

MELI, P. Restauración ecológica de bosques tropicales: Asociación Interciencia. Caracas, Venezuela. vol. 28, núm. 10, octubre, 2003, pp. 581-589.

MELO, M. S. *Florística, fitossociologia e dinâmica de duas florestas secundárias antigas com histórias de uso diferentes no nordeste do Pará – Brasil*. 2004.135 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2004.

MELO, V. F.; CASTILOS, R.M.V.; PINTO, L.F.S. Reserva mineral do solo. In: MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. (Ed.). *Química e mineralogia do solo – Parte 1 – Conceitos básicos*. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. p. 252-298.

MELO, V. F.; NOVAIS, R. F.; FONTES, M. P. F.; SCHAEFER, C. E. G. R. Potássio e magnésio em minerais das frações areia e silte de diferentes solos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, SP, n. 24, p. 269-284, 2000.

MEURER, E. J. Potássio. In: FERNANDES, M. S. *Nutrição mineral de plantas*. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 281-298.

MILLER JR, G.T. *Ciência Ambiental*. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

MORENO, M. I. C.; SCHIAVINI, I; HARIDASAN, M. Fatores edáficos influenciando na estrutura de fitofisionomias do Cerrado. *Caminhos da Geografia*, Uberlândia, MG, v. 9, n. 25, p. 173-194, mar./2008.

MORO, M. F.; MARTINS, F. R. Métodos de levantamento do componente arbóreo-arbustivo. In: FELFILI, J. M. et al. (Ed.). *Fitossociologia do Brasil – métodos e estudos de casos*. Viçosa, MG: Editora UFV, 2011. p. 174-203.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, G. H. *Aims and methods of vegetation ecology*. New York: Willey & Sons, 1974.

NETO, A. L.; ALMEIDA, J. A. Caracterização morfológica e química de Argissolos com horizontes subsuperficiais escurecidos em Santa Catarina. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, Lages, SC, v. 12, n. 2, p. 294-303, 2013.

NOVAIS, R. F.; MELLO, J. W. V. Relação solo-planta. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). *Fertilidade do solo*. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2007. p. 133-203.

NUNES, Y.R.F.; LUZ, G.R.; SOUZA, S.R.; SILVA, D.L.; VELOSO, M.D.M.; ESPÍRITO-SANTO, M.M.; SANTOS, R.M. Floristic, Structural and Functional Group Variations in tree Assemblages in a Brazilian Tropical Dry Forest: Effects of successional Stage and Soil Properties. 2014, p.325-349.

ODUM, E. *Ecologia*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1983.

ODUM, E. P.; BARRETT, G.W. *Fundamentos de Ecologia*. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

OLIVEIRA, C. V. *Atributos químicos, mineralógicos, micromorfológicos, gênese e uso de solos do Projeto Jaíba*, Norte de Minas Gerais. 1999. 181 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Programa de Pós-graduação em solos e nutrição de plantas, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1999.

OLIVEIRA, C. V.; KER, J.C.; FONTES, L.E.F.; CURI, N.; PINHEIRO, J.C. Química e mineralogia de solos derivados de rochas do Grupo Bambuí no Norte de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v. 22, n. 4, p. 583-593, 1998.

OLIVEIRA, C.V. *Pedologia*. Belo Horizonte: CAED-UFMG, 2012, 96P

OLIVEIRA, M. E. A. *Mapeamento, florística e estrutura da transição campo-floresta na vegetação do Parque Nacional de Sete Cidades*, nordeste do Brasil. 2004. 135 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2004.

PEDROTTI, A. et al. Relação entre atributos físicos, mineralogia da fração argila e formas de alumínio no solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v. 27, n. 1, p. 1-9, 2003.

PEREIRA, A. E. *Memorial Januária: terras, rios e gente*. Belo Horizonte: Mazza Edições, 2004.

PEREIRA, T. T.C.; KER, J.C.; SCHAEFER, C. E. G. R.; BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L.; ALMEIDA, C.C. Gênese dos Latossolos e Cambissolos desenvolvidos de rochas pelíticas do Grupo Bambuí, Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v. 34, p. 1283-1295, 2010.

PIOVESAN, P. R.; SILVA, S. A. A influência da textura do solo sobre a estrutura da vegetação da Ilha da Arapujá, Altamira – PA. SEMANA DE INTEGRAÇÃO DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 10., 2010, Altamira. *Anais...* Altamira, PA: FPA, 2010.

PINTO-COELHO, R.M. *Fundamentos de Ecologia*. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000.

PÓVOA, J. S. R. *Distribuição da variação genética de Cedrela fissilis Vell*, em fragmentos florestais no sul de Minas Gerais, por meio de isoenzimas. 2002. 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2002.

