



Universidade Federal de Goiás - UFG
Doutorado em Ciências Ambientais - CIAMB

**MODELAGEM DA PAISAGEM DA FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL NO VÃO
DO PARANÃ, GOIÁS**

Potira Meirelles Hermuche

TESE DE DOUTORADO

Dezembro de 2010



Universidade Federal de Goiás - UFG
Doutorado em Ciências Ambientais - CIAMB

MODELAGEM DA PAISAGEM DA FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL NO VÃO
DO PARANÃ, GOIÁS

Potira Meirelles Hermuche

Orientador
Edson Eyji Sano

Tese de Doutorado submetida ao
Programa de Doutorado em Ciências
Ambientais da Universidade Federal
de Goiás, como parte dos requisitos
necessários para a obtenção do Grau
de Doutor em Ciências Ambientais.

Goiânia, 10 de dezembro de 2010

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
GPT/BC/UFG

H556m	Hermuche, Potira Meirelles. Modelagem da paisagem da Floresta Estacional Decidua no Vão do Paranã, Goiás [manuscrito] / Potira Meirelles Hermuche. - 2010. 135 f. : figs, tabs. Orientador: Prof. Dr. Edson Eyji Sano. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Goiás, Programa de Doutorado em Ciências Ambientais, 2010. Bibliografia. 1. Mata Seca – Goiás (Estado). 2. Sensoriamento remoto. 3. Controles geoambientais. I. Título CDU: 528.8:581.9(817.3)
-------	--

MODELAGEM DA PAISAGEM DA FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL NO VÃO DO PARANÃ, GOIÁS

Potira Meirelles Hermuche

Tese de Doutorado submetida ao Programa de Doutorado em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Goiás como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Doutor em Ciências Ambientais.

Aprovada por:

Dr. Edson Eyji Sano - Embrapa Cerrados / CIAMB - Universidade Federal de Goiás - UFG

Orientador

Dra. Selma Simões de Castro - CIAMB- Universidade Federal de Goiás - UFG
Examinadora interna

Dr. Roberto Rosa – Departamento de Geografia – Universidade Federal de Uberlândia - UFU

Examinador externo

Dr. José Eloi Guimarães Campos - Instituto de Geociências – Universidade de Brasília - UnB

Examinador externo

Dr. Daniel Luis Mascia Vieira – Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

Examinador externo

Goiânia, 10 de dezembro de 2010

Dedico esta tese de doutorado à minha mãe e irmãos que, com muito orgulho, falam da geógrafa da família. Amo muito vocês, que sempre apoiaram e estimularam esta jornada acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Agradeço com todo o meu amor ao Fred, que seguiu ao meu lado durante esses anos proporcionando sempre dias mais alegres e me apoiando em todos os momentos.

Agradeço ao meu orientador, professor Dr. Edson Sano, pela atenção, compreensão e disponibilidade em todos os momentos. Obrigada pelos ensinamentos que permanecerão comigo para sempre. Você me conduziu a este final, sempre me fazendo manter a calma mesmo nos momentos de maior dificuldade.

Obrigada à professora Dra. Selma Simões de Castro, que participou e ajudou muito para que o trabalho ficasse melhor.

Agradeço ao professor Dr. Eloi Campos pelo grande incentivo para que a pesquisa ficasse mais completa e bem justificada. Obrigada por toda a atenção e disponibilidade.

Agradeço muito ao Dr. Daniel Vieira. O seu conhecimento e socilitude me estimularam a finalizar a pesquisa com mais empenho.

Obrigada ao professor Dr. Roberto Rosa pela simpatia e disponibilidade em participar da banca de defesa, além das sugestões para a melhoria do trabalho.

Agradeço ao professor Dr. Frederico Neves pela gentileza e grande disponibilidade, viabilizando e ajudando nas coletas no Parque Estadual da Mata Seca - MG.

Agradeço muito ao professor Euzébio e ao professor Éder da Embrapa Cerrados pelos grandes ensinamentos e sugestões.

Agradeço imensamente ao amigo Heleno que, pacientemente acompanhou essa trajetória diária, contribuindo com todo o seu conhecimento no laboratório e em campo, onde foi grande companheiro nas caminhadas pelo Vão do Paranã.

Obrigada às minhas amigas queridas que estiveram comigo, vivendo e amortecendo todos os sentimentos que o doutoramento traz: Nicali, amiga de tantos anos que viveu tudo desde o início; Adriana, Gisele, Nira, Letícia, Luciana, Maria e todos que estiveram presentes nessa etapa da minha vida.

Agradeço aos amigos do Laboratório de Biofísica Ambiental da Embrapa Cerrados pela alegre convivência: Tatá, Andreia, Edim, Balbino.

Agradeço à EMBRAPA Cerrados e à CAPES pelo apoio logístico e financeiro a esta pesquisa.

RESUMO

Atualmente, a Floresta Estacional Decidual (FED) na região do Vão do Paranã, nordeste do estado de Goiás, encontra-se bastante fragmentada principalmente em função da intensa atividade pecuária, fato que compromete a dinâmica ecológica da flora e da fauna por meio da alteração na conectividade entre os fragmentos remanescentes. O objetivo da presente tese foi: a) mapear as áreas de ocorrência atual de FED na área de estudo; b) determinar os principais controles geoambientais relacionados com o seu estabelecimento na paisagem; c) indicar as áreas com forte tendência de ocupação dos fragmentos remanescentes; e d) apresentar uma estratégia operacional para sua conservação na região.

O mapeamento das áreas de ocorrência de FED foi obtido com base na análise de imagens multitemporais do satélite LANDSAT, enquanto os principais controles geoambientais analisados foram clima, topografia, geologia e solos. As tendências de ocupação dos fragmentos remanescentes foram analisadas com base nas métricas obtidas de mapas de uso e cobertura da terra, dados ambientais e dados socioeconômicos. A sugestão de estratégia de conservação da FED foi baseada na proposta de utilizar espécies arbóreas como a Aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) que rebrotam em áreas de pastagens cultivadas na produção de cercas vivas.

Os resultados indicaram a presença na região de aproximadamente 190.000 hectares de FED. Os fragmentos maiores dessa fitofisionomia encontram-se distribuídos essencialmente na região centro-norte do Vão do Paranã. Verificou-se a existência de uma forte relação entre a litologia (rochas carbonáticas) e a presença de FED, tanto em áreas planas como em afloramentos rochosos. A análise qualitativa detalhada indicou como principais controles para o estabelecimento da FED a variação hídrica do perfil solo-rocha, o eutrofismo dos solos e a sazonalidade climática, permitindo uma hierarquização que pode ser descrita como : variação hídrica do perfil solo-rocha> eutrofismo dos solos> litologia > sazonalidade climática > total pluviométrico > classes de solos > hipsometria > declividade. Como a maioria dos fragmentos remanescentes está localizada nas áreas de relevo acidentado com presença de afloramentos de calcário, apenas 1% apresentou tendências alta e muito alta de uso e ocupação, apesar de sofrerem com intensa exploração seletiva de madeira. A substituição das cercas mortas por cercas vivas e o incremento de árvores isoladas indicou aumento na permeabilidade da matriz e na conectividade entre os fragmentos de vegetação remanescentes. A simulação de um cenário baseado em três áreas-teste indicou que essa substituição resultaria, para todo o Vão do Paranã, em 338.520 árvores poupadas (4,2 km²) e 5.077.800 novas árvores plantadas em forma de cercas vivas (63,5 km²). No que diz respeito às árvores isoladas, caso todas as áreas de pastagem apresentassem uma média de 310 árvores isoladas por km², essas representariam 42 km² de cobertura vegetal.

Palavras-chave: Mata Seca, controles geoambientais, sensoriamento remoto, uso e ocupação, cercas vivas.

ABSTRACT

Current dry forests in the Vão do Paranã region, northeastern Goiás State, Brazil, are strongly fragmented mainly because of intense cattle ranching activities. This affects the ecological dynamics of flora and fauna since the connectivity among remaining fragments is reduced. The objectives of this study was: a) to map dry forests occurrences in the study area; b) to determine the relevant geoenvironmental indicators that control dry forest occurrences in the landscape; c) to find areas with high pressure in terms of human occupation of remaining fragments; and d) to propose an operational strategy for dry forest conservation.

The map of dry forest occurrences was obtained from the image interpretation of multitemporal LANDSAT satellite scenes. The environmental controllers analyzed were climate, topography, geology and soils. The human occupation pressure in the remaining fragments was analyzed based on the metrics obtained from land use and land cover map, environmental data and social and economical data. The proposal for conservation strategy of dry forests was based on the idea of using tree species such as the Aroeira (*Myracroduton urundeuva*) found in cultivated pastures as living fences before they are cut as invasors by the farmers.

Results indicated the presence of approximately 190,000 hectares of dry forests in the study area. The largest fragments were mostly found in the central and northern parts of Vão do Paranã. It was found that there was a strong relationship between lithology (carbonatic rocks) and the presence of dry forests, both in plain areas and in rocky outcrops. A detailed qualitative analysis indicated the main controls for the establishment of the dry forests: strong water table variation in the soil-bedrock profile, the soil eutrofism and the climatic seasonality, allowing a hierarchy that can be described as: strong water table variation in the soil-bedrock profile > soil eutrofism > lithology > climatic seasonality > rainfall > soils > hipsometry > slope.

As the most remaining fragments are located in hilly areas with limestone outcrops, only 1% presented high and very high tendencies for land occupation, though they are facing strong wood selective loggings. The substitution of dead fences for living fences and the increment of isolated trees indicated an increase of permeability of matriz and of conectivity among remaining vegetation fragments. The simulation of a scenery based on three test sites indicated that such substitution would result, for the entire Vao do Paranã region, in 338,520 trees saved (4.2 km²) and 5,077,800 new trees planted in form of living fences (63,5 km²). Regarding isolated trees, in the case of all pasture areas present an average of 310 trees per km², this would represent 42 km² of vegetation cover.

Keywords: Dry forest, geoenvironmental control, remote sensing, land use, land occupation, living fence.

SUMÁRIO

1	CONTEXTUALIZAÇÃO DO TRABALHO.....	1
1.1	FORMATO DA TESE	2
1.2	HIPÓTESES	2
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-CONCEITUAL	3
3	CONTEXTUALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	11
3.1	CONTEXTUALIZAÇÃO AMBIENTAL.....	12
3.2	HISTÓRICO DA OCUPAÇÃO E SOCIOECONOMIA	24
4	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26
CAPITULO 1 - IDENTIFICAÇÃO DA FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL NO VÃO DO PARANÁ, ESTADO DE GOIÁS, A PARTIR DA ANÁLISE DA REFLECTÂNCIA ACUMULADA DE IMAGENS DO SENSOR ETM+/LANDSAT-7		
		32
CAPITULO 2 - CONTROLES ABIÓTICOS RELACIONADOS À OCORRÊNCIA DAS FLORESTAS ESTACIONAIS DECIDUAIS NO VÃO DO PARANÁ - GO.....		
		52
CAPITULO 3 - ESTADO ATUAL E TENDÊNCIA DE USO E OCUPAÇÃO DOS FRAGMENTOS REMANESCENTES DA FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL DO VÃO DO PARANÁ.		
		80
CAPITULO 4 - RESTAURAÇÃO DA PAISAGEM DE FLORESTAS ESTACIONAIS DECIDUAIS COM BASE EM PARADIGMAS DA PECUÁRIA SUSTENTÁVEL.....		
		96
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	114
ANEXO 1 - RESULTADOS DAS ANÁLISES DOS SOLOS COLETADOS NO VÃO DO PARANÁ E NO PEMS.....		
		118

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Vista geral de um fragmento de FED sobre afloramento de calcário no município de Posse, Goiás.....	4
Figura 2 – Diagrama de perfil (1) e cobertura arbórea (2) de florestas semidecídua (A) e decídua com afloramento de rocha (B) nas estações de chuva e de seca.....	5
Figura 3 – Exemplo de fragmento de FED no município de Guarani de Goiás na época seca (a) e na época chuvosa (b).	5
Figura 4 – Fotografias de campo mostrando diferentes detalhes da FE no Vão do Paranã.....	6
Figura 5 – Estágios de sucessão ecológica em matas secas.	7
Figura 6 – Exemplo de estágios de sucessão secundária em um fragmento de FED no município de Guarani de Goiás.	8
Figura 7 – Exemplos de atividade antrópica encontradas no Vão do Paranã.	9
Figura 8 – Mapa de áreas prioritárias para conservação no Vão do Paranã.	10
Figura 9 – Mapa de vegetação do Vão do Paranã na escala de 1:5.000.000.	11
Figura 10 – Fotografia panorâmica da Serra Geral de Goiás, próximo à cidade de São Domingos.....	12
Figura 11 – Localização do Vão do Paranã no Estado de Goiás	12
Figura 12 – Bacia hidrográfica do rio Paranã.	13
Figura 13 – Mapa de hidrografia do Vão do Paranã.....	14
Figura 14 – Mapa topográfico do Vão do Paranã (a), mostrando perfil topográfico A-A', seção transversal leste-oeste (b).	15
Figura 15 – Mapa de declividade do Vão do Paranã, derivado a partir de compilação dados	16
Figura 16 – Vista geral de um de afloramento de calcário sob ocorrência de FED no município de Iaciara.	16
Figura 17 – Mapa litológico do Vão do Paranã.....	17
Figura 18 – Mapa geomorfológico do Vão do Paranã.	18
Figura 19 – Mapa de solos do Vão do Paranã.	19
Figura 20 – Chuva acumulada mensal do ano de 2008 vs. chuva acumulada média no período de 1961-1990.	20
Figura 21 – Dados das estações pluviométricas no Vão do Paranã do ano de 2002.	21
Figura 22 – Localização das estações pluviométricas no Vão do Paranã.....	21
Figura 23 – Umidade relativa do ar do mês de março de 2008 vs. umidade relativa média do ar da série histórica de 1961 a 1990.....	22
Figura 24 – Umidade relativa do ar mês de agosto de 2008 vs. Umidade relativa média do ar no período de 1961 a 1990.	22
Figura 25 – Exemplos de fitofisionomias encontradas no Vão do Paranã	23
Figura 26 – Imagem do satélite Landsat TM de 2001 ilustrando o “Pantanal de Goiás”.....	24

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Produto Interno Bruto (PIB) por município do Vão do Paraná ^(*)	26
--	----

1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TRABALHO

A Floresta Estacional Decidual (FED) é uma fisionomia florestal encontrada na região dos trópicos que ocorrem principalmente em solos de alta fertilidade (RIBEIRO e WALTER, 2008). Devido a esse fato, atualmente encontram-se bastante degradadas em função de atividades antrópicas, notadamente aquelas relacionadas à sua substituição indiscriminada por pastagens cultivadas, exploração seletiva de madeira e fabricação de carvão vegetal com espécies nativas (SAMPAIO, 2001; SCARIOT e SEVILHA, 2005; FELFILI *et al.*, 2007a).

Essas atividades interferem no funcionamento ecológico original da flora e da fauna por meio da diminuição de área e alteração na conectividade entre os fragmentos remanescentes (METZGER, 2000; UEZU *et al.*, 2005; MARTENSEN *et al.*, 2008; VIEIRA *et al.*, 2009), dificultando o fluxo gênico e a regeneração natural da floresta.

Estudos recentes têm demonstrado a sua riqueza de espécies arbóreas (WERNECK *et al.*, 2000; SILVA e SCARIOT, 2003; KALASCSKA *et al.*, 2004; SALIS *et al.*, 2004; NASCIMENTO *et al.*, 2004, 2007; FELFILI e FAGG, 2007) e sua elevada capacidade de regeneração natural (VIEIRA e SCARIOT, 2006; SAMPAIO *et al.*, 2007a, b) com o objetivo de evidenciar sua importância ecológica e subsidiar a conservação dos fragmentos remanescentes, como os localizados no Vão do Paranã, região nordeste de Goiás, que possui expressivas áreas contínuas de FED.

Apesar disso, são poucas as iniciativas para a manutenção de sua biodiversidade, situação comprovada pelo fato da única unidade de conservação criada especialmente para a proteção das FED no Vão do Paranã ser a Floresta Nacional da Mata Grande, com uma área de apenas dois mil hectares inserida em uma matriz essencialmente pastoril.

Nesse contexto, o presente estudo foi desenvolvido com o objetivo geral de trazer contribuições para as ações de pesquisa e conservação da FED no Vão do Paranã por meio da modelagem da paisagem na qual essa fitofisionomia está inserida, indicando suas áreas de ocorrência, os principais controles geoambientais que determinam seu estabelecimento na paisagem, as tendências de ocupação dos fragmentos remanescentes e, por fim, uma estratégia viável para sua conservação na região.

1.1 FORMATO DA TESE

A presente tese de doutorado foi elaborada em formato de artigos, apresentados como capítulos neste documento.

No Capítulo 1, intitulado “Identificação da Floresta Estacional Decidual no Vão do Paranã, estado de Goiás, a partir da análise da reflectância acumulada de imagens do satélite Landsat”, foi aplicado o método de reflectância acumulada de imagens multitemporais para elaboração de um mapa de ocorrência atual de FED no Vão do Paranã com base no comportamento desta fitofisionomia ao longo do ciclo hidrológico.

No Capítulo 2, intitulado “Controles abióticos que determinam a ocorrência das Florestas Estacionais Deciduais”, foram analisados qualitativa e sistematicamente os controles geoambientais que determinam a presença de FED na paisagem por meio de análises integradas e analogia entre casos com base em dados primários e secundários, de modo a enumerar os principais controles responsáveis pelo seu estabelecimento em escala regional.

No capítulo 3, intitulado “Estado atual e tendência de uso e ocupação dos fragmentos remanescentes da Floresta Estacional Decidual do Vão do Paranã, Goiás”, foi verificado o estado atual de fragmentação da paisagem do Vão do Paranã, avaliando a tendência de uso e ocupação dos fragmentos.

Por fim, no capítulo 4, denominado “Modelagem da restauração da paisagem de Florestas Estacionais do Vão do Paranã com base em paradigmas da pecuária sustentável”, foi simulado um cenário baseado na implementação de cercas vivas em substituição às cercas mortas, além do incremento da cobertura vegetal com árvores isoladas no pasto, avaliando como essas práticas afetariam a conservação das FED da paisagem do Vão do Paranã com relação à cobertura arbórea, conectividade e integridade de florestas remanescentes pela redução da exploração seletiva.

1.2 HIPÓTESES

A tese tem como principais hipóteses:

- 1 A presença de FED está condicionada a um controle geoambiental em escala regional que tem como principais responsáveis a dinâmica hídrica do solo, litologia e o eutrofismo dos solos .

- 2 Imagens multitemporais têm capacidade maior de discriminação da FED do que imagens monotemporais.
- 3 A substituição de cercas mortas por cercas vivas e o incremento de árvores isoladas podem subsidiar a restauração ecológica da paisagem.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-CONCEITUAL

A FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL

Prado e Gibbs (1993) e Pennington *et al.* (2000; 2004) mostraram que a distribuição atual das Florestas Estacionais Deciduais (FED) nas Américas Central e do Sul é composta por remanescentes de uma área mais extensa que provavelmente se formou no auge do Pleistoceno e se estendia até as regiões do Amazonas e dos Andes. Dessa forma, sua distribuição pode estar relacionada com a retração de extensas áreas contínuas que, após terem atingido sua extensão máxima durante o final da última glaciação do Pleistoceno, quando o clima era mais seco e frio, se instalaram em regiões onde as condições edáficas eram favoráveis.

A paisagem fragmentada dessas florestas foi chamada por Prado e Gibbs (1993) de “Corredor Estacional”, que é composto por três núcleos principais propostos por Prado (2000) com base na distribuição da espécie *Anadenanthera colubrina* (Angico), são eles: Núcleo Caatingas, formado pelas caatingas do nordeste brasileiro; Núcleo *Misiones*, formado pelo sistema hidrográfico Paraguai-Paraná; e o Núcleo *Piedmont*, formado pela área a sudoeste da Bolívia e a noroeste da Argentina.

Andrade-Lima (1981) e Felfili *et al.* (2007b), em trabalhos desenvolvidos principalmente no nordeste e centro-oeste do Brasil, mostraram as afinidades florísticas existentes entre as FED do Cerrado e a Caatinga e Pantanal.