PRADO, D. E. As Caatingas da América do Sul. In: LEAL, I.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. (Org.). *Ecologia e conservação da Caatinga*. Recife: Editora UFPE, 2005.

PRADO, D. E.; GIBBS, P. E. Patterns of species distributions in the dry seasonal forests of south America. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, St. Louis, n. 80, p. 902-927, 1993. Disponível em: <<http://www.jstor.org/discover>>. Acesso em: 23 set. 2014.

PUIG, H. *A floresta tropical úmida*. São Paulo: Unesp, 2008.

QUEIROZ, A.F. Caracterização e classificação de solos do município de Casa Nova/BA para fins de uso, manejo e conservação. 2013, 155f. Dissertação (mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró. 2013.

RAMOS, K. M. O. et al. Desenvolvimento inicial e repartição de biomassa de *Amburana cearensis* (allemao) em diferentes condições de sombreamento. *Acta bot. bras.*, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 351-358, 2004.

RATTER, J. A.; ASKEW, G. P.; MONTGOMERY, R. F.; GIFFORD, D. R. Observations on forests of some mesotrophic soils in Central Brazil. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 47-58, 1978.

REATTO, A.; CORREIA, J.R.; SPERA, S.T. Solos do bioma Cerrado: aspectos pedológicos. In: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P. (Ed). *Cerrado : Ambiente e Flora*. Planaltina-CPAC, 1998.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. *Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações*. Barueri, SP: Manole, 2004.

RESENDE, M.; CURI, N.; RESENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. *Pedologia: base para a distinção de ambientes*. Viçosa, MG: NEPUT, 2005.

RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P.; RIBEIRO, J.F.(Ed). *Cerrado : Ecologia e Flora*. Planaltina-CPAC, 2008.

RIBEIRO, A. C; GUIMARÃES, P. T. G; ALVAREZ, V. H. *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais*. Viçosa, MG: UFV, 1999.

RIBEIRO, E. A. W.; HOFIG, P. Apontamentos de Biogeografia em um remanescente de Cerrado na Fazenda Jatiuca, Brasilândia – MS. *Saber acadêmico – revista multidisciplinar da UNIESP, São Paulo*, n. 9, p. 91-104, jun./2010.

RIZZINI, C. T. *Tratado de fitogeografia do Brasil*. 2. ed. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural Edições Ltda., 1997.

ROCHA, Y.T. Técnicas de em estudos biogeográficos. *Raega – O Espaço Geográfico em Análise*, Curitiba, n. 23, p. 398-427, 2011. Disponível em: <www.geografia.ufpr.br/raega>. Acesso em: 05 abr. 2013.

ROCHA, A.E.; AGRA, M.F. Flora do Pico do Jabre, Paraíba, Brasil: Cactaceae Juss. Belo Horizonte. *Acta. Bot. Bras.* 16(1):15-21, 2002.

RODRIGUES, A. C. C.; OSUNA, J. T. A.; QUEIROZ, S. R. O. D.; RIOS, A. P. S. Biometria de frutos e sementes e grau de umidade de sementes de Angico (*Anadenanthera colubrina*. (Vell.) Brenan Var. *Cebil* (Griseb.) Altschul procedentes de duas áreas distintas. *Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal*, Garça, SP, v. 4, n. 8, p. 1-15, ago. 2006.

RODRIGUES, P.M.S. *Análise de gradientes de solo e vegetação em Mata Ciliar do Rio São Francisco*, Norte de Minas Gerais, para fins de restauração florestal. 2011. 71 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Departamento de Biologia Vegetal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.

RODRIGUES, P. M. S.; MARTINS, S.V.; NERI,A.V.; NUNES, Y.R.F.; MAGNAGO, L.F.S. Riqueza e estrutura do componente arbóreo e características edáficas de um gradiente de Floresta Ciliar em Minas Gerais. *Revista Árvore*, Viçosa, MG, v. 37, n. 6, p. 1011-1023, 2013.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Restauração de florestas tropicais: subsídios para uma definição metodológica e indicadores de avaliação e monitoramento. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. (Ed.). *Recuperação de áreas degradadas*. Viçosa, MG: UFV; SOBRADE, 1998. p.203-215

ROSSI, C. Q. *Matéria orgânica do solo e fósforo orgânico em cronosequência de cana-de-açúcar cultivada no Cerrado*. 2013. 89 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2013.

ROSSI, M.; MATTOS, I.F.A.; COELHO, R.M.; MENK, J.R.F.; ROCHA, F.T.; PFEIFER, R.M.; MARIA, I.C. de. Relação solos/vegetação em área natural no Parque Estadual de Porto Ferreira, São Paulo. *Revista do Instituto Florestal*, v.17, p.45-61, 2005.

RUGGIERO, P. G. et al. Relação solo, vegetação e topografia em área de Cerrado (Parque Estadual de Virassununga/SP): como se expressa em mapeamentos. *Acta Botânica Brasílica*, Feira de Santana, BA, v. 20, n. 2, p. 383-394, 2006.

RUGGIERO, P. G. C.; PIVELLO, V. R. *O Cerrado Pé-de-Gigante: ecologia e conservação* – Parque Estadual de Vassununga. São Paulo: SMA, 2005.

SALGADO-LABOURIAU, M. L. *História ecológica da Terra*. São Paulo: Edgar Blucher, 2001.

SAMPAIO, E. V. S. B. Fitossociologia. In: SAMPAIO, E. V. B.; MAYO, S. J.; BARBOSA, M. R. V. (Ed.). *Pesquisa botânica nordestina: progresso e perspectivas*. Recife: SBB- Seção Regional de Pernambuco, 1996. p.203-224.

SANQUETTA, C. R. Análise da estrutura vertical de florestas através do diagrama h-M. *Ciência Florestal*, Santa Maria, RS, v. 5, n. 1, p. 55-68, 1995.

SANTOS, L. N. S. Avaliação de atributos físicos de um Latossolo sob diferentes coberturas vegetais em Alegre (ES). *Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal*, v.6, n.2, p.140-149, 2009.

SANTOS, D. S. et al. *Manual de descrição e coleta de solo no campo*. 5. ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Embrapa, 2005.

SANTOS, J. P. Determinação do teor de ilita em argilominerais interestratificados a partir da análise do potássil total. *Sitientibus*, Feira de Santana, BA, n. 18, p.127-141, 1998.

SANTOS, J.C.; OLIVEIRA, K.N.; SILVA, J.O.; SILVA, S.F.M.; SILVA, H.S.; FONSECA, M.B.; ESPÍRITO-SANTO, M.M. Resposta de plantas jovens de Ipê – Amarelo (*Handroanthus ochraceus*, *Bignoniaceae*) a um teste de defesa induzida. X Congresso de Ecologia do Brasil. São Lourenço/MG. 2011.

SANTOS, J.C.B.; SOUZA JUNIOR, V.S.; CORRÊA, M.M.; RIBEIRO, M.R.; ALMEIDA, M.C.; BORGES, L.E.P. Caracterização de Neossolos Regolíticos da Região Semiárida do estado de Pernambuco. Viçosa. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 36:683-695, 2012.

SCHAEFER, C. E. G. R. et al. *Cobertura vegetal do complexo decidual do Norte de Minas Gerais*. 1º Relatório de atividades. Viçosa, MG: Secretaria de Estado de Ciência e Tecnologia e Ensino Superior, 2010.

SCHAERFER, C. E. G. R.; FABRIS, J. D.; KER, J. C. Minerals in the clay fraction of Brazilian (Oxisols): a review. *Clay minerals*, Londres, v. 43, p. 1-18, 2008.

SCHARIOT, A.; SEVILHA, A. C. Biodiversidade, estrutura e conservação de Florestas Estacionais Deciduais no Cerrado. 2005. In: SCHARIOT, A.; SOUSA, J. C.; FELFILI, J. M. (Ed.). *Ecologia, biodiversidade e conservação do Cerrado*. Brasília. Não publicado.

SCOLFORO, J. R.; CARVALHO, L. M. T. de. *Mapeamento e inventário da flora nativa e dos reflorestamentos de Minas Gerais*. Lavras, MG: UFLA, 2006.

SILVA, A. B. *Estudo hidrogeológico do aquífero cárstico da região de Montes Claros – Minas Gerais*. Belo Horizonte: UFMG, 1989.

SILVA, A. P.; TORMENA, C. A.; IMHOFF, S. Intervalo hídrico ótimo. In: MORAES, M. H.; MULLER, M. M. L.; FOLONI, J. S. S.(Ed.). *Qualidade física dos solos: métodos de estudo – Sistemas de prepare e manejo do solo*. Jaboticabal, SP: FUNEP, 2001. p.1-20.

SILVA FILHO, A. V.; SILVA, M. I. V. Importância das substâncias húmicas para a agricultura. Simpósio nacional sobre culturas do inhame e do taro, 2., 2002, João Pessoa. *Inhame - Anais do II Simpósio nacional sobre culturas do inhame e do taro*. João Pessoa: Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba, 2002.