As FED são florestas de interflúvio e ocorrem principalmente em solos de alta fertilidade (RIBEIRO e WALTER, 2008), mas, segundo Nascimento (2005), no Brasil Central essas florestas também podem ser encontradas, mas com menor frequência, em vales encaixados, como ocorre na região sudeste do Vão do Paraná, Goiás.

O seu comportamento estacional é caracterizado pela deciduidade acentuada no período de seca, com queda de até 50% de suas folhas (VELOSO *et al.*, 1991; IBGE, 1992). Sobre rochas de origem calcária, essa pode apresentar perda foliar de

até 90% (RIBEIRO e WALTER, 2008) (Figura 1), uma vez que esse substrato rochoso permite a infiltração de praticamente toda a água do solo.



Figura 1 – Vista geral de um fragmento de FED sobre afloramento de calcário no município de Posse, Goiás. Foto: Potira Hermuche.

Uma das consequências mais importantes dessa deciduidade acentuada é a formação de serrapilheira (CUNHA *et al.*, 1993), composta por material biogênico em vários estágios de decomposição, como folhas, galhos, troncos e raízes mortas (BRUN *et al.*, 2001), que viabiliza o ciclo biogeoquímico. Esse ciclo envolve dois estágios (ODUM, 2004; BEGON *et al.*, 2007): absorção dos nutrientes pelas raízes e distribuição para as diferentes partes da planta; e transferência dos nutrientes de volta para o solo, pela deposição da serrapilheira e lixiviação das folhas, ramos e troncos pela ação da água da chuva. Por consequência, a ciclagem de nutrientes assume papel essencial na produtividade da FED, uma vez que entre os principais elementos presentes na serrapilheira estão o nitrogênio, seguido do potássio, cálcio, magnésio e fósforo. Como os solos nas áreas de afloramentos são rasos, a influencia no aumento da capacidade de troca catiônica (CTC) do solo nessas regiões é essencial para a manutenção desses nutrientes, permitindo o desenvolvimento da floresta de grande porte.

Além de ser a principal via de transferência de nutrientes das plantas ao solo em ecossistemas florestais, conforme ressaltado por Dias *et al.* (2002) e König *et al.* (2002) a deposição da serrapilheira desempenha papel fundamental na manutenção das condições ideais no processo de infiltração da água no solo, evitando o escoamento imediato e mantendo a umidade do solo em níveis mais elevados nas regiões mais secas.

Dessa forma, em função das condições químicas, físicas e profundidade do solo, da composição florística e fenologia foliar, podem ser encontrados principalmente dois subtipos distintos de florestas secas: a semidecídua e a decídua

(Figura 2). A Figura 3 mostra o exemplo de um fragmento de FED na época seca (a) e chuvosa (b).

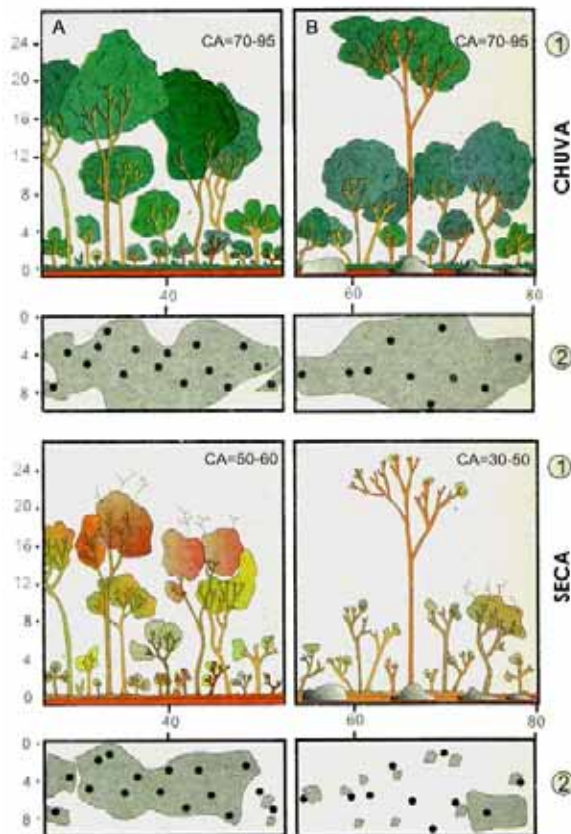


Figura 2 – Diagrama de perfil (1) e cobertura arbórea (2) de florestas semidecídua (A) e decídua com afloramento de rocha (B) nas estações de chuva e de seca. Cada diagrama representa faixas de terreno com cerca de 26 m de comprimento por 10 m de largura. CA = % de cobertura arbórea. Fonte: Adaptado de Ribeiro e Walter (2008).



(a)



(b)

Figura 3 – Exemplo de fragmento de FED no município de Guarani de Goiás na época seca (a) e na época chuvosa (b). Fotos: Potira Hermuche.

Bromeliáceas e cactáceas são freqüentemente encontradas (FELFILI, 2001) e, nessas áreas, podem ser observados um estrato arbóreo superior de 15 a 20 metros de altura, um estrato arbóreo inferior de cerca de 6 a 8 metros e um estrato

hebáceo-arbustivo com algumas ervas e arbustos com 1 a 3 metros de altura (IBGE, 1968) (Figura 4).



Figura 4 – Fotografias de campo mostrando diferentes detalhes da FE no Vão do Paranã. *Cavanillesia arborea* (Barriguda lisa), espécie indicadora de FED (a); Grande abertura do dossel na época de seca (b); Extratos arbóreos superior e inferior (c); Porte das árvores do extrato superior que pode chegar a 20 metros de altura (d). Fotos: Potira Hermuche.

As alterações de temperatura ao longo do dia, principalmente no inverno, provocam fraturas no calcário que propiciam o acúmulo de húmus, favorecendo o crescimento das plantas que conseguem se adaptar a esses ambientes (SILVA e SCARIOT, 2004). Essas adaptações fisiológicas e/ou morfológicas ao estresse hídrico estacional estão relacionadas principalmente ao armazenamento de água em partes da planta, órgãos para absorção da umidade atmosférica ou de chuva e perda de turgescência foliar (IVANAUSKAS e RODRIGUES, 2000).

Sampaio (2001) analisou o efeito de borda em espécies de um fragmento no Vão do Paranã, demonstrando que esse tipo florestal, quando comparado a florestas úmidas e temperadas, apresenta interferências menos evidentes, possivelmente devido às suas características estruturais, que podem influenciar, inclusive, na regeneração natural dessas florestas.

A regeneração é a capacidade das florestas de se recuperarem naturalmente de distúrbios naturais ou antrópicos (SAMPAIO *et al.*, 2007 a,b; VIEIRA e SCARIOT, 2006). Essa ocorre por meio da sucessão ecológica, que pode ser primária ou secundária (quando ocorre em local com uso antrópico anterior, como em áreas de pastagens abandonadas, por exemplo).

O processo de sucessão ecológica se desenvolve a partir de “estágios de sucessão”. Segundo Madeira *et al.* (2008), no primeiro estágio (chamado de inicial), há predomínio de vegetação herbáceo-arbustiva com árvores de pequeno porte, chamadas de espécies “pioneiras”. No segundo estágio, chamado de intermediário, as matas recebem o nome de “secundárias” e possuem dois estratos verticais: um com árvores de 10 a 12 metros e outro composto por um sub-bosque denso com árvores juvenis e grande número de lianas (trepadeiras). O terceiro estágio, chamado tardio, também apresenta dois estratos, um com árvores de 18 a 20 metros de altura e outro com um sub-bosque esparso com pouca penetração de luz e baixa densidade de árvores juvenis e lianas (Figura 5).



Figura 5 – Estágios de sucessão ecológica em matas secas. Adaptado de Begon *et al.* (2007) e Madeira *et al.* (2008).

Cada um desses estágios é caracterizado por espécies de plantas adaptadas às condições abióticas dos ambientes (principalmente à quantidade de luz na floresta) que, com o decorrer do tempo, são substituídas por outras menos

agressivas e mais dependentes das condições originais (PAULA *et al.*, 2004; SAMPAIO *et al.*, 2006). Um exemplo pode ser observado na Figura 6, que apresenta um fragmento de FED no Vão do Paranã composto por espécies pioneiras, secundárias e tardias, de acordo com os estágios de sucessão.



Figura 6 – Exemplo de estágios de sucessão secundária em um fragmento de FED no município de Guarani de Goiás. Foto: Potira Hermuche.

Em estudo feito com FED no norte de Minas Gerais, Madeira *et al.* (2008) sugerem que a sucessão ecológica ocorre com forte substituição de espécies de árvores nas primeiras décadas, tornando-se menos marcante ao longo do processo de regeneração. A sucessão secundária depende de fatores como a presença de vegetação remanescente, o banco de sementes no solo, a rebrota de espécies arbustivo-arbóreas, a proximidade de fontes de sementes e a intensidade e duração do distúrbio (MURPHY e LUGO, 1986; CALDATO *et al.*, 1996). Além desses, distúrbios causados pela retirada indiscriminada de madeira podem modificar o ambiente das comunidades, limitando a sobrevivência de espécies tolerantes à sombra e favorecendo condições para o desenvolvimento de espécies pioneiras, como abordaram Werneck *et al.* (2000) em seu estudo sobre a consequência imediata da proteção de um fragmento na dinâmica de uma floresta do Triângulo Mineiro, em Minas Gerais.

Kalascska *et al.* (2004), trabalhando com um fragmento de Floresta Seca da Costa Rica, abordaram a influência do uso anterior do solo na composição das espécies de uma floresta em regeneração. Da mesma forma, Madeira *et al.* (2008) afirmam que as áreas de FED que sofreram diferentes tipos de atividades econômicas e práticas de manejo apresentam diferentes padrões de regeneração.

Nesse sentido, Sanchez-Azofeifa *et al.* (2005) destacaram a importância de estudos sobre a compreensão da sucessão ecológica de florestas secas que sofreram distúrbios e, atualmente, encontram-se em forma de fragmentos remanescentes. Os autores enfatizam a idéia de que esses fragmentos não devem ser desconsiderados em função da sua pequena população ou comunidade, mas devem, sim, ser preservados como importantes elementos de conexão entre áreas preservadas/conservadas.

Mesmo com o papel ecológico fundamental dos remanescentes de vegetação (em qualquer estágio de sucessão) para a biodiversidade local, a flora das FED começa a apresentar extinção (PEDRALLI, 1997), principalmente em função da ampliação de áreas de pastagens (Figura 7), além da abertura de áreas destinadas à agricultura, à extração de madeira para fabricação de carvão e à coleta seletiva e, em pequena escala, a mineração de calcário (IBGE, 1995; SILVA e SCARIOT, 2003; SCARIOT e SEVILHA, 2005).

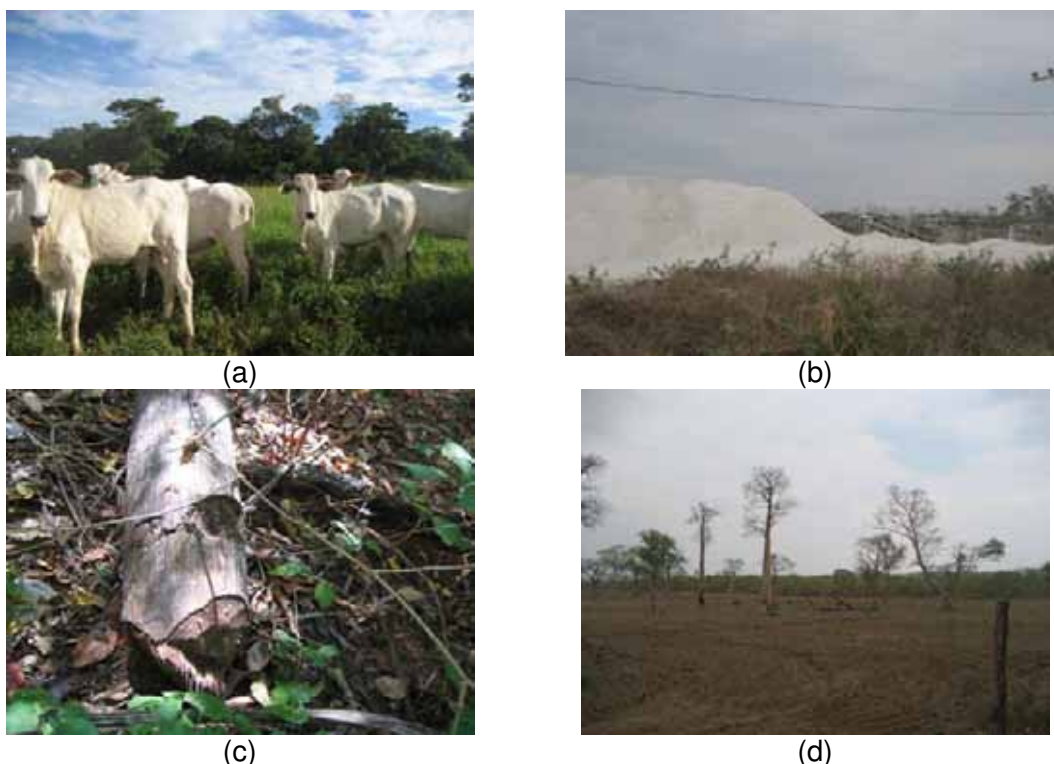


Figura 7 – Exemplos de atividade antrópica encontradas no Vão do Paranã. Criação de pecuária bovina em área de FED (a); exploração de calcário (b); coleta seletiva de madeira (c); e abertura para área de pastagem (d). Fotos: Potira Hermuche.

Entre as espécies encontradas nas FED, muitas delas raras, endêmicas e ameaçadas de extinção por terem alto valor econômico, estão: *Cariniana estrellensis*

(jequitibá), *Erythrina verna* (mulungu), *Hymenaea courbaril* (jatobá), *Myracrodruon urundeuva* (aroeira), *Tabebuia impetiginosa* (ipê-roxo), *Amburana cearencis* (cerejeira), *Cedrela fissilis* (cedro), *Bursera leptophloeos* (imburana), *Cavanillesia arborea* (barriguda). Além dessas, são encontradas também espécies espinhosas, urticantes e cactáceas (SILVA e SCARIOT, 2003; CESTARO e SOARES, 2004, FELFILI e FAGG, 2007).

Dado o exposto, estudos para a identificação e caracterização de áreas com esta fitofisionomia são de extrema importância para a manutenção dos fragmentos remanescentes no Vão do Paranã. Esse fato pode ser observado no trabalho intitulado “Áreas Prioritárias para Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira - Portaria MMA nº 9, de 23 de janeiro de 2007” (BRASIL, 2007), que mostra a região praticamente toda inserida nas classes de muito alta e extremamente alta prioridade para preservação da biodiversidade principalmente devido à presença das FED na paisagem (Figura 8). De acordo com o trabalho citado, as principais ameaças são as queimadas e, principalmente, a formação de pastagens.

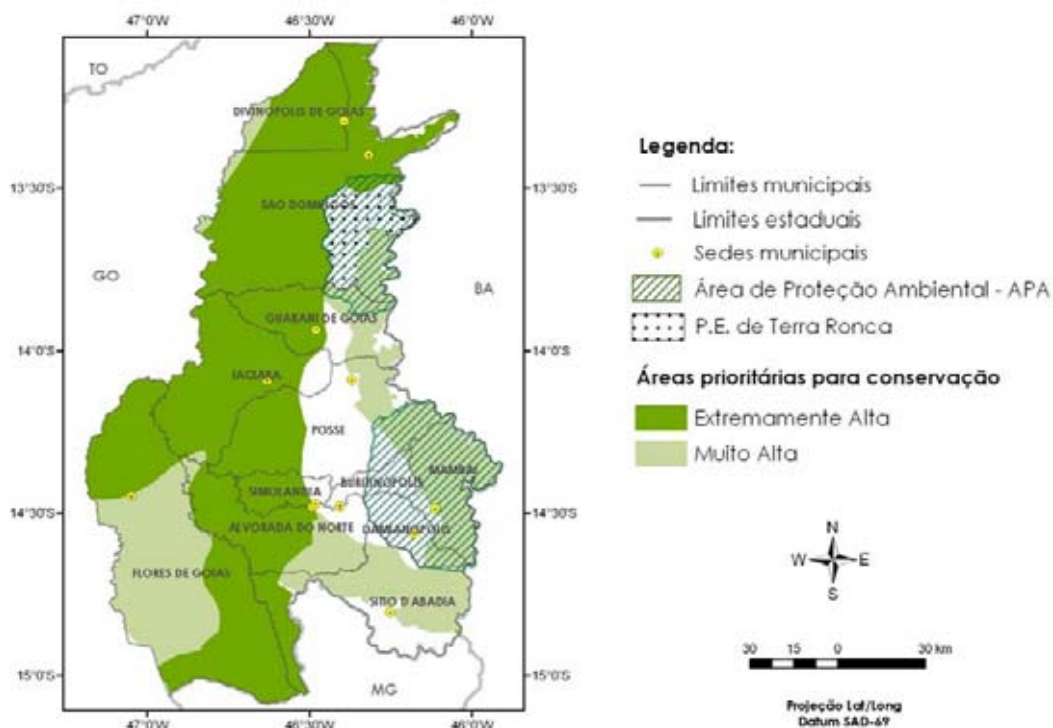


Figura 8 – Mapa de áreas prioritárias para conservação no Vão do Paranã. Fonte: MMA (2007).

De acordo com estudo elaborado por Andahur (2001), estima-se que a taxa anual de desmatamento no Vão do Paranã seja superior a $2.000 \text{ ha.ano}^{-1}$, o que contribuiu significativamente para a redução espacial das FED. A falta de informações ou a dificuldade em trabalhar com esse tipo florestal no Brasil corrobora essa situação, fazendo com que materiais oficiais, como o “Mapa de Vegetação” do IBGE (2004), classifique as FED do Vão do Paranã como área de contato ou vegetação secundária/atividades agrárias (Figura 9).

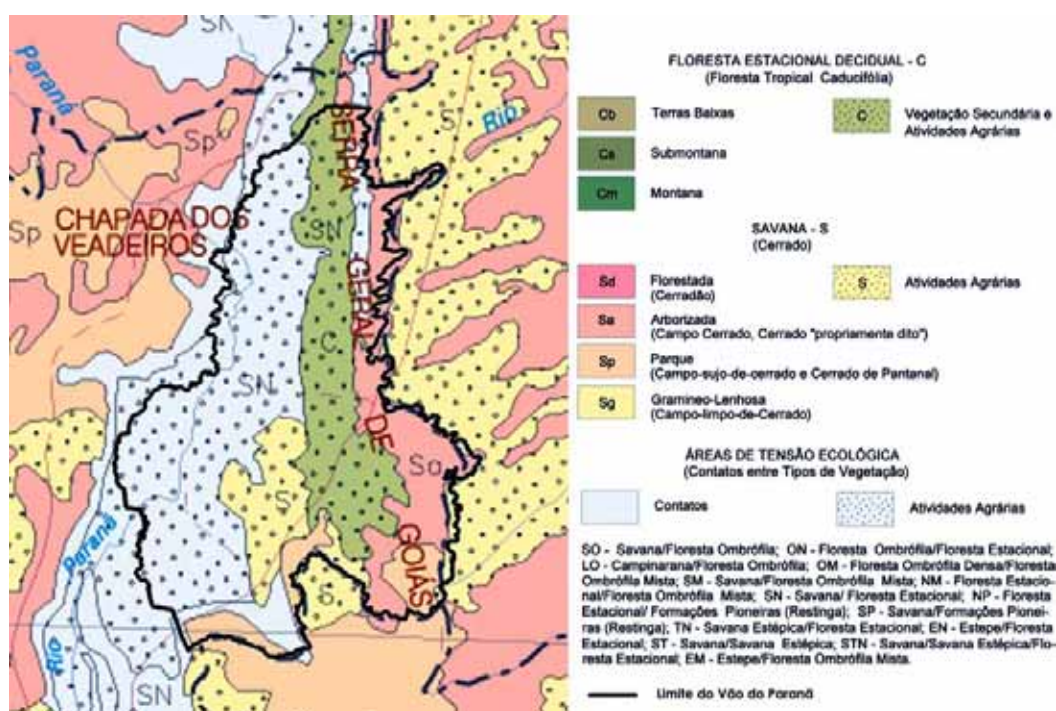


Figura 9 – Mapa de vegetação do Vão do Paranã na escala de 1:5.000.000. Fonte: IBGE (2004).

3 CONTEXTUALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é a microrregião do Vão do Paranã (IBGE, 2008a), localizada a nordeste do Estado de Goiás entre as latitudes $13,3^\circ \text{ S}$ e $15,5^\circ \text{ S}$ e longitudes $45,5^\circ \text{ W}$ e $47,5^\circ \text{ W}$. A região tem aproximadamente 17.000 km^2 , com seu limite leste definido pela Serra Geral de Goiás (Figura 10), fronteira com o Estado da Bahia, e é composta por 12 municípios, são eles: Alvorada do Norte, Buritinópolis, Damianópolis, Divinópolis de Goiás, Flores de Goiás, Guarani de Goiás, Iaciara, Mambaí, Posse, São Domingos, Simolândia e Sítio D'Abadia (Figura 11).



Figura 10 – Fotografia panorâmica da Serra Geral de Goiás, próximo à cidade de São Domingos. Foto: Potira Hermuche.

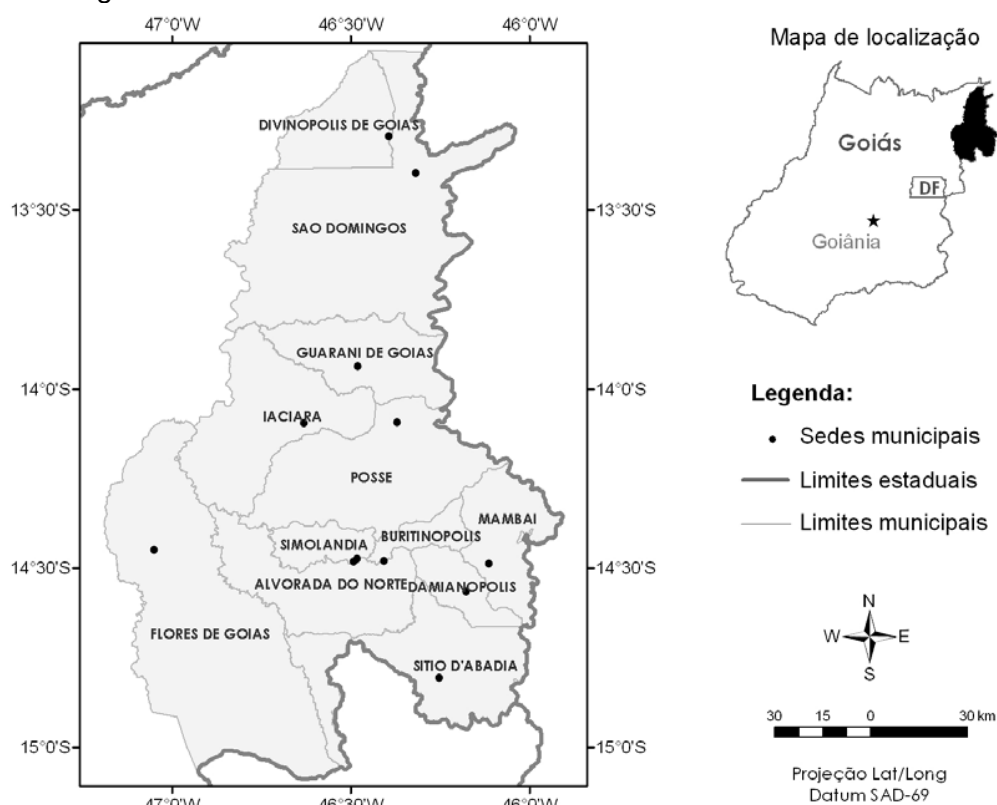


Figura 11 – Localização do Vão do Paranã no Estado de Goiás. Fonte: IBGE (2008). Elaboração própria.

3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO AMBIENTAL

A área de estudo está totalmente inserida na bacia hidrográfica do rio Paranã (Figura 12), sub-bacia do rio Tocantins, que abrange parte dos estados de Goiás e Tocantins com uma área de aproximadamente 60.000 km².

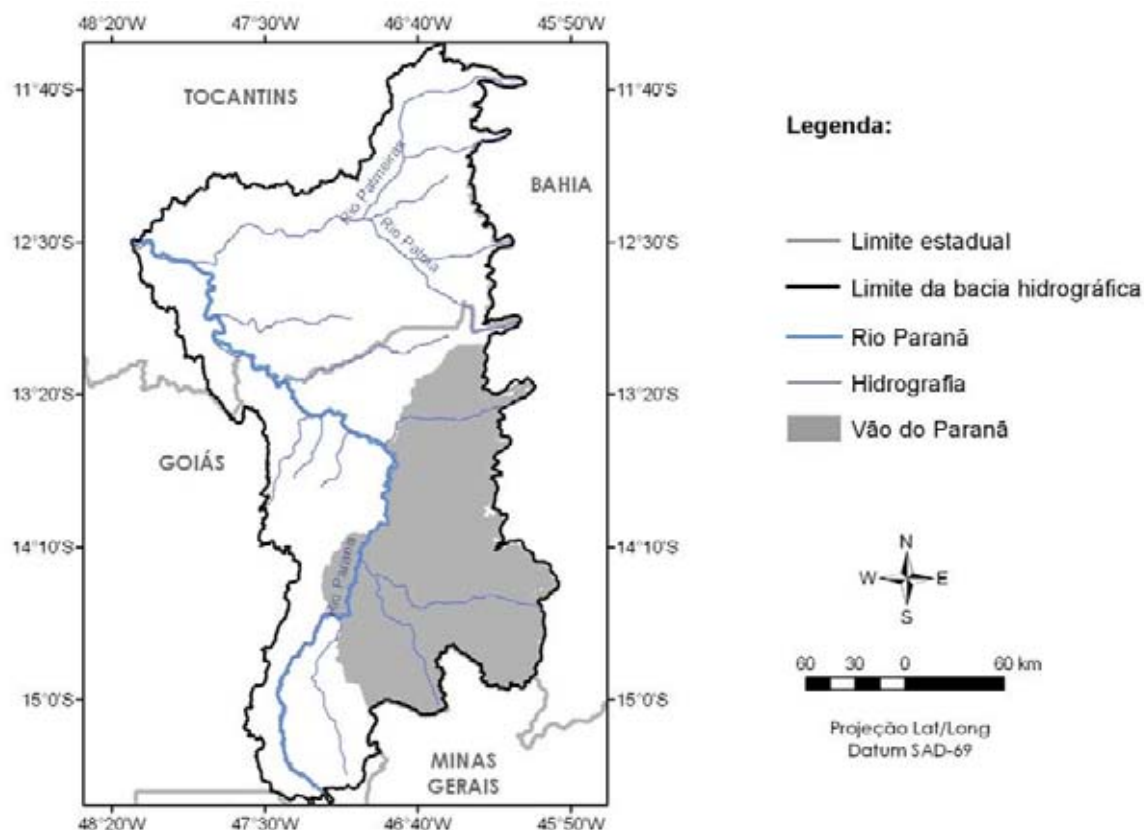


Figura 12 – Bacia hidrográfica do rio Paranã. Elaboração própria.

A rede de drenagem do Vão do Paranã é composta por nascentes, rios perenes e rios intermitentes, que surgem durante a estação chuvosa nas escarpas da Serra Geral de Goiás. Além do rio Paranã, existem os rios São Mateus, São Domingos, da Prata, Água Quente e Ribeirão dos Buritis, entre outros (Figura 13).

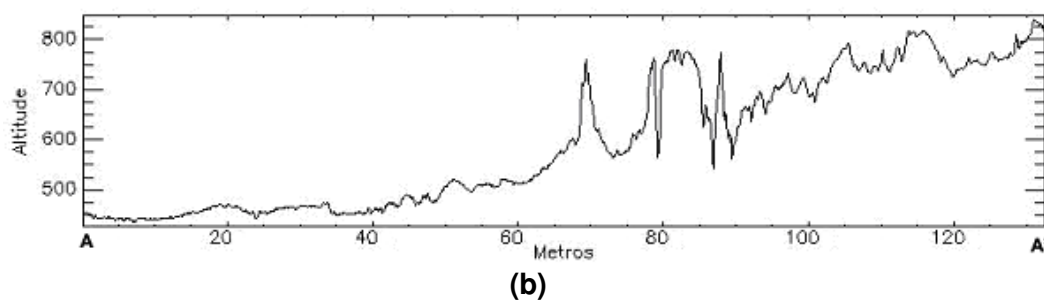
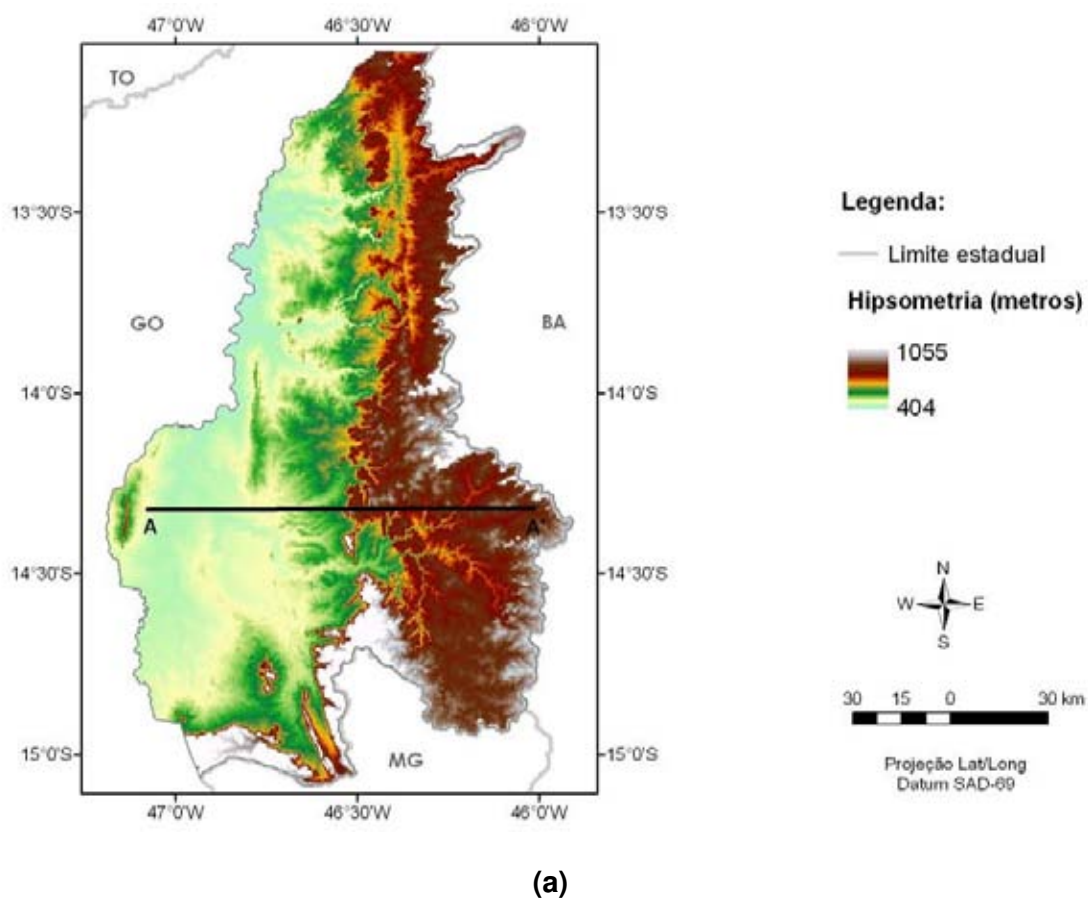


Figura 14 – Mapa topográfico do Vão do Paranã (a), mostrando perfil topográfico A-A', seção transversal leste-oeste (b).Elaboração própria.

Apesar de grande variação topográfica, a maior parte do Vão do Paranã é constituída por áreas planas, estando as maiores declividades concentradas na região centro-leste, ao longo da Serra Geral de Goiás (Figura 15).

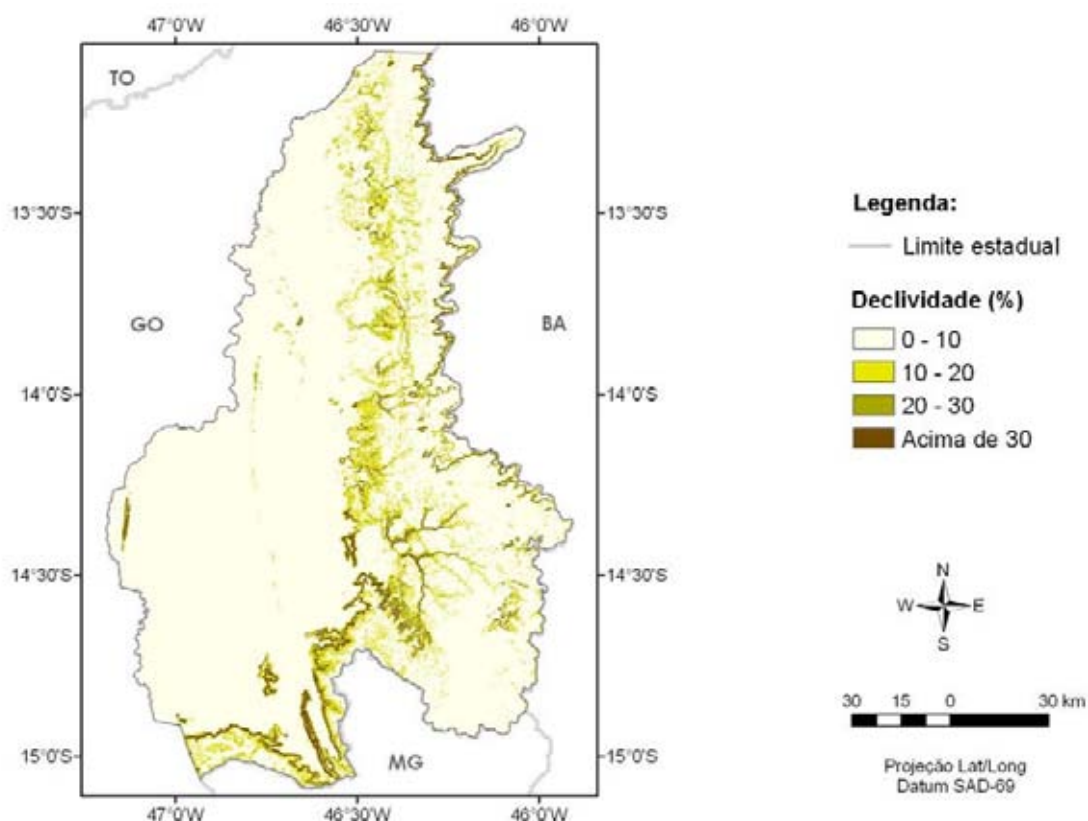


Figura 15 – Mapa de declividade do Vão do Paranã, derivado a partir de compilação dados do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM). Elaboração própria.

A região é constituída principalmente por terrenos Proterozóicos que afloram na porção centro-sul, representada predominantemente pelo Grupo Bambuí (IBGE, 1995), que é formado por uma seqüência de calcários (Figura 16), dolomitos e rochas pelítico-psamíticas. O mapa litológico (SIEG, 2008) mostra que a área é composta principalmente por calcários, siltitos, areias e cascalhos (Figura 17).



Figura 16 – Vista geral de um afloramento de calcário sob ocorrência de FED no município de Iaciara. Foto: Potira Hermuche.

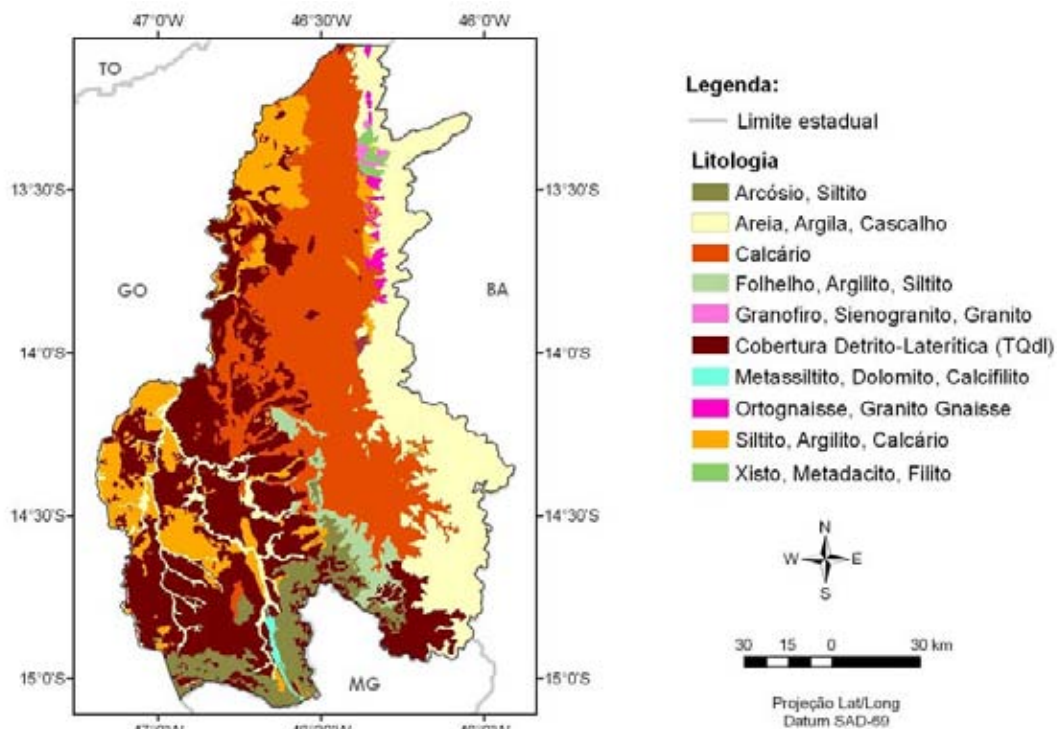


Figura 17 – Mapa litológico do Vão do Paranã. Fonte: SIEG (2008). Elaboração própria.

O Vão, em sua grande parte, corresponde a uma depressão entre os relevos do Planalto do Divisor São Francisco–Tocantins e o Planalto Central Goiano, desenvolvendo-se da porção centro-leste do Estado de Goiás para a porção nordeste (IBGE, 1995).

De acordo com o RADAMBRASIL (BRASIL, 1982), são dois os principais domínios geomorfológicos encontrados na região: os Planaltos do Divisor São Francisco-Tocantins e as Depressões do Tocantins. O mapa geomorfológico do SIEG (2008) mostra duas principais classes que compõem esses domínios: Superfície Regional de Aplainamento e uma Zona de Erosão Recuante, como observado na Figura 18.

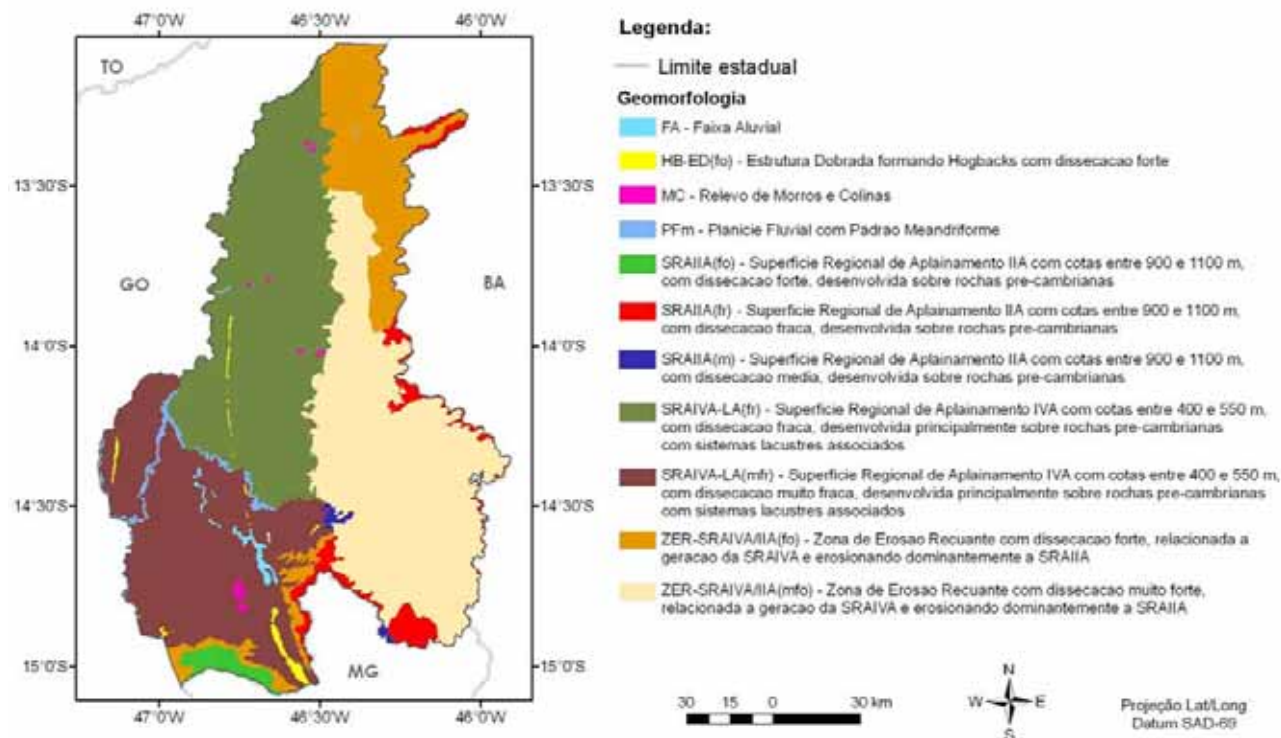


Figura 18 – Mapa geomorfológico do Vão do Paranã. Fonte: SIEG (2008). Elaboração própria.

Devido às diferentes condições geológicas, geomorfológicas e climáticas, os solos variam em textura, estrutura, perfil e profundidade (CONTI e FURLAN, 1998). As principais classes de solos encontradas no Vão do Paranã são os Latossolos, Argissolos, Cambissolos, Gleissolos, Neossolos e Plintossolos (IBGE, 1995; SIEG, 2008), distribuídos como mostra a Figura 19.

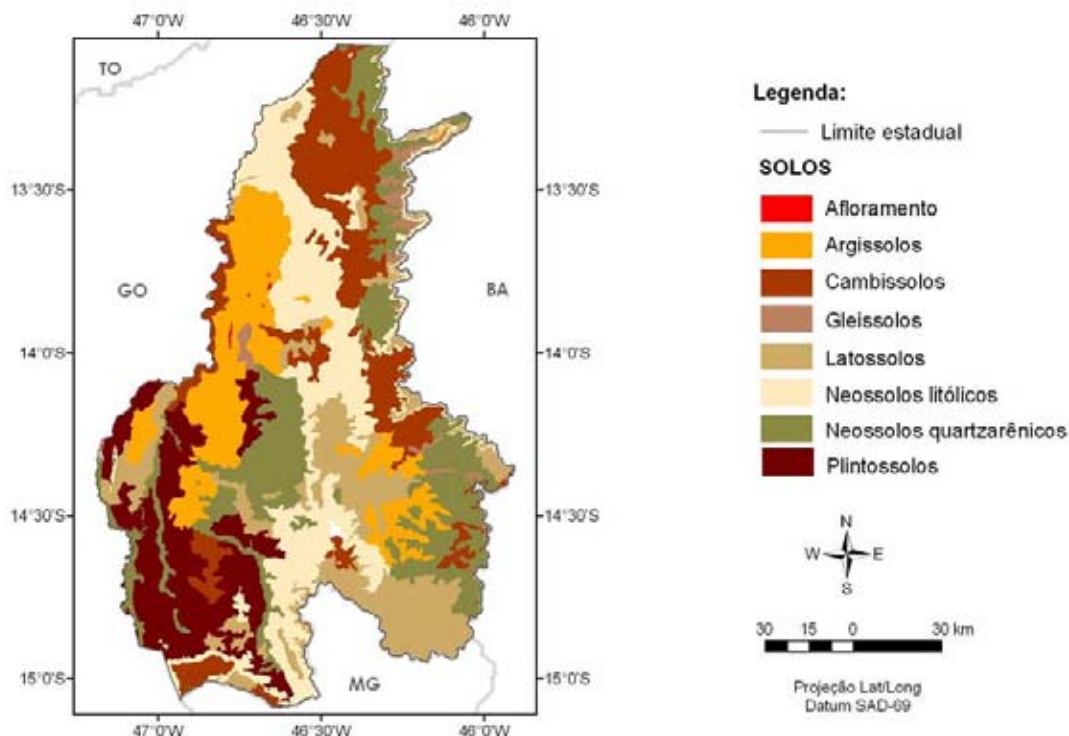


Figura 19 – Mapa de solos do Vão do Paranã. Fonte: SIEG (2008). Elaboração própria.

Segundo a classificação de Köppen, a região do Vão do Paranã está sob domínio do Clima Tropical com duas estações bem marcadas (Aw) e variações para Clima Tropical de Altitude (Cwa). Além disso, a região é sujeita a veranicos, que consiste em um período seco dentro da estação chuvosa, e pode durar de uma a quatro semanas sem chuvas, acontecendo, em geral, no mês de janeiro (IBGE, 1995).

A caracterização dos dados climatológicos e meteorológicos são provenientes da estação meteorológica de superfície automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2008) denominada “Posse”, localizada na sede do município homônimo.

A precipitação anual na região é inferior a $1.500 \text{ mm.ano}^{-1}$, concentrando-se entre outubro e abril, e ocorrendo principalmente entre os meses de novembro e fevereiro. Existe, na área, a presença das massas de ar Equatorial Continental de novembro a março. Essa época de radiação e insolação intensa é amenizada pela invasão de linhas de instabilidade tropical, provocadas pela expansão da massa de ar quente e úmida proveniente da Amazônia, e que faz existir o maior índice

pluviométrico na região, como mostra o gráfico de chuva acumulada mensal do ano de 2008 *versus* a normal de chuvas registradas entre os anos de 1961 e 1990 (INMET, 2008) - Figura 20.

Já o inverno seco é resultante da entrada de ventos secos e quentes de nordeste, originários do anticiclone subtropical semifixo do Atlântico Sul. Essa época (meses de maio a setembro) apresenta maior estresse hídrico, chegando a praticamente zero de precipitação e são registrados os menores índices de radiação solar e uma sensível redução das temperaturas médias mensais.

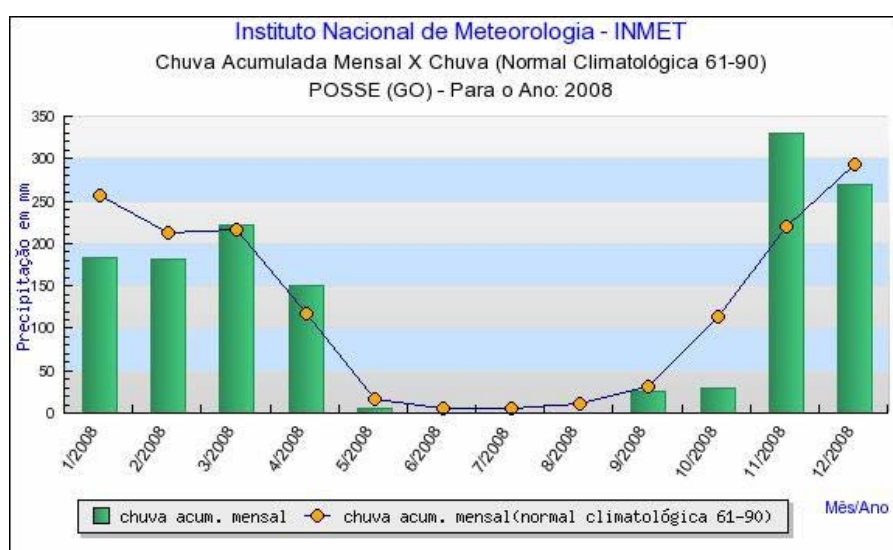


Figura 20 – Chuva acumulada mensal do ano de 2008 vs. chuva acumulada média no período de 1961-1990. Fonte: INMET (2008).

Dados pluviométricos da Agência Nacional de Águas – ANA (2008) registrados por cinco estações distribuídas ao longo da área de estudo podem ser visualizados nas Figuras 21 e 22 e corroboram com as informações da estação “Posse”, indicando que em todo o Vão a distribuição pluviométrica ao longo do ano apresenta-se da mesma forma.

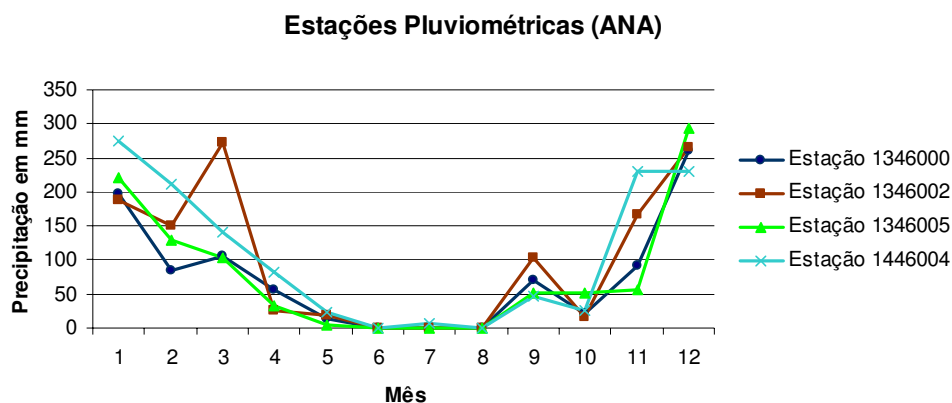


Figura 21 – Dados das estações pluviométricas no Vão do Paranã do ano de 2002. Fonte: ANA (2008). Elaboração própria.

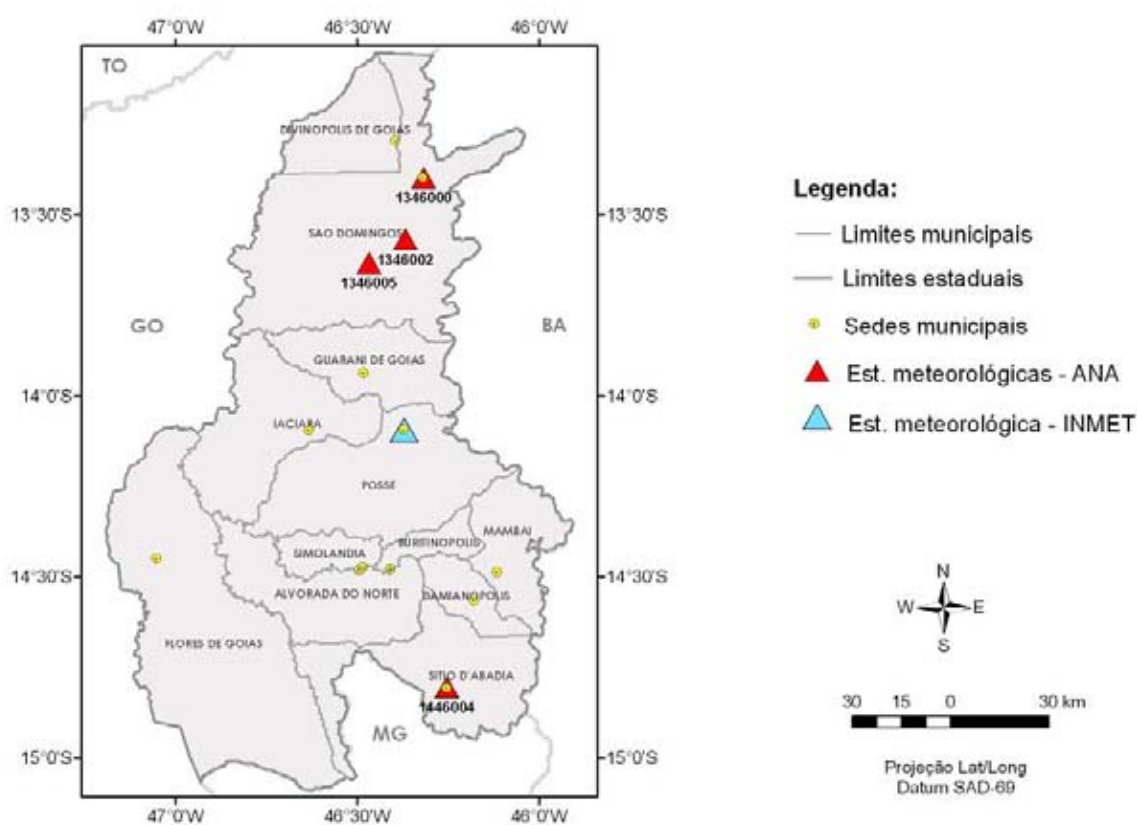


Figura 22 – Localização das estações pluviométricas no Vão do Paranã. Fonte: ANA (2008). Elaboração própria.

Os dados de umidade relativa do ar dos meses de março (estação chuvosa) – Figura 23, e agosto (estação seca) – Figura 24, mostram que a média de umidade em março é de aproximadamente 80%, e do mês de agosto é um pouco abaixo de 50%, havendo eventos em que chega até 20%, de acordo com a normal do período de 30 anos (1961 a 1990).

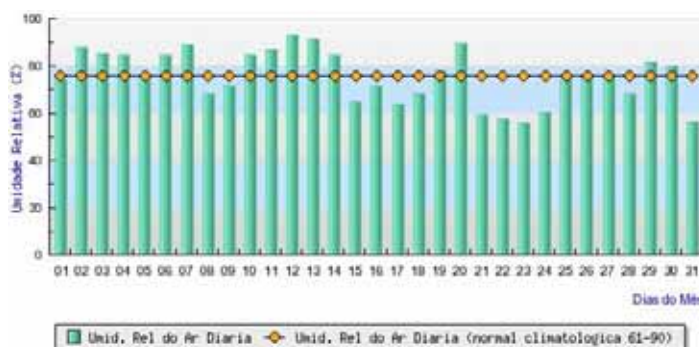


Figura 23 – Umidade relativa do ar do mês de março de 2008 vs. umidade relativa média do ar da série histórica de 1961 a 1990.

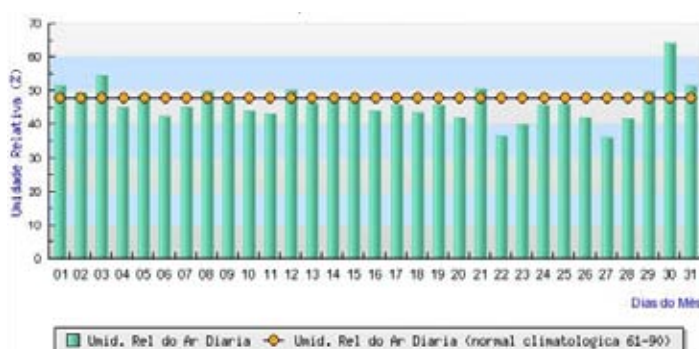


Figura 24 – Umidade relativa do ar mês de agosto de 2008 vs. Umidade relativa média do ar no período de 1961 a 1990.

O clima está diretamente relacionado aos diferentes níveis altimétricos da região. A influência dos sistemas atmosféricos e a posição geográfica da área são refletidas nas temperaturas médias mensais e anuais, que produzem valores altos o ano todo. As temperaturas máximas estão entre 25 °C e 35 °C, tanto no inverno como no verão, de acordo com a normal do período de 30 anos (1961 a 1990) (INMET, 2008).

Em relação à amplitude térmica, a variação não é drástica quando se compara as temperaturas máximas com as mínimas, que variam de aproximadamente de 17°C a 25°C de acordo com os dados do INMET (2008) referentes à normal do período de 30 anos (1961 a 1990).

O Vão do Pranã está inteiramente inserido no bioma Cerrado, que se apresenta com fisionomias campestres, savânicas e florestais. Entre os tipos mais representativos da região, encontram-se o Cerradão, Cerrado típico, Cerrado Rupestre, Campo Sujo, Mata de Galeria, Campo Limpo e as FED (IBGE, 1968, 1977; IBAMA, 1991; FELSENI *et al.*, 2007a) (Figura 25).

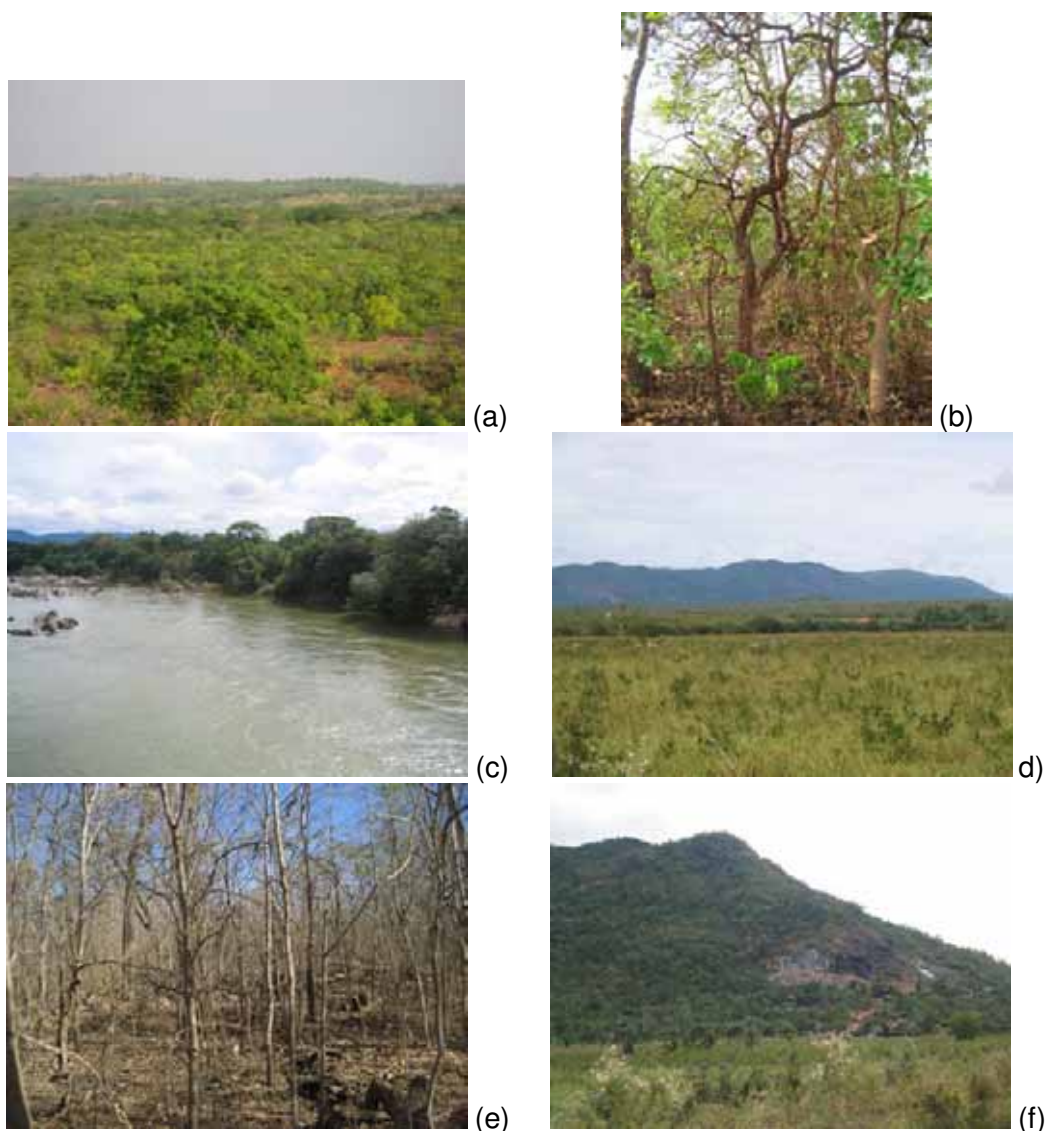


Figura 25 – Exemplos de fitofisionomias encontradas no Vão do Paranã. Cerrado Denso, município de Posse (a); Cerrado Sentido Restrito, município de Iaciara (b); Mata Ciliar, município de Flores de Goiás (c); Campo Limpo, município de Flores de Goiás (d); Floresta Estacional, município de Iaciara (e); e Cerrado Rupestre, município de Alvorada do Norte (f). Fotos: Potira Hermuche.

A região possui, ainda, uma área caracterizada por lagoas e áreas úmidas e alagadas que abrigam flora e fauna semelhante à do Pantanal Matogrossense, intitulada “Pantanal de Goiás” (FELFILI *et al.*, 2007a), nos municípios a sudoeste do Vão – principalmente Flores de Goiás e Alvorada do Norte (Figura 26).

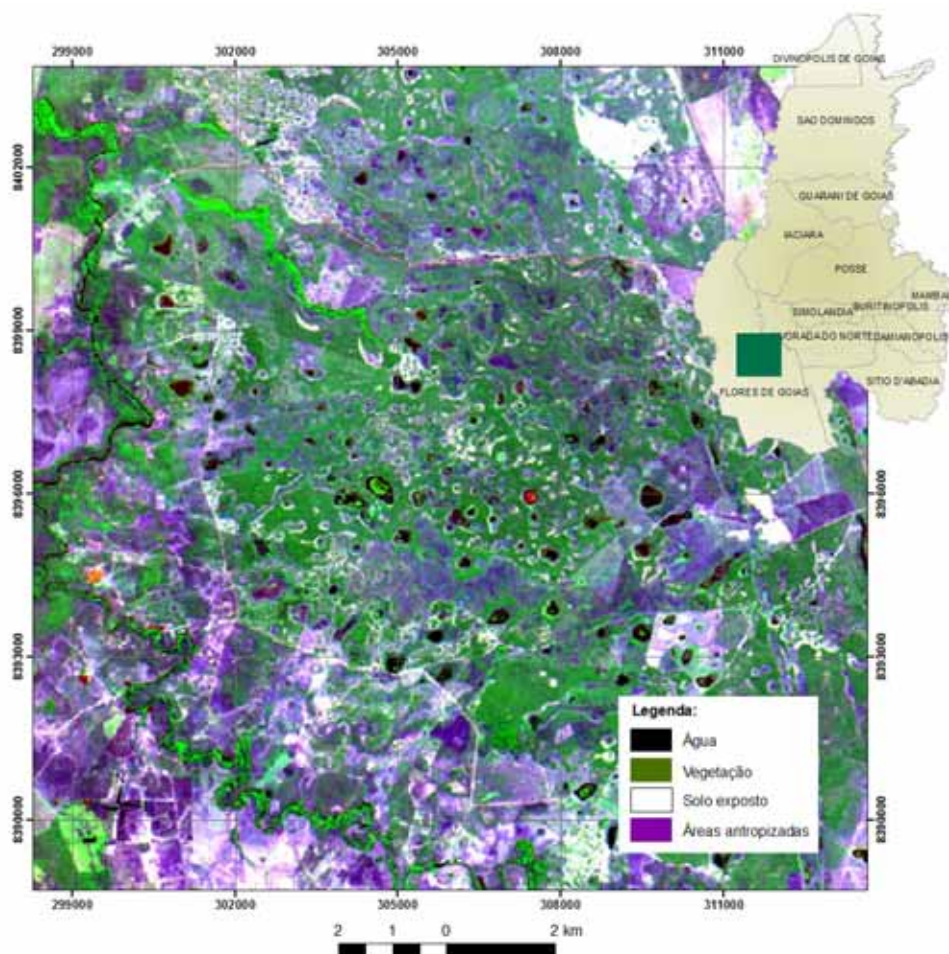


Figura 26 – Imagem do satélite Landsat TM de 2001 ilustrando o “Pantanal de Goiás”. Elaboração própria.

3.2 HISTÓRICO DA OCUPAÇÃO E SOCIOECONOMIA

Poucos trabalhos tratam do histórico de ocupação da região nordeste do estado de Goiás. Amplo estudo elaborado por Barreira (2002) abordou, em especial, o Vão do Paranã, além de trabalho desenvolvido por Luíz (1998) que, para a presente caracterização, serão utilizados como principal fonte bibliográfica.

A região nordeste de Goiás começou a ser povoada em meados do século XVIII devido à busca por ouro no interior do Brasil. Como a região não possuía expressiva quantidade que impulsionasse a ocupação em função da mineração, outros meios de exploração das terras começaram a serem pensados e, daí, deu-se início a pecuária no Vão do Paranã.

Apesar de não possuir ouro, as regiões vizinhas se constituíam em zonas de mineração, fazendo com que a localização do Vão do Paranã fosse privilegiada para

a criação de um “cinturão pecuarista” que abastecesse esse mercado. Os primeiros e únicos núcleos urbanos relacionados de certa forma com a mineração foram Flores de Goiás e São Domingos. As demais vilas e povoados criados posteriormente foram impulsionados pela pecuária, tendo a sua população proveniente principalmente da Bahia.

A região do Vão do Paranã parecia ser ideal para a expansão da pecuária tradicional a partir do nordeste, uma vez que além de ser contígua às terras da Bahia e possuir grandes áreas de pastagens naturais, ainda era constituída por um grande vazio demográfico. Dessa forma, na área desenvolveu-se a pecuária nos moldes tradicionais em diferentes ambientes, como as áreas deprimidas, várzeas e áreas elevadas com pastagens naturais, além das veredas e buritizais que, na época, eram um refúgio para o gado durante o período de estiagem.

Esse fato trouxe como consequência o reconhecimento da região como de grande importância econômica na província de Goiás na primeira metade do século XIX, fazendo com que toda a região estivesse, de alguma forma, ocupada por atividades voltadas para a pecuária.

Mesmo com o crescimento demográfico impulsionado pelo desenvolvimento da pecuária na região, este ficou estagnado até o século XX, prevalecendo as práticas tradicionais. Isso fez com que essa atividade econômica sofresse declínio, principalmente em função das condições insalubres que o clima proporciona. A construção de Brasília, na década de 50 do século passado, fez com que a população que já era pequena e rarefeita diminuísse ainda mais, uma vez que muitas famílias migraram para a nova capital em busca de trabalho.

A partir das décadas de 1960 e 70, esse quadro começou a ser revertido, passando a haver um crescimento demográfico nos municípios do Vão do Paranã em função do reconhecimento da região como fronteira em incorporação.

Novas tecnologias começaram a ser empregadas na pecuária, e a região passou a ter certa atenção principalmente em função da formação de novas pastagens, a instalação de pecuária de manejo intensivo, além da exploração madeireira. Apesar desse incipiente crescimento ocorrido principalmente a partir da década de 1970, dados do IBGE (IBGE, 2008b) mostram que as atividades pecuárias são predominantes na região.

A presença das unidades de conservação ou, ainda, a configuração do relevo local, que se apresenta bastante movimentado na região leste do Vão, impossibilita ou dificulta a exploração econômica das terras.

Apesar de grandes áreas de pastagem, os dados do Censo Agropecuário do IBGE (2008b) mostram que a maioria dos municípios possui os maiores valores do Produto Interno Bruto – PIB municipal provenientes de serviços, não da agropecuária (Tabela 1), inferindo-se que a falta de fiscalização e controle sobre a produção por parte dos governos municipais provavelmente influencia nos baixos valores de PIB representados pelas atividades agropecuárias.

Tabela 1 – Produto Interno Bruto (PIB) por município do Vão do Paranã^(*)

Município	PIB (Mil Reais)				
	Agropecuária	Indústria	Serviço	Imposto	Total
Alvorada do Norte	7.035	3.394	24.634	2.492	37.554
Buritinópolis	1.592	967	6.276	304	9.139
Damianópolis	2.202	896	6.770	375	10.242
Divinópolis	8.991	3.382	11.929	1.277	25.580
Flores	17.410	2.996	19.008	1.696	41.111
Guarani	8.704	1.513	8.206	692	19.114
Iaciara	26.798	4.052	27.684	2.785	61.320
Mambai	2.260	1.660	12.049	973	16.943
Posse	14.528	11.954	92.920	9.097	128.500
São Domingos	18.727	5.617	24.673	1.820	50.837
Simolândia	1.944	2.166	15.535	1.438	21.084
Sítio d'Abadia	9.515	847	5.930	529	16.821

^(*) Os dados em negrito representam os maiores valores de cada município. Fonte: IBGE (2008b).

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA. Agência Nacional de Águas. **Hidroweb – Sistema de Informações Hidrológicas**. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb>. Acesso em: 10 out. 2008.

ANDAHUR, J.P. **Florestas e questões de gestão ambiental na bacia do rio Paranã**. Brasília: Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Dissertação de Mestrado. 71p. 2001.

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

BARREIRA, C.C.M.A. **Vão do Paranã: a estruturação de uma região**. Brasília: Ministério da Integração Nacional; Goiânia: Universidade Federal de Goiás. 320p. Coleção Centro-Oeste de Estudos e Pesquisas, v.8, 320p. 2002.

BEGON, M.; TOWNSEND, C.R.; HARPER, J.L. **Ecologia: de indivíduos a ecossistemas**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed. 752p. il. 2007.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Secretaria Geral. **Projeto RADAMBRASIL**. Folha SD. 23 Brasília; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 660p. 5 mapas (Levantamento de Recursos Naturais). 1982

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - MMA. **Áreas prioritárias para conservação, uso sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira: Atualização – Portaria MMA n. 9, de 23 de janeiro de 2007**. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Brasília: MMA, 2007.

BRUN, E.J.; SCHUMACHER, M.V.; VACCARO, S.; SPATHELF, P. Relação entre a produção de serrapilheira e variáveis meteorológicas em três fases sucessionais de uma floresta estacional decidual no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.9, n.2, p.277-285. 2001.

CALDATO, S.L.; FLOSS, P.A.; DA CROCE, D.M.; LONGHI, S.J. Estudo da regeneração natural, banco de sementes e chuva de sementes na Reserva Genética Florestal de Caçador, SC. **Ciência Florestal**. Santa Maria, v.6, n.1, p.27-38 27. 1996.

CESTARO, L. A.; SOARES, J.J. Variações florística e estrutural e relações fitogeográficas de um fragmento de floresta decídua no Rio Grande do Norte, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**. Vol. 18, n. 2, pág 203-218. 2004

CONTI, J.B; FURLAN, S.A. Geoeecologia: o clima, os solos e a biota. In: Ross, J.L.S. (org.). **Geografia do Brasil**. São Paulo: EDUSP, 2ª ed. 549 p. 1998.

CUNHA, G.C.; GRENDENE, L.A.; DURLO, M.A.; BRESSAN, D.A. Dinâmica nutricional em Floresta Estacional Decidual com ênfase aos minerais provenientes da deposição da serrapilheira. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.3, n.1, p.35-64. 1993.

DIAS, H.C.T.; FIGUEIRA, M.D.; SILVEIRA, V.; FONTES, M.A.L.; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; SCOLFORO, J.R.S. Variação temporal de nutrientes na serrapilheira de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual montana em Lavras, MG. **Cerne**, v.8, n.2, p.1-16. 2002.

FELFILI, J.M. As principais fisionomias do Espigão Mestre do São Francisco. In: FELFILI, J.M. e SILVA JÚNIOR, M.C. (orgs.). **Biogeografia do bioma Cerrado: estudo fitofisionômico da Chapada do Espigão Mestre do São Francisco**. Brasília: Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, p. 18-30. 2001.

FELFILI, J.M.; CARVALHO, F.A.; FAGG, C.W. **Recuperação de matas secas e vegetações associadas no Vale do Paranã, Goiás**. Brasília: Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, 32p. 2007 (a).

FELFILI, J.M.; NASCIMENTO, A.T.; FAGG, C.W.; MEIRELLES, E.M. Floristic composition and community structure of a seasonally deciduous forest on limestone outcrops in Central Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.30, n.4, p.611-621. 2007 (b).

FELFILI, J.M.; FAGG, C.W. Floristic composition, diversity and structure of the Cerrado sensu stricto on rocky soils in northern Goiás and southern Tocantins, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.30, n.3, p.375-385. 2007.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Paisagens do Brasil**. Biblioteca Geográfica Brasileira – Série D, 2ª Ed. Rio de Janeiro: IBGE. 1968.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geografia do Brasil – Região Centro-Oeste**. Rio de Janeiro, SERGRAF. Vol.4. 1977.

IBAMA. Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Programa Nacional de Conservação e Desenvolvimento Florestal Sustentado**. Brasília, DF. 94p. 1991.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 92p. (Manuais Técnicos de Geociências, 1). 1992.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Zoneamento geoambiental e agroecológico do estado de Goiás: Região Nordeste**. Rio de Janeiro. 178 p. Série Estudos e Pesquisas em Geociências, 3. 1995.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa de Vegetação do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 3ª ed. 2004.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geociências: Divisão Regional**. Disponível em : http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/default_div_int.shtm?c=1. Acesso em: 08 de outubro de 2008 (a).

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades. Censo Agropecuário**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>>. Acesso em: 05 out. 2008 (b).

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. 2008. **Gráficos Climatológicos**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/html/clima.php>>. Acesso em: 05 dez. 2008.

IVANAUSKAS, N.M.; RODRIGUES, R.R. Florística e fitossociologia de remanescentes de floresta estacional decidual em Piracicaba, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.23, n.3, p.291-304. 2000.

KALACSKA, M.; SANCHEZ-AZOFEIFA, G.A.; CALVO-ALVARADO, J.C.; QUESADA, M.; RIVARD, B.; JANZEN, D.H. Species composition, similarity and diversity in three successional stages of a seasonally dry tropical forest. **Forest Ecology and Management**, v.200, p.227–247. 2004.

KÖNIG, F.G.; SCHUMACHER, M.V.; BRUN, E.J.; SELING, I. Avaliação da sazonalidade da produção de serrapilheira numa Floresta Estacional Decidual no município de Santa Maria-RS. **Revista Árvore**, Viçosa, v.26, n.4, p.429-435. 2002.

LUIZ, G. C. **Estudo do impacto ambiental a partir da análise espaçotemporal - caso da região do Vão do Paranã**. Dissertação de mestrado. Instituto de Geografia - Universidade Federal de Goiás. 1998.

MADEIRA, B.G.; ESPÍRITO SANTO, M.M.; D'ÂNGELO NETO, S.; NUNES, Y.R.F.; SÁNCHEZ-AZOFEIFA, G.A.; FERNANDES, G.W.; QUESADA, M. Mudanças sucessionais nas comunidades arbórea e de lianas em matas secas: entendendo o processo de regeneração natural. **MG Biota**, Belo Horizonte, V.1, n.2, jun/jul. 2008.

MARTENSEN, A. C.; PIMENTEL, R. G.; METZGER, J. P. Relative effects of fragment size and connectivity on bird community in the Atlantic Rain Forest: Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 141, 218 4–2192, 2008.

METZGER, J.P. Tree functional group richness and landscape structure in a brazilian tropical fragmented landscape. **Ecological Applications**, vol.10, n.4, pág. 1147–1161, 2000.

MURPHY, P.G.; LUGO, A.E. Ecology of tropical dry forest. **Annual Review of Ecology and Systematics**. vol.17, p.67-88. 1986.

NASA. National Aeronautics and Space Administration. **SRTM – Shuttle Radar Topography Mission**. Disponível em: <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/costaric.htm>. Acesso em: 12 de outubro de 2008.

NASCIMENTO, A.R.T. **Variações espaciais e sazonais de radiação solar em fragmentos de floresta estacional decidual em afloramento calcário e sua relação com a distribuição de espécies arbóreas**. Brasília: Universidade de Brasília, Departamento de Ecologia. Tese de doutorado. 142p. 2005.

NASCIMENTO, A. R. T.; FELFILI, J. M.; MEIRELLES, E. M. Florística e estrutura da comunidade arbórea de um remanescente de Floresta Estacional de encosta, Monte Alegre, Goiás, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v.18, n.3, p.659-669, 2004.

NASCIMENTO, A. R. T.; FAGG, J. M. F.; FAGG, C. W. Canopy openness and LAI estimates in two seasonally deciduous forests on limestone outcrops in central Brazil using hemispherical photographs. **Revista Árvore**, v.31, n.1, p.167-176, 2007.

ODUM, E.P. **Fundamentos de Ecologia**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. 7ª ed. 928p. 2004.

PAULA, A; SILVA, A.F.; MARCO JÚNIOR, P.; SANTOS, F.A.M.; SOUZA, A.L. Sucessão ecológica da vegetação arbórea em uma Floresta Estacional Semidecidual, Viçosa, MG, Brasil. **Acta botanica brasilica**. 18(3): 407-423. 2004.

PEDRALLI, G. Florestas secas sobre afloramentos de calcário em Minas Gerais: florística e fisionomia. **Revista BIOS**, v.5, n.5, p.81-88. 1997.

PENNINGTON, R.T; PRADO, D.E.; PENDRY, C.A. Neotropical seasonally dry forests and Quaternary vegetation changes. **Journal of Biogeography**, v.27, p.261-273. 2000.

PENNINGTON, R. T.; LAVIN, M., PRADO, D. E.; PENDRY, C. A.; PELL, S.K.; BUTTERWORTH, C. A. Historical climate change and speciation: neotropical seasonally dry forest plants show patterns of both Tertiary and Quaternary diversification. **The Philosophical Transactions – Biological Sciences of the Royal Society**, Londres, 2004.

PRADO, D.E. Seasonally dry forests of tropical South America: from forgotten ecosystems to a new phytogeographic unit. **Edinburgh Journal of Botany**, v.57, n. 3, p.437-461. 2000.

PRADO, D.E; GIBBS, P.E. Patterns of species distributions in the dry seasonal forests of South-America. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v.80, n.4, p.902-927. 1993.

RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. **As principais fitofisionomias do bioma Cerrado**. In: Sano, S.M.; Almeida, S.P; Ribeiro, J.F. *Cerrado: Ecologia e Flora*. Planaltina: Embrapa Cerrados; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, Volume 1. 2 v. (1279 p.): il. 2008.

SALIS, S.M.; SILVA, M.P.; MATTOS, P. P.; SILVA, J.S.V.; POTT, V.J.; POTT, A. Fitossociologia de remanescentes de floresta estacional decidual em Corumbá, Estado do Mato Grosso do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.27, n.4, p.671-684. 2004.

SAMPAIO, A. B. **Efeito de borda nas espécies arbóreas de uma floresta estacional decidual no Vale do Paranã**. Dissertação de mestrado em Ecologia – Universidade de Brasília – UnB, Brasília. 82p. 2001.

SAMPAIO, A. B. **Restauração de Florestas Estacionais Deciduais de terrenos planos no norte do Vão do rio Paranã**. Tese de Doutorado em Ecologia – Universidade de Brasília – UnB, Brasília. 122p. 2006.

SAMPAIO, A. B.; SCARIOT, A.; HOLL, K. Regeneration of Seasonal Deciduous Forest Tree Species in Long-Used Pastures in Central Brazil. **Biotropica**, v. 39, p. 655-659. 2007a.

SAMPAIO, A. B. ; SCARIOT, A. ; HOLL, K. . Does restoration enhance regeneration of seasonal deciduous forests in pastures in central Brazil? **Restoration Ecology**. v. 15, p. 462-471, 2007b.

SANCHEZ-AZOFEIFA, G.A.; KALACSKA, M.; QUESADA, M.; CALVO-ALVARADO, J.C.; NASSAR, J.M.; RODRIGUEZ, J.P. Need for integrated research for a sustainable future in Tropical Dry Forests. **Conservation Biology**, v.19, n. 2. p. 285-286. 2005.

SCARIOT, A., SEVILHA, A. C. **Biodiversidade, estrutura e conservação de Florestas Estacionais Deciduais no Cerrado**. In: Scariot, A., Souza-Silva, J. C., e Felfili, J. M. (Eds.). *Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação*. Brasília, Ministério do Meio Ambiente. 2005.

SIEG. Sistema Estadual de Estatística e de Informações Geográficas de Goiás. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento de Goiás. **Mapas temáticos do Estado de Goiás**. Disponível em: <http://www.sieg.go.gov.br/>. Acesso em: 22 de setembro de 2008.

SILVA, L.A.; SCARIOT, A. Composição florística e estrutura da comunidade arbórea em uma floresta estacional decidual em afloramento calcário (Fazenda São José, São Domingos, GO, bacia do rio Paranã). **Acta Botânica Brasilica**, v.17, n.2, p.305-313. 2003.

SILVA, L. A.; SCARIOT, A. Comunidade arbórea de uma floresta estacional decídua sobre afloramento calcário na bacia do rio Paranã. **Revista Árvore**, v.28, n.1, p.61-67, 2004.

UEZU, A.; METZGER, J.P.; VIELLIARD, J. M.E. Effects of structural and functional connectivity and patch size on the abundance of seven Atlantic Forest bird species. **Biological Conservation**, v.123, 507–519, 2005.

VELOSO, H.P.; RANGEL FILHO, A.L.R.; LIMA, J.C.A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 124p. 1991.

VIEIRA, D.M.; SCARIOT, A. Principles of natural regeneration of tropical dry forests for restoration. **Restoration Ecology**, v.14, n.1, p.11–20, 2006.

VIEIRA, M. V.; OLIFIERS, N.; DELCIELLOS, A. C.; ANTUNES, V. Z.; BERNARDO, L. R.; GRELLE, C. E.V.; CERQUEIRA, R. Land use vs. fragment size and isolation as determinants of small mammal composition and richness in Atlantic Forest remnants. **Biological Conservation**, v.142, 1191–1200, 2009.

WERNECK, M.S; FRANCESCHINELLI, E.V.; TAMEIRÃO-NETO, E. Mudanças na florística e estrutura de uma floresta decídua durante um período de quatro anos (1994-1998) na região do Triângulo Mineiro, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.23, n.4, p.401-413. 2000.

CAPITULO 1

**Identificação da Floresta Estacional Decidual no Vão do Paranã,
estado de Goiás, a partir da análise da reflectância acumulada de
imagens do sensor ETM+/LANDSAT-7**

INTRODUÇÃO

O bioma Cerrado apresenta fisionomias campestres, savânicas e florestais (EITEN, 1972; VELOSO et al., 1991). Mesmo cobrindo menor extensão em área, as fisionomias florestais (Matas Ciliares, Matas de Galeria, Mata Seca e Cerradão - RIBEIRO e WALTER, 2008) são importantes no que diz respeito ao funcionamento dos ecossistemas, uma vez que podem contribuir, por exemplo, com o fluxo gênico (especialmente com a formação de corredores ecológicos) e com a preservação dos recursos hídricos (RESCK e SILVA, 1998; SILVA JÚNIOR et al., 1998; FELFILI et al., 2000).

A Mata Seca (assim denominada regionalmente), também chamada de floresta tropical seca (MURPHY e LUGO, 1986; PRADO, 2000; SANCHEZ-AZOFEIFA et al., 2005), é uma Floresta Estacional Decidual (FED), que tem distribuição bastante restrita no Brasil e é composta por inúmeras espécies endêmicas (FELFILI et al., 2007). Essa tem sofrido intensa degradação em função de sua localização em solos de alta fertilidade associados a substrato calcário (RIBEIRO e WALTER, 2008), como ocorre no Vão do Paranã (CARVALHO JÚNIOR et al., 2006), região nordeste do estado de Goiás, devido a atividades agropecuárias.

Essa região, totalmente inserida no Cerrado, possui extensos fragmentos de FED (SCARIOT e SEVILHA, 2005) amplamente estudados no que diz respeito à riqueza de espécies (SILVA e SCARIOT, 2003; NASCIMENTO et al., 2004 e 2007; FELFILI e FAGG, 2007) e à elevada capacidade de regeneração natural (VIEIRA e SCARIOT, 2006; SAMPAIO et al., 2007a, 2007b), mas não foram encontrados trabalhos que tenham mapeado sua distribuição atual em escala de semi-detalle com resultado satisfatório.

Esse fato deve-se à grande dificuldade de discriminação com imagens monotemporais (SANO et al., 2008), principalmente em função da semelhança na resposta espectral em determinadas fases do ciclo hidrológico, especialmente nas vegetações que apresentam grande variação fenológica, como é o caso da FED. Essa é composta por espécies com alta deciduidade nos períodos secos e grande perenidade nos períodos chuvosos, fazendo com que facilmente se confunda com formações campestres e com formações florestais, respectivamente, dificultando a elaboração de mapas precisos de sua localização, bastante úteis como subsídio à estratégias de conservação.

Nesse sentido, a disponibilidade atual de diversos dados de sensoriamento remoto, notadamente as imagens de satélites com diferentes resoluções espaciais, espectrais e temporais, têm sido de grande utilidade em trabalhos de mapeamento da cobertura vegetal (ARAÚJO FILHO et al., 2007; LIESENBERG et al., 2007). No que diz respeito às florestas secas, Kalacska et al. (2007a; 2007b) trabalharam com dados hiperespectrais no Panamá e Costa Rica, e Sanchez-Azofeifa et al. (2001) fizeram uma análise quantitativa multitemporal das florestas secas da América Central com uso de imagens do sensor Landsat, sugerindo altos níveis de fragmentação da vegetação.

Dando seguimento a estudos dessa natureza, o objetivo do presente trabalho é discriminar as FED no Vão do Paranã a partir da análise espectral de imagens multitemporais do sensor ETM+/Landsat-7, com ênfase na técnica de reflectância acumulada. A hipótese assumida é de que o método proposto possui capacidade maior do que cenas individuais para discriminação da FED, uma vez que permite o acompanhamento da variação sazonal e alteração do dossel dentro do ciclo hidrológico.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo corresponde à microrregião do Vão do Paranã, localizada entre as latitudes 13,3° S e 15,5° S e entre as longitudes 45,5° W e 47,5° W. O Vão do Paranã está totalmente inserido na bacia hidrográfica do rio Paranã, sub-bacia do rio Tocantins, possui uma área de aproximadamente 17.000 km² e é composta por 12 municípios (IBGE, 2008). A altitude da área varia entre 400 m e 1.000 m (NASA, 2008a) e, em termos geológicos, predominam as rochas calcárias do Grupo Bambuí (BRASIL, 1982), com uma precipitação média anual de 1.190 mm (ANA, 2008).

Para reconhecimento inicial da área de estudo, foi elaborado um mapa preliminar da distribuição da FED no Vão do Paranã a partir de análise monotemporal de imagens do sensor TM/Landsat-5 do ano de 2007, obtidas da página eletrônica do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE (2008) – Tabela 1. A resolução temporal do Landsat é de 16 dias e cada cena cobre uma área de 185 km x 185 km no terreno. As cenas foram georreferenciadas com base em imagens geocover (imagens ortorretificadas do ETM+/Landsat-7 e disponíveis na página eletrônica da Universidade de Maryland, 2009), no sistema de projeção UTM

(zona 23 Sul) e referencial geodésico WGS 84, com erro quadrático médio inferior a 0,5 pixels.

Tabela 1 – Órbitas/pontos e datas de passagem das cenas do tm/landsat-5 da área de estudo.

Órbita/ Ponto	Data de Passagem
220/69	20/06/2007
220/70	20/06/2007
221/70	26/05/2007

As cenas foram mosaicadas e segmentadas no programa Spring 5.0. Nessa técnica, cada imagem é subdividida em um conjunto de sub-imagens e a união entre elas é feita por meio da definição, pelo usuário, do limiar de agregação (similaridade) e do tamanho da área mínima (unidade = pixels), onde cada segmento passa a corresponder a um conjunto de pixels contíguos e espectralmente uniformes. Não existem valores de similaridade e área considerados ideais, isto é, eles dependem das características do terreno e do nível de detalhamento desejado. Nesse estudo, os valores de similaridade e área foram iguais a 30.

Os segmentos foram classificados pelo método do ISOSEG e convertidos para o formato tif (tagged image file format). Posteriormente foi feita uma reclassificação visual com base em pontos de campo, disponibilizados pelo projeto da Embrapa Recursos Genéticos intitulado “Conservação das Florestas Estacionais Deciduais do Vale do Paranã” (dados não publicados). Com base nessa classificação preliminar, foram selecionadas 59 pontos para visita em campo, conduzido nos dias 20 e 21 de outubro de 2008.

De posse do mapa preliminar e dos dados da campanha de campo, foi feita uma análise multitemporal da FED por meio de imagens do sensor ETM+ do Landsat 7 obtidas da página eletrônica do INPE (2008). Como a FED possui grande cobertura verde nos períodos chuvosos e deciduidade acentuada nos períodos secos, foram selecionadas cenas com datas de passagem entre abril (final da estação chuvosa) e julho (meio da estação seca) do ano de 2001 (Tabela 2). Não foi possível a utilização de imagens dos outros meses do ano devido à presença de cobertura de nuvens.

Embora ainda esteja em operação, optou-se por não utilizar dados do sensor TM da mesma família do Landsat por causa das diferenças nas respostas espectrais entre os dois sensores do Landsat (TEILLET et al., 2001) e também porque os

coeficientes de calibração do TM não tem sido constantes ao longo do tempo (CHANDER et al., 2004, 2007; VICENTE-SERRANO et al., 2008).

Tabela 2 – Órbitas/pontos e datas de passagem das imagens multitemporais do etm+/landsat-7 da área de estudo.

Órbita/Ponto	Datas de Passagem
220/69	24/04/2001 26/05/2001 27/06/2001 29/07/2001
220/70	24/04/2001 26/05/2001 27/06/2001 29/07/2001
221/70	02/04/2002(*) 02/06/2001 18/06/2001 20/07/2001

(*) a escolha dessa cena de 2002 foi decorrente da presença de mais de 10% de cobertura de nuvens nas imagens de abril de 2001.

O ETM+ opera com seis bandas espectrais nos comprimentos de onda correspondentes ao visível, infravermelho próximo e infravermelho médio e com resolução espacial de 30 m; uma banda no infravermelho termal, com resolução espacial de 60 m; e uma banda pancromática, com resolução espacial de 15 m (GOWARD et al., 2001). Neste estudo, foram consideradas apenas as seis bandas do visível, infravermelho próximo e infravermelho médio do ETM+.

As imagens originais, em valores digitais, foram convertidas para radiância no topo da atmosfera e, em seguida, para a reflectância na superfície terrestre. Dados de ganho e offset das seis bandas espectrais, ângulo de elevação solar, latitude e longitude do centro da imagem e horário de passagem do sensor foram obtidos do cabeçalho da imagem e da internet (NASA, 2008b).

As altitudes médias de cada cena foram estimadas a partir de dados de elevação do SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) (NASA, 2008a): órbita 220 e ponto 69 = 800 m; órbita 220 e ponto 70 = 640 m; e órbita 221 e ponto 70 = 772 m. A correção atmosférica foi feita a partir do módulo FLAASH, o qual é baseado no programa computacional de correção atmosférica denominado de MODTRAN-4 (BERK et al., 1998; HALTHORE et al., 1998) e disponível no ENVI 4.3™, utilizando-se do modelo de atmosfera tropical. Após testes efetuados com as opções

disponíveis no referido programa, os melhores resultados foram obtidos com visibilidade de 100 km, sem restauração de aerossol e modelo ISAACS de dispersão múltipla.

As cenas foram georreferenciadas com base em imagens geocover, no sistema de projeção UTM (zona 23 Sul) e referencial geodésico WGS 84, com erro quadrático médio inferior a 0,5 pixel. As cenas foram normalizadas tendo como referência as respectivas cenas do mês de abril. Os valores médios de reflectância nas seis bandas consideradas, utilizados para a referida normalização, foram obtidos de um reservatório localizado no rio São Domingos (total de pixels utilizados = 170), região nordeste do município de São Domingos.

Os valores de reflectância das cenas individuais foram acumulados mês a mês e banda a banda. Por hipótese, a capacidade de discriminação da FED nas imagens com reflectância acumulada é maior do que qualquer outra cena individual. Procedimento semelhante foi testado por Ratana et al. (2005), que conseguiram melhorar a capacidade de discriminação de algumas classes de cobertura vegetal natural e antrópica do Cerrado a partir do acúmulo de valores provenientes de dois índices de vegetação, o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) e o índice de vegetação realçado (EVI). Nascimento e Sano (2010) também utilizaram procedimento similar para a discriminação de Cerrado Rupestre no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, em Goiás.

Para a elaboração do mapa de localização da FED no Vão do Paranã, inicialmente foi aplicada na imagem de reflectância acumulada dos quatro meses em estudo (abril + maio + junho + julho) da cena normalizada com órbita ponto 220/70 a metodologia de endmembers, com base na geometria do simplex de volume mínimo (BOARDMAN e KRUSE, 1994). Esse procedimento, explicado em detalhes por Carvalho Júnior et al. (2003), avalia a mistura espectral existente nos pixels, separando os mais puros correspondentes aos materiais existentes nas cenas. Carvalho et al. (2002) afirmaram que esse procedimento consiste em uma etapa exploratória, ou seja, uma primeira avaliação dos constituintes da cena, e sua aplicação é interessante em regiões pouco estudadas, uma vez que podem surgir espectros inexistentes nas bibliotecas espectrais disponíveis.

A metodologia adotada pode ser descrita em três etapas diferentes (BOARDMAN e KRUSE, 1994): redução da dimensão espectral, utilizando a técnica Minimization Noise Fraction (MNF), redução da dimensão espacial utilizando o

método Pixel Purity Index (PPI) e identificação de clusters utilizando um visualizador n-dimensional. O MNF consiste na redução da dimensão espectral da cena (GREEN et al., 1988), possibilitando a eliminação do ruído e permitindo a diminuição da dimensionalidade da imagem em eixos descritos pelos materiais ou feições físicas ambientais que constituem a cena (CARVALHO JÚNIOR et al., 2007). O método PPI registra e contabiliza os pixels que são vértices nas diferentes projeções do simplex. Já a distribuição espacial dos atributos espectrais das componentes MNFs podem ser observadas pelo emprego do visualizador n-dimensional, que gera uma nuvem de pontos possibilitando a verificação da formação de clusters, ou famílias de pixels puros.

Para que os pixels relativos principalmente à cobertura vegetal da cena fossem identificados com maior acurácia, foi elaborada uma máscara para eliminar as áreas referentes à água e à sombra de nuvens.

Após a avaliação prévia dos materiais existentes na imagem por meio da redução da dimensão espectral da cena e eliminação dos ruídos, foi utilizada a ferramenta de “transformação inversa do MNF”, que consiste na transformação das bandas do MNF de volta ao seu dado espacial original, ou seja, a informação é redistribuída pelo número original de bandas (no caso, seis bandas). Desta forma, considerando apenas as componentes relativas ao sinal, ou seja, desprezando as frações ruidosas, efetua-se o processo de inversão da transformação MNF, fazendo com que as imagens geradas com esse processo apresentem espectros límpidos de ruído (Carvalho et al, 2002).

Após esse procedimento, a imagem somatória de reflectância acumulada da cena 220/070, com os ruídos eliminados, foi processada por meio da técnica de segmentação por crescimento de regiões, descrita anteriormente. Os segmentos correspondentes à FED foram identificados por meio da análise visual. Eles foram sobrepostos na tela do monitor do computador à composição colorida RGB das bandas 4, 5 e 7, em escala de visualização correspondente à 1:100.000. Esse procedimento foi repetido para as outras duas cenas estudadas (órbita/ ponto 220/69 e 221/70).

O padrão espectral da referida fitofisionomia foi determinado a partir de um conjunto de pontos de localização da FED em campo formado pelos pontos disponibilizados pela Embrapa Recursos Genéticos e provenientes da campanha de campo ocorrida nos dias 20 e 21 de outubro de 2008.

O mapa de localização da FED foi elaborado a partir da união dos vetores classificados provenientes das três cenas estudadas. Esse foi refinado com base em campanhas de campo conduzidas nos dias 30 de agosto a 02 de setembro e 01 a 03 de outubro de 2010, em que foram visitados fragmentos remanescentes de FED ao longo de todo o Vão do Paranã.

De posse do mapa da FED baseado nas imagens multitemporais do ano de 2001, o limite dos fragmentos foi atualizado a partir do mosaico de imagens do ano de 2007, elaborado anteriormente. O referido mosaico foi utilizado apenas para avaliação da alteração ocorrida nos fragmentos mapeados, principalmente no seu entorno, entre os anos de 2001 e 2007. Para isso, foi sobreposto o mapa da FED elaborado por meio de imagens multitemporais do ano de 2001 e o mosaico de imagens do ano de 2007, possibilitando a redefinição dos limites por meio de análise visual na escala 1:100.000. Esta etapa permitiu a elaboração de um mapa do estado atual da FED no Vão do Paranã.

A validação do mapa de ocorrência atual foi feita com base no método de exatidão global (BRITES et al. 1996; ESPÍRITO SANTO e SHIMABUKURO, 2005), com duas classes de interesse: FED e NÃO FED. Foi considerado um percentual de exatidão de 85% com erro de 5%, o que implica, segundo Jensen (1996), em um número mínimo de 204 pontos amostrais. Os pontos foram selecionados a partir da conversão da poligonal do Vão do Paranã em uma grade regular com 1.907 pixels de 3 km x 3 km. De posse dos pontos centróides de cada pixel, foram sorteados aleatoriamente 274 pontos, os quais foram exportados para o programa Google Earth® em formato kml para verificação de uso e cobertura (SIMARD et al., 2008; MONTESANO et al., 2009), especialmente no que diz respeito às classes de pastagem, mata galeria e formações campestres.

Os pontos não discriminados nas imagens de satélite de alta resolução (essencialmente as formações florestais) foram visitados em campo, conduzido nos dias 30 de agosto a 02 de setembro e 01 a 03 de outubro de 2010. As imagens do programa Google Earth® utilizadas na validação possuem resolução de 2,5 e 10 metros, são provenientes do sensor SPOT e possuem data de passagem entre 12 de março de 2009 e 21 de fevereiro de 2010.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Desempenho da Reflectância Acumulada

Com base nos resultados da análise monotemporal, optou-se por comparar a resposta espectral da FED com a do Cerrado Típico (RIBEIRO e WALTER, 2008) nas imagens multitemporais, uma vez que esse apresentou grande confusão com a FED no mapeamento preliminar. Na Figura 1 é mostrado como exemplo o potencial da reflectância acumulada no mapeamento da FED no Vão do Paranã na cena 220/70, que possui maior representatividade de FED no Vão do Paranã. O padrão observado no exemplo se repetiu nas demais cenas.

Os pontos do gráfico correspondem à média das reflectâncias de quatro pontos da FED e mais quatro pontos de Cerrado Típico, selecionados aleatoriamente da campanha de campo realizada nos dias 20 e 21 de outubro de 2008.

A reflectância acumulada ao longo do período considerado (abril a julho) foi maior para o Cerrado Típico, em comparação com a FED, em todas as bandas do Landsat analisadas. Provavelmente este fato foi decorrente da exposição maior do substrato rochoso (rochas calcárias escuras) e ausência de vegetação verde nas áreas com FED, durante a estação seca, onde há uma perda significativa de folhas (~ 90%; RIBEIRO e WALTER, 2008). Além disso, as FED tendem a apresentar maior rapidez nas mudanças de índices de área foliar no início da estação seca, em comparação com outras fitofisionomias (LIESENBERG et al., 2007). A capacidade melhorada de discriminação de alvos foi comprovada por meio da aplicação do teste t de Student, que consiste em uma análise estatística que testa a igualdade entre duas médias. O nível de significância (α) utilizado foi igual a 5%.

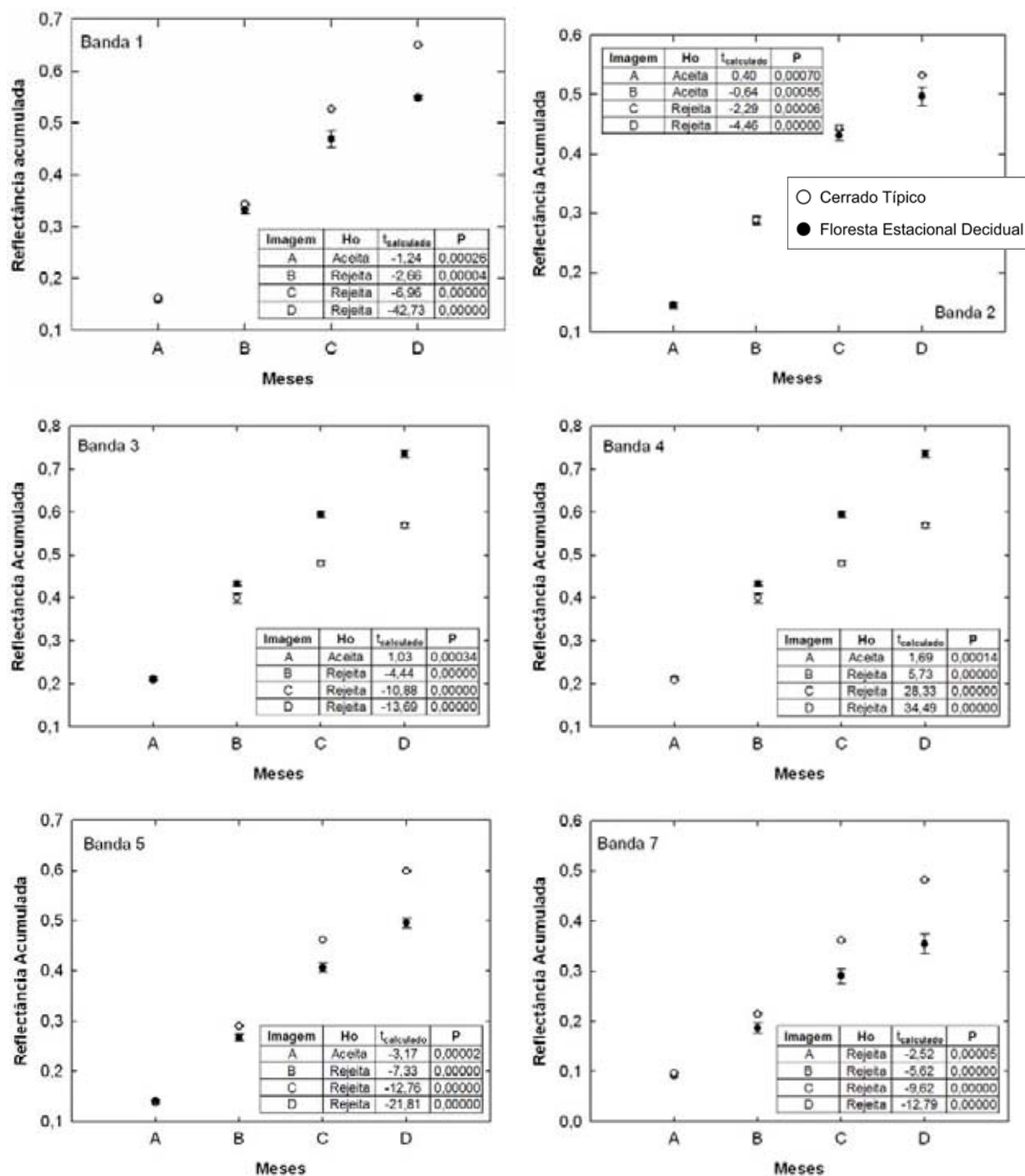


Figura 1 – Média (círculos) e desvio-padrão (barras horizontais) da reflectância acumulada da FED e do Cerrado Típico nas bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 do sensor ETM+/Landsat-7, no período de abril a julho. A = abril; B = abril + maio; C = abril + maio + junho; D = abril + maio + junho + julho; Ho = teste de hipótese (valores médios das reflectâncias da FED e do Cerrado Típico são iguais), considerando-se grau de liberdade = 6 e $t_{\text{crítico}} = 2,45$. P = probabilidade.

O teste t indicou que não é possível discriminar as duas fitofisionomias em uma única imagem de abril nas bandas 1 a 5. No entanto, à medida que as reflectâncias médias de abril, maio, junho e julho são acumuladas progressivamente, a capacidade de separação espectral melhorou sensivelmente. O Cerrado Típico apresentou valores acumulados de reflectância mais altos em relação aos da FED, o que já era esperado, uma vez que essa fisionomia não possui deciduidade acentuada na estação seca, permanecendo com alta resposta espectral em todas as bandas. Para as imagens individuais de maio, junho e julho, as estatísticas do teste t indicaram que essas imagens possuem capacidade de discriminar as duas fitofisionomias analisadas, provavelmente pelo fato das diferenças fenológicas entre as duas fitofisionomias analisadas na época da seca, mas a resposta dos alvos apresenta-se bastante próxima.

O resultado do teste t na banda 7 mostrou que é possível diferenciar as duas fitofisionomias em uma única imagem de abril. Esse fato deve-se, provavelmente, à sensibilidade nessa faixa espectral ($2,08 - 2,4 \mu\text{m}$) à resposta de minerais e rochas, fazendo com que haja grande absorção da radiação eletromagnética (REM) pelo calcário exposto nas áreas da FED, diminuindo sua reflectância e fazendo com que exista contraste em relação às áreas de Cerrado Típico. Já na banda 3 ($0,63 - 0,69 \mu\text{m}$), as respostas espectrais da FED e do Cerrado Típico apresentaram comportamentos opostos ao esperado, uma vez que a vegetação do Cerrado Típico (verde, densa e uniforme), deveria apresentar-se escura devido à grande absorção da REM, resultando em baixa reflectância em relação à FED, que possui pequena quantidade de clorofila devido à deciduidade acentuada. Esse comportamento, provavelmente, também se deve à presença de calcário exposto em áreas da FED, fazendo com que essa apresente menor reflectância devido à grande absorção da REM pelas rochas.

Conforme mencionado anteriormente, por problemas de cobertura de nuvens, não foi possível incluir as imagens dos demais meses do ano, nas quais, teoricamente, as diferenças espectrais entre os dois alvos analisados seriam ainda mais acentuadas. Uma projeção com base nos dados de abril a julho, feita a partir de regressão linear, confirmou esse aumento na capacidade de discriminação das duas classes.

Mapeamento da FED no Vão do Paraná

Detecção dos *endmembers*

Para a área em estudo, observou-se uma concentração do sinal nas quatro primeiras componentes do MNF (Figura 2), que juntas somam 90,5% das informações da imagem. As duas componentes com maior concentração do ruído foram desprezadas na segunda etapa de processamento, o PPI.

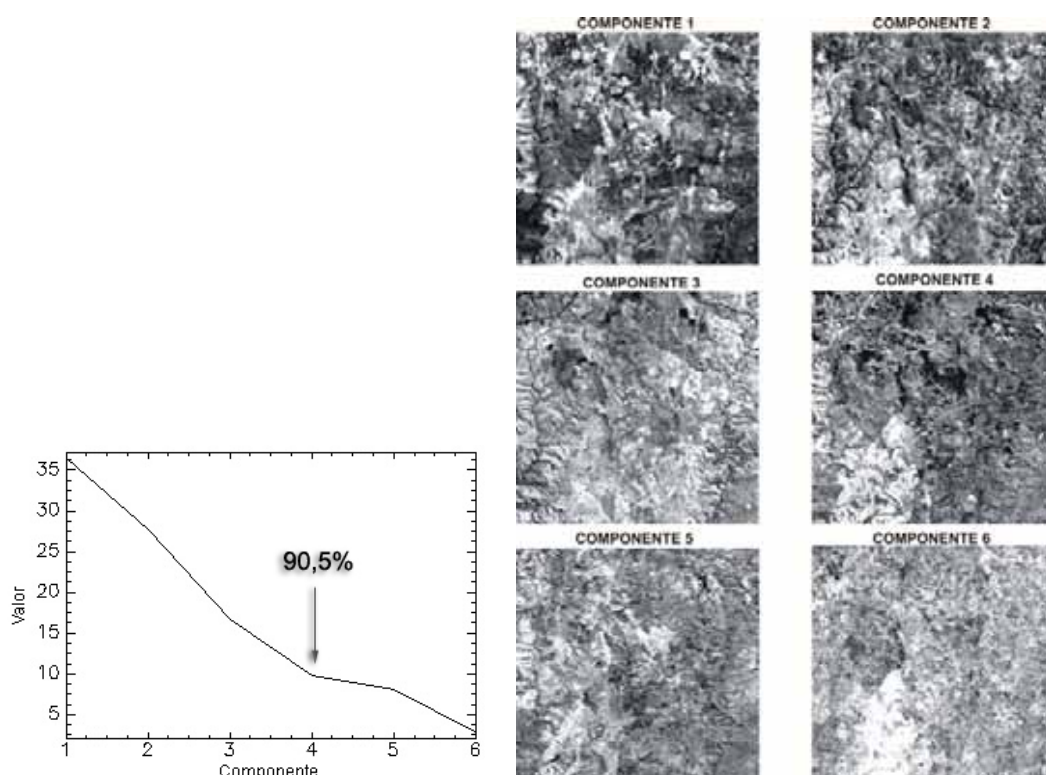


Figura 2 – Histograma de frequência de valores das componentes do MNF e componentes 1 a 6 da imagem MNF.

O número de interações estipulado para o processamento do PPI foi igual a 1.000 e o valor de corte foi de 59 para um resultado amostral de 98 pixels. Utilizando o visualizador n-dimensional, foram identificados os pixels posicionados nos vértices do simplex, formando cinco clusters distintos. A partir das curvas espectrais médias dessas famílias de pixels puros (Figura 3), os diferentes alvos que compõem a cena puderam ser identificados (excluindo as classes referentes à água e sombras).

Apesar dos altos valores de reflectância em função do somatório dos meses, os espectros puderam ser comparados às bibliotecas existentes, indicando que a

imagem somatório, após a eliminação dos ruídos, conseguiu separar bem os clusters relativos às áreas de Mata de Galeria, solo exposto, pastagem e Cerrado. O espectro da FED não existe em bibliotecas espectrais, mas pode ser individualizado na imagem somatório devido ao fato de que a região do infravermelho médio, banda 5 (1,55 - 1,75 μm), apresenta sensibilidade ao teor de umidade das plantas, sendo de grande utilidade na observação de estresse hídrico na vegetação. Dessa forma, a FED, ao ser comparada ao Cerrado, apresenta maior reflectância na banda 5, uma vez que no período de seca perde as folhas e praticamente toda a umidade.

Corroborando o resultado, Ponzoni (2001) e Ponzoni e Shimabukuro (2009) afirmaram que nas imagens da região do infravermelho médio tem-se uma queda valores de reflectância do dossel de uma floresta, devido à presença de água no interior das folhas, fazendo com que as áreas com presença de folhas com maior umidade apresentem reflectâncias mais baixas que áreas com presença de folhas secas.

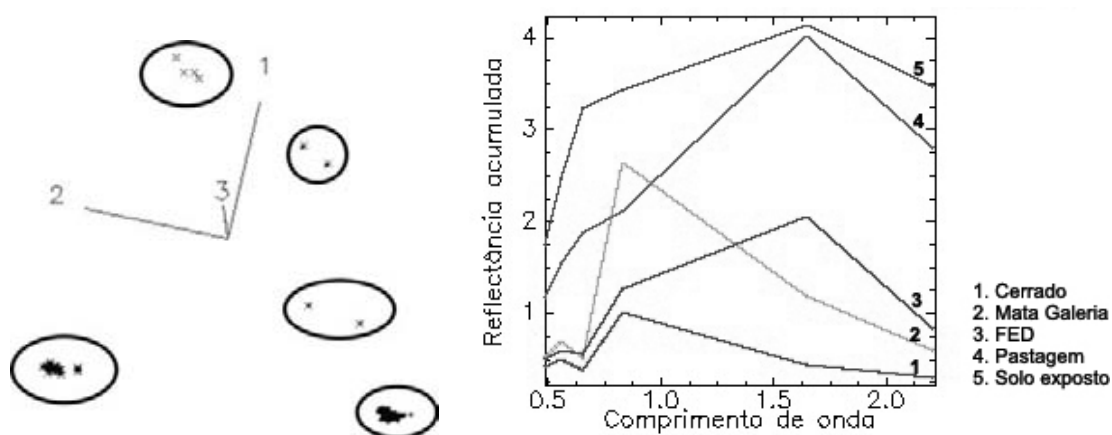


Figura 3 – Visualização de clusters no espaço n-dimensional e espectros eletromagnéticos dos endmembers.

Classificação da imagem somatório

A transformação inversa do MNF converteu as bandas, após eliminação das componentes ruidosas, de volta ao seu número original (seis bandas). Esse procedimento foi de extrema importância para a qualidade final do mapa de ocorrência de FED no Vão do Paranã do ano de 2007 na escala 1:100.000, elaborado com base na metodologia de reflectância acumulada, componentes principais, pontos de controle de campo e observação visual em imagem de satélite.

O mapa indicou que, atualmente, existem na região aproximadamente 190.000 hectares dessa fitofisionomia, distribuídos essencialmente na região centro-norte do Vão do Paranã (Figura 4).

Em campo, foram observadas ocorrências na porção sudeste do Vão do Paranã, sobre calcários, mas os fragmentos encontrados apresentam-se bastante espaçados, pouco densos (provavelmente queimados em várias situações e com coleta seletiva) e com tamanho reduzido a pequenas manchas (Figura 5). Essas características ocorrem principalmente em função da área ser bastante plana e com intensa atividade pecuária, o que proporcionou acentuado desmatamento.

Dessa forma, apesar da ocorrência de FED comprovada pela presença de fragmentos testemunhos, o mapa de distribuição do ano de 2007 elaborado na escala 1:100.000 não incluiu essas áreas.

Dos 274 pontos sorteados aleatoriamente para avaliar a acurácia do mapeamento a partir do método de exatidão global, cinco foram excluídos por falta de informação nas imagens de alta resolução ou pela impossibilidade de acesso em campo, 251 foram classificados a partir de análise visual das imagens de satélite de alta resolução provenientes do Google Earth® (classes: pastagem, mata galeria, agricultura, campo sujo e campo limpo) e 18 foram verificados em campo ao longo de toda a área de estudo. Dos 269 pontos válidos, 244 foram mapeados corretamente, fazendo com que a exatidão global do mapeamento seja de 90,7%, como observado na matriz de confusão (Tabela 3).

Tabela 3 – Matriz de confusão referente ao mapeamento de áreas de floresta estacional decidual (fed) do vão do paranã, goiás.

Mapeamento	Dados de campo		
	FED	Não FED	Total
FED	13	9	22
Não FED	16	231	247
Total	29	240	244

A concentração de ocorrências de FED no Vão do Paranã na porção centro-norte e o alinhamento preferencial na direção norte-sul fornecem indícios de que há um acentuado controle geoambiental dessas ocorrências. Nesse mapeamento, foram incluídas as FED localizadas tanto em áreas planas como em afloramentos rochosos, em todos os estágios de sucessão ecológica (inicial, intermediário e

tardio), uma vez que a diferenciação desses estágios é difícil de ser analisada em imagens orbitais, como comprovado no trabalho de Amaral et al. (2009).

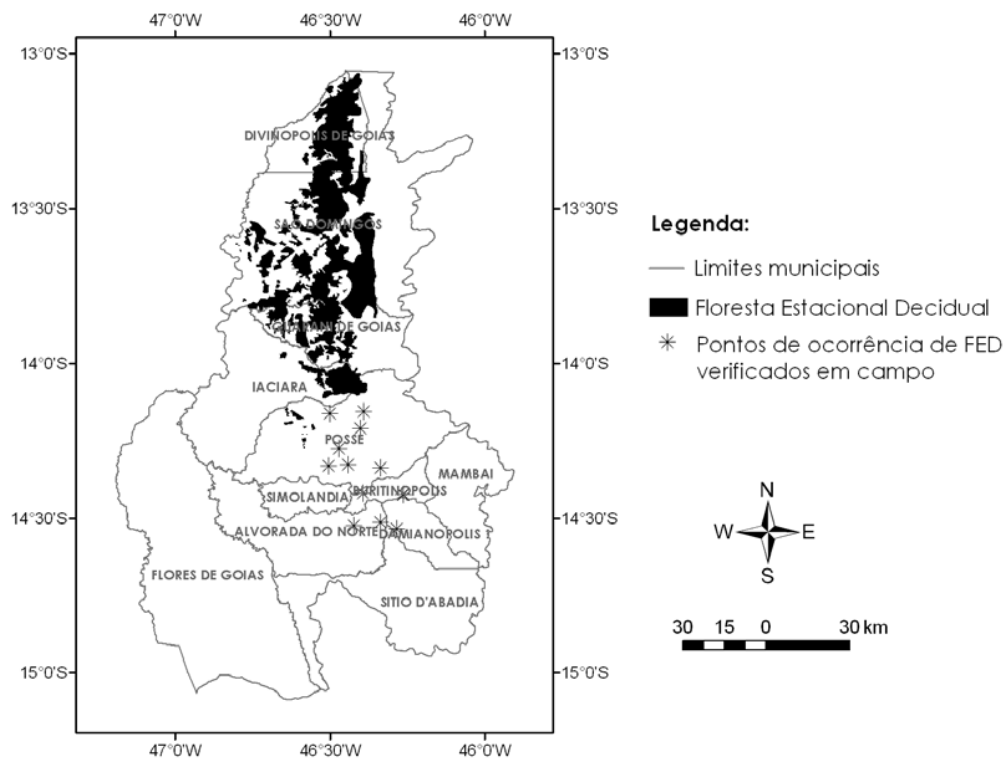


Figura 4 – Mapa de localização da Floresta Estacional na escala 1:100.000 no Vão do Paranã.



Figura 5 – Áreas de FED na região sudeste do Vão do Paranã.

CONCLUSÕES

Tomando-se como base o conhecimento de campo e a estrutura e características das áreas ocorrência da FED, principalmente para ocorrências em

áreas planas, observa-se confusão espectral na época de chuva com algumas fitofisionomias florestais, como o Cerrado Típico, quando a análise é feita com imagens monotemporais do Landsat.

A diferenciação entre a FED e fisionomias florestais a partir do método de reflectância acumulada mostrou-se eficiente uma vez que considera o comportamento da vegetação ao longo do ciclo hidrológico. Os resultados obtidos indicam que, caso haja disponibilidade de imagens dos meses de agosto e setembro, essa capacidade de diferenciação será ainda maior, uma vez que nos referidos meses a FED apresenta maior estresse hídrico e, por consequência, maior deciduidade.

Estudos mais aprofundados a respeito das características da FED no terreno devem ser feitos para maior compreensão do comportamento espectral dessa fitofisionomia nas bandas 3 e 7. Por hipótese, assume-se que a alta reflectância da FED nessas bandas deve-se à presença de calcário exposto influenciando na resposta da vegetação

A metodologia de detecção dos endmembers por meio da análise do simplex mostrou-se adequada para a avaliação da imagem de reflectância acumulada, uma vez que distinguiu clusters referentes às famílias de pixels puros, incluindo a FED.

O mapa final de localização da Mata Seca no Vão do Paranã mostrou que as áreas remanescentes representadas por grandes fragmentos (maiores que 1.000 ha) estão localizadas principalmente nas imediações dos afloramentos rochosos, fato justificado pela dificuldade de extração da vegetação sobre o subsolo rochoso. Apesar disso, foi observado em campo que grande parte dessas áreas sofreu coleta seletiva de espécies com alto valor econômico e, atualmente, encontram-se em diferentes níveis de degradação.

As áreas da FED distribuídas de forma esparsa não foram tão bem definidas pela metodologia e escala adotadas (1:100.000). Dessa forma, a densidade da floresta foi fator determinante para o mapeamento na escala utilizada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, M. V. F.; SOUZA, A. L.; SOARES, V. P.; SOARES, C. P. B.; LEITE, H. G.; MARTINS, S. V.; FERNANDES FILHO, E. I.; LANA, J. M. Avaliação e comparação de métodos de classificação de imagens de satélites para o mapeamento de estádios de sucessão florestal. **Revista Árvore**, v.33, n.3, p.575-582, 2009.

ANA. Agência Nacional de Águas. 2008. **Hidroweb – Sistema de Informações Hidrológicas**. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb>. Acesso em: 10 out. 2008.

ARAÚJO FILHO, M. C.; MENESES, P. R.; SANO, E. E. Sistema de classificação de uso e cobertura da terra com base na análise de imagens de satélite. **Revista Brasileira de Cartografia**, v.59, p.171-179, 2007.

BERK, A.; BERNSTEIN, L. S.; ANDERSON, G. P.; ACHARYA, P. K.; ROBERTSON, D. C.; CHETWYND, J. H.; ADLER-GOLDEN, S. M. MODTRAN cloud and multiple scattering upgrades with application to AVIRIS. **Remote Sensing of Environment**, v.65, p.367-375, 1998.

BOARDMAN, J. W.; KRUSE, F. A. Automated spectral analysis: A geologic example using AVIRIS data, north Grapevine Mountains, Nevada. **Proceedings of 10th Thematic Conference on Geologic Remote Sensing**, Environmental Research Institute of Michigan, Ann Arbor, MI, v.1, p.407-418, 1994.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Secretaria Geral. **Projeto RADAMBRASIL. Folha SD. 23 Brasília**; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 660p., 5 mapas (Levantamento de Recursos Naturais, 29), 1982.

BRITES, R. S.; SOARES, V. P.; RIBEIRO, C. A. A. S. Verificação da exatidão em classificações de uma imagem orbital mediante a utilização de três índices. **Revista Árvore**, v.20, p.415-424, 1996.

CARVALHO, A. P. F.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; GUIMARÃES, R. F.; MARTINS, E. S.; BUSTAMANTE, M. M. C. Utilização do classificador spectral correlation mapper em imagens TM-Landsat. **Espaço & Geografia**, v.5, n.1, p.219-232, 2002.

CARVALHO JÚNIOR, O. A.; CARVALHO, A. P. F.; GUIMARÃES, R. F.; MENESES, P. R.; SHIMABUKURO, Y. E. Mistura espectral: (I) Detecção dos membros finais utilizando a geometria do simplex. **Espaço & Geografia**, v.6, n.1, p.147-173, 2003.

CARVALHO JÚNIOR, O. A.; HERMUCHE, P. M.; GUIMARÃES, R. F. Identificação regional da floresta estacional decidual na bacia do rio Paranã a partir da análise multitemporal de imagens MODIS. **Revista Brasileira de Geofísica**, v.24, n.3, p.319-332, 2006.

CARVALHO JÚNIOR, O. A.; RIBEIRO, M. N. C.; MARTINS, E. S. Análise de dados hiperespectrais em mina de manganês laterítico, São João da Aliança (GO). **Revista Brasileira de Geofísica**, v.25, n.2, p.199-212, 2007.

CHANDER, G.; HELDER, D. L.; MARKHAM, B. L.; DEWALD, J. D.; KAITA, E.; THOME, K. J.; MICIJEVIC, E.; RUGGLES, T. A. Landsat-5 TM reflective-band absolute radiometric calibration. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v.42, p.2746-2760, 2004.

CHANDER, G.; MARKHAM, B. L.; BARSÍ, J. A. Revised Landsat 5 Thematic Mapper radiometric calibration. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v.4, p.490-494, 2007.

EITEN, G. The cerrado vegetation of Brazil. **Botanical Review**, v.38, n.2, p.201-341, 1972.

ESPÍRITO-SANTO, F. D. B.; SHIMABUKURO, Y. E. Validação do mapeamento de uma área de floresta tropical com o uso de imagens de videografia aérea e dados de levantamento de campo. **Revista Árvore**, v.29, n.2, p.227-239, 2005.

FELFILI, J. M.; FAGG, C. W. Floristic composition, diversity and structure of the Cerrado sensu stricto on rocky soils in northern Goiás and southern Tocantins, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.30, n.3, p.375-385, 2007.

FELFILI, J. M.; RIBEIRO, J. F.; FAGG, C. W.; MACHADO, J. W. B. **Cerrado: Manual para recuperação de Matas de Galeria**. (Série Documentos, 21) Planaltina: Embrapa Cerrados, 45p., 2000.

FELFILI, J. M.; CARVALHO, F. A.; FAGG, C. W. **Recuperação de matas secas e vegetações associadas no Vale do Paranã, Goiás**. Brasília: Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, 32p., 2007.

GOWARD, S. N.; MASEK, J. G.; WILLIAMS, D. L.; IRONS, J. R.; THOMPSON, R. J. The Landsat 7 mission: terrestrial research and applications for the 21st century. **Remote Sensing of Environment**, v.78, p.3-12, 2001.

GREEN, A. A.; BERMAN, M.; SWITZER, P.; CRAIG, M. D. A transformation for ordering multispectral data in terms of images quality with implications for noise removal. **IEEE Transactions on Geoscience & Remote Sensing**, v.26, n.1, p.65-74, 1988.

HALTHORE, R. N.; NEMESURE, S.; SCHWARTZ, S. E.; IMRE, D. G.; BERK, A.; DUTTON, E. G.; BERGIN, M. H. Models overestimate diffuse clear-sky surface irradiance: a case for excess atmospheric absorption. **Geophysical Research Letters**, v.25, n.19, p.3591-3594, 1998.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geociências: Divisão Regional**. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/default_div_int.shtm?c=1. Acesso em: 08 out. 2008.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Catálogo de imagens Landsat**. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br>>. Acesso em: 20 out. 2008.

JENSEN, J. R. Introductory **Digital Image Processing: A remote sensing perspective**. Nova Jersey: Prentice-Hall, 2a ed., 1996.

KALACSKA, M.; SANCHEZ-AZOFEIFA, G. A.; RIVARD, B.; CAELLI, T.; PETER WHITE, H.; CALVO-ALVARADO, J. C. Ecological fingerprinting of ecosystem succession: Estimating secondary tropical dry forest structure and diversity using imaging spectroscopy. **Remote Sensing of Environment**, v.108, n.1, p.82-96, 2007a.

KALACSKA, M.; BOHLMAN, S.; SANCHEZ-AZOFEIFA, G. A.; CASTRO-ESAU, K.; CAELLI, T. Hyperspectral discrimination of tropical dry forest lianas and trees: Comparative data reduction approaches at the leaf and canopy levels. **Remote Sensing of Environment**, v.109, n.4, p.406-415, 2007b.

LIESENBERG, V.; GALVÃO, L. S.; PONZONI, F. J. Variations in reflectance with seasonality and viewing geometry: Implications for classification of Brazilian savanna physiognomies with MISR/Terra data. **Remote Sensing of Environment**, v.107, n.1-2, p.276-286, 2007.

- MONTESANO, P. M.; NELSON, R.; SUN, G.; MARGOLIS, H.; KERBER, A.; RANSON, K. J. MODIS tree cover validation for the circumpolar taiga–tundra transition zone. **Remote Sensing of Environment**, v.113, p.2130-2141, 2009.
- MURPHY, P. G.; LUGO, A. E. Ecology of tropical dry forest. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.17, p.67-88, 1986.
- NASA. National Aeronautics and Space Administration. **SRTM – Shuttle Radar Topography Mission**. Disponível em: <<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/costaric.htm>>. Acesso em: 12 out. 2008a.
- NASA. National Aeronautics and Space Administration. **Landsat 7 (L7) Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) - Calibration Parameter Files (CPFs)**. Disponível em: <http://Landsat.usgs.gov/science_L7_cpf.php>. Acesso em: 29 out. 2008b.
- NASCIMENTO, E. R. P.; SANO, E. E. Identificação de Cerrado Rupestre por meio de imagens multitemporais do Landsat: proposta metodológica. **Sociedade & Natureza**, v.22, n.1, p.93-106, 2010.
- NASCIMENTO, A. R. T.; FELFILI, J. M.; MEIRELLES, E. M. Florística e estrutura da comunidade arbórea de um remanescente de Floresta Estacional de encosta, Monte Alegre, Goiás, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v.18, n.3, p.659-669, 2004.
- NASCIMENTO, A. R. T.; FAGG, J. M. F.; FAGG, C. W. Canopy openness and LAI estimates in two seasonally deciduous forests on limestone outcrops in central Brazil using hemispherical photographs. **Revista Árvore**, v.31, n.1, p.167-176, 2007.
- PONZONI, F. J. **Comportamento espectral da vegetação**. In: Meneses, P. R.; Madeira Netto, J. S. (orgs.). *Sensoriamento Remoto. Reflectância de Alvos Naturais*. Brasília: UnB; Planaltina: Embrapa Cerrados, 262p. Cap.5, p.157-199, 2001.
- PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento Remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos: Ed. Parêntese, 130p., 2009.
- PRADO, D. E. Seasonally dry forests of tropical South America: from forgotten ecosystems to a new phytogeographic unit. **Edinburgh Journal of Botany**, v.57, n.3, p.437-461, 2000.
- RATANA, P.; HUETE, A. R.; FERREIRA, L. Analysis of Cerrado physiognomies and conversion in the MODIS seasonal-temporal domain. **Earth Interactions**, v.9, Paper no. 3, 22p., 2005.
- RESCK, D. V. S.; SILVA, J. E. **Importância das matas de galeria no ciclo hidrológico de uma bacia hidrográfica**. In: RIBEIRO, J.F. (ed.). *Cerrado: Matas de Galeria*. Planaltina: Embrapa Cerrados, 164p., 1998.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. **As principais fitofisionomias do bioma Cerrado**. In: Sano, S. M.; Almeida, S. P.; Ribeiro, J. F. *Cerrado: Ecologia e Flora*. Planaltina: Embrapa Cerrados; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, v.1, Cap.6, p.151-199, 2008.
- SAMPAIO, A. B.; SCARIOT, A.; HOLL, K. Regeneration of seasonal deciduous forest tree species in long-used pastures in Central Brazil. **Biotropica**, v.39, p.655-659, 2007a.
- SAMPAIO, A. B.; Scariot, A.; Holl, K. Does restoration enhance regeneration of seasonal deciduous forests in pastures in central Brazil? **Restoration Ecology**, v.15, p.462-471, 2007b.

- SANCHEZ-AZOFEIFA, G. A.; HARRISS, R. C.; SKOLE, D. L. Deforestation in Costa Rica: a quantitative analysis using remote sensing imagery. **Biotropica**, v.33, n.3, p.378-384, 2001.
- SANCHEZ-AZOFEIFA, G. A.; KALACSKA, M.; QUESADA, M.; CALVO-ALVARADO, J. C.; NASSAR, J. M.; RODRIGUEZ, J. P. Need for integrated research for a sustainable future in tropical dry forests. **Conservation Biology**, v.19, n.2, p.285-286, 2005.
- SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L.; FERREIRA, L. G. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.153-156, 2008.
- SCARIOT, A.; SEVILHA, A. C. **Biodiversidade, estrutura e conservação de Florestas Estacionais Deciduais no Cerrado**. In: Scariot, A.; Souza-Silva, J. C.; Felfili, J. M. (eds.). *Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005.
- SILVA, L. A.; SCARIOT, A. Composição florística e estrutura da comunidade arbórea em uma floresta estacional decidual em afloramento calcário (Fazenda São José, São Domingos, GO, bacia do rio Paranã). **Acta Botanica Brasilica**, v.17, n.2, p.305-313, 2003.
- SILVA JÚNIOR, M. C.; FELFILI, J. M.; NOGUEIRA, P. E.; REZENDE, A. V. **Análise florística das matas de galeria do Distrito Federal**. In: RIBEIRO, J. F. (ed.). *Cerrado: Matas de Galeria*. Planaltina: Embrapa Cerrados, 164p., 1998.
- SIMARD, M.; RIVERA-MONROY, V. H.; MANCERA-PINEDA, J. E.; CASTAÑEDA-MOYA, E.; TWILLEY, R. R. A systematic method for 3D mapping of mangrove forests based on Shuttle Radar Topography Mission elevation data, ICESat/GLAS waveforms and field data: Application to Ciénaga Grande de Santa Marta, Colômbia. **Remote Sensing of Environment**, v.112, p.2131-2144, 2008.
- TEILLET, P. M.; BARKER, J. L.; MARKHAM, B. L.; IRISH, R. R.; FEDOSEJEVS, G.; STOREY, J. C. Radiometric cross-calibration of the Landsat-7 ETM+ and Landsat-5 TM sensors based on tandem data sets. **Remote Sensing of Environment**, v.78, p.39-54, 2001.
- UNIVERSIDADE DE MARYLAND. **Catálogo de imagens Geocover**. Disponível em: <<http://glcf.umiacs.umd.edu/data/degree/>>. Acesso em: 05 jan. 2009.
- VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991.
- VICENTE-SERRANO, S. M.; PÉREZ-CABELLO, F.; LASANTA, T. Assessment of radiometric correction techniques in analyzing vegetation variability and change using time series of Landsat images. **Remote Sensing of Environment**, v.112, p.3916-3934, 2008.
- VIEIRA, D. M.; SCARIOT, A. Principles of natural regeneration of tropical dry forests for restoration. **Restoration Ecology**, v.14, n.1, p.11-20, 2006.

CAPITULO 2

Controles abióticos relacionados à ocorrência das Florestas Estacionais Deciduais no Vão do Paranã - GO

INTRODUÇÃO

As Florestas Estacionais ocorrem na região dos trópicos, principalmente na África, América Central e América do Sul, onde representam cerca de 22% das florestas tropicais originais (MURPHY e LUGO, 1986). Essas podem ser classificadas como semidecíduas e decíduas, dependendo das características fenológicas das espécies que a compõem (RIBEIRO e WALTER, 2008).

No Brasil, as Florestas Estacionais são encontradas em pelo menos três biomas distintos: Caatinga, Cerrado e, principalmente em sua forma semidecidual, Mata Atlântica. Para alguns autores essa fitofisionomia pode, ainda, ser considerada uma vegetação de transição entre esses três biomas, uma vez que possui afinidades florísticas com todos eles (FELFILI *et al.*, 2007a; ANDRADE-LIMA, 1981). Devido a esse fato, Sanchez-Azofeifa *et al.* (2005) descreveram essas florestas secas como um ecossistema particular e, corroborando essa idéia, Scariot e Sevilha (2005) afirmaram que essas reúnem uma associação de espécies que é única para cada região.

Nesse sentido, estudos recentes têm demonstrado a sua riqueza de espécies arbóreas (WERNECK *et al.*, 2000; SILVA e SCARIOT, 2003; KALASCSCA *et al.*, 2004; SALIS *et al.*, 2004; FELFILI e FAGG, 2007), sua elevada capacidade de regeneração natural (VIEIRA e SCARIOT, 2006; SAMPAIO *et al.*, 2007a, b) e a variabilidade de fauna associada (STONER, 2001; FAGUNDES *et al.*, 2005; NEVES *et al.*, 2010). Mas, apesar da existência de trabalhos sobre os fatores que estabelecem a presença de determinadas espécies em gradientes florestais (OLIVEIRA-FILHO *et al.*, 1998; MORENO e SCHIAVINI, 2001; ESPÍRITO-SANTO *et al.*, 2002) e outros relacionados especialmente com fatores climáticos (HOLDRIDGE, 1967; MURPHY e LUGO, 1986; PRADO e GIBBS, 1993; BORCHERT, 1994), não foram encontradas pesquisas que avaliassem de forma sistemática os controles abióticos que determinam o estabelecimento da FED na paisagem ao longo de sua área de ocorrência.

Com o propósito compreender a distribuição das FED na paisagem e determinar quais os controles abióticos relacionados à sua ocorrência no Vão do Paranã, Goiás, o presente trabalho tem como principal objetivo analisar qualitativa e sistematicamente os referidos controles por meio de análises integradas e analogia entre casos com base em dados primários e secundários.

MATERIAL E MÉTODOS

A avaliação dos fatores que influenciam e/ou determinam a ocorrência da FED na paisagem foi feita em duas etapas: a primeira diz respeito à contextualização dos controles abióticos na paisagem e sua relação com a presença de FED por meio de uma compartimentação geoambiental da paisagem; e a segunda teve como objetivo discutir cada um dos controles baseado em pontos de controle de campo e dados primários e secundários.

Para isso, tomou-se como estudo de caso a microrregião do Vão do Paranã, localizada entre as latitudes 13,3° S e 15,5° S e longitudes 45,5° W e 47,5° W, a nordeste do estado de Goiás, região central do Brasil. O Vão está inserido na bacia hidrográfica do rio Paranã, sub-bacia do rio Tocantins, e possui uma área de aproximadamente 17.000 km² composta por 12 municípios (IBGE, 2008).

Inicialmente foi verificada a área de abrangência atual da FED no Vão do Paranã a partir de um mosaico de imagens do sensor LANDSAT TM do ano de 2007, obtidas da página eletrônica do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE (2008) – Tabela 1 e pontos adquiridos em campanhas de campo ocorridas nos dias 20 e 21 de outubro de 2008, 30 de agosto a 02 de setembro e 01 a 03 de outubro de 2010, além de pontos disponibilizados pela Embrapa Recursos Genéticos (dados não publicados).

As cenas foram georreferenciadas com base em imagens *geocover* (NASA, 2008a), no sistema de projeção UTM (Zona 23 Sul) e referencial geodésico WGS 84, com erro quadrático médio inferior a 0,5 *pixels*. Como subsídio foram utilizadas imagens de alta resolução disponibilizadas pelo programa Google Earth® (SIMARD *et al.*, 2008; MONTESANO *et al.*, 2009).

Tabela 1 –Datas de passagem das cenas do LANDSAT TM da área de estudo.

Órbita/ Ponto	Data de Passagem
220/69	20/06/2007
220/70	20/06/2007
221/70	26/05/2007

A partir dos dados preliminares de localização da FED, o mapa de localização dos fragmentos de FED foi elaborado a partir de imagens do satélite LANDSAT ETM+ de 2001 (Tabela 2). Essa opção por uma análise multitemporal deve-se à

dificuldade de discriminação de determinadas fitofisionomias com imagens monotemporais (SANO *et al.*, 2008), principalmente em função da semelhança na resposta espectral em determinadas fases do ciclo hidrológico em vegetações que apresentam grande variação fenológica (RIBEIRO e WALTER, 2008), como observado entre a FED e outras fitofisionomias do bioma Cerrado.

Tabela 2 – Órbitas, pontos e datas de passagem das imagens multitemporais do satélite LANDSAT ETM+ da área de estudo.

Órbita/ Ponto	Datas de Passagem
220/69	24/04/2001 26/05/2001 27/06/2001 29/07/2001
220/70	24/04/2001 26/05/2001 27/06/2001 29/07/2001
221/70	02/04/2002(*) 02/06/2001 18/06/2001 20/07/2001

(*) a escolha dessa cena de 2002 foi decorrente da presença de mais de 10% de cobertura de nuvens nas imagens de abril de 2001.

As imagens originais, em valores digitais, foram convertidas para radiância no topo da atmosfera e, em seguida, para a reflectância na superfície terrestre. Dados de ganho e *offset* das seis bandas espectrais, ângulo de elevação solar, latitude e longitude do centro da imagem e horário de passagem do sensor foram obtidos do cabeçalho da imagem e da *internet* (NASA, 2008b). A correção atmosférica foi feita a partir do módulo FLAASH, o qual é baseado no pacote computacional de correção atmosférica denominada de MODTRAN-4 (BERK *et al.*, 1998) e disponível no ENVI 4.3 utilizando-se do modelo de atmosfera tropical, com visibilidade de 100 km, sem restauração de aerossol e modelo ISAACS de dispersão múltipla (HALTHORE *et al.*, 1998).

As bandas individuais de cada imagem foram processadas e somadas de modo que se obtivessem imagens multitemporais com o somatório da reflectância. Posteriormente, essas foram georreferenciadas e unidas de acordo com os mesmos

parâmetros cartográficos e metodológicos dos mosaicos descritos anteriormente para elaboração de um mosaico de reflectância acumulada referente aos meses de abril+maio+junho+julho.

Essa imagem somatório foi segmentada com parâmetros de área e similaridade iguais a 30, e os segmentos correspondentes à FED foram mapeados por análise visual em uma escala de visualização correspondente a 1:100.000. O padrão espectral da referida fitofisionomia foi determinado a partir de um conjunto de pontos de localização em campo disponibilizados pela Embrapa Recursos Genéticos (dados não publicados) e provenientes de campanhas de campo ocorridas nos dias 20 e 21 de outubro de 2008, 30 de agosto