SIQUEIRA FILHO, J. A.; SOUZA, D.P.; SIQUEIRA, A.A.; MEIADO, M.V.; CORRÊA, L.C.; CAMPELO, M.J.A.; RAMOS, R.R.D. A queda do mito: composição, riqueza e conservação das plantas vasculares das Caatingas do Rio São Francisco. In: SIQUEIRA FILHO, J. A. (Org.). *A flora das Caatingas do São Francisco: história natural e conservação*. Rio de Janeiro: Andrea Jacobsson, 2012. p. 161-191.

SIQUEIRA-FILHO, J. A.; SANTOS, A. P. B.; NASCIMENTO, M. F. S.; ESPÍRITO-SANTO, F. S. *Guia de árvores da Caatinga*. Petrolina, PE: Editora e Gráfica Sanfranciscana, 2009.

SOUZA, A.L. Manejo Florestal – Técnicas Multivariadas aplicadas em manejo de florestas. Viçosa: DEF/UFV, 2002.

SOUZA, D.M.G.; MIRANDA, L.N.; OLIVEIRA, S.A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, N.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L.(Ed.). *Fertilidade do solo*. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 205-274.

SOUZA, R. V. C. C. et al. Caracterização de solos em uma topoclimosequência no Maciço de Triunfo – Sertão de Pernambuco. *Revista brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v. 34, p. 1259-1270, 2010.

SPERA, T. S.; REATTO, A.; MARTINS, E. S.; CORREIA, J. R. *Atributos físicos dos solos e a distribuição das fitofisionomias do Cerrado na Bacia Hidrográfica do Rio Jardim*, DF. Planaltina, DF: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, 2005. 16 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n.146).

STRAFORINI, R. A formação territorial brasileira nos dois primeiros séculos de colonização. *Geo UERJ*, Rio de Janeiro, v. 1, n. 18, p. 63-88, 1º sem. 2008.

TER BRAAK, C.J.F. The analysis of vegetation-environment relationship by canonical correspondence analysis. *Vegetatio*, v.69, p.69-77, 1987.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. *The water balance*. Centerton, New Jersey: Drexel Institute of Technology, Laboratory of Climatology, 1955.

TISDALL, J. M.; OADES, J. M. Organic matter and water-stable aggregates in soil. *J. Soil Sci.*, Cranfield, Bedfordshire, v. 33, p. 141-163, 1982.

TROPMAIR, H. *Biogeografia e meio ambiente*. Rio Claro, SP: Divisa, 2006.

VELOSO, M. D. M. Estrutura, diversidade florística e variações espaciais do componente arbóreo-arbustivo da vegetação ciliar do Rio Pandeiros, Norte de Minas Gerais. 2011. 167 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais), Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG: 2011.

VELOSO, T. M. G.; WHITAKER, D. C. A. Memórias sobre um conflito de terra em relatos de história de vida. *Fractal – Revista de Psicologia*, Rio de Janeiro, v. 25, n. 1, p. 23-40, jan./abr. 2013.

VERHOOGEN, J.; TURNER, F. J.; WEISS, L. E.; WAHRHAFTIG, E.; FYFE, W. S. *The earth an introduction to physical geology*. Austin: Holt, Rinehart and Winston, INC, 1970.

VIEIRA, D.L.M. Regeneração natural de florestas secas: Implicações para a restauração. 2006. 115 f. Tese (Doutorado em Ecologia), Universidade de Brasília, Brasília: 2006.

VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, Magnésio e Enxofre. In: FERNANDES, M. S. *Nutrição mineral de plantas*. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 299-325.

WENDLING, G. F. D. *Formas de alumínio em solo submetido a diferentes manejos e rotações de culturas*. 2012. 120 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2012.

WICANDER, R.; MONROE, J. *Fundamentos de Geologia*. São Paulo: Cengage – Learning, 2009.

WHITAKER, D. C. A. et al. A transcrição da fala do homem rural: fidelidade ou caricatura? In: WHITAKER, D. C. A. (Org.). *Sociologia rural*; questões metodológicas emergentes. Presidente Venceslau, SP: Letras à margem, 2002. p.115-120.

WHITE, R. E. *Princípios e práticas da ciência do solo: o solo como um recurso natural*. 4. ed. São Paulo: Andrei, 2009.

WINTHER, J. R. C. *Evolução histórica da legislação ambiental brasileira*. Brasília: Ministério da Educação, 2001. Disponível em <portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf>. Acesso em: 25 set. 2013.

ZANARDO, A.; MARQUES JUNIOR, J. Conceitos básicos em mineralogia. In: MELO, V. F; ALLEONI, R. L. (Ed.). *Química e mineralogia do solo – Parte 1- Conceitos básicos*. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. p. 75-150.

ZONTA, E.; BRASIL, F. C.; GOI, S.; ROSA, M. M. T. O sistema radicular e suas interações com o ambiente edáfico. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). *Nutrição mineral de plantas*. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 7-52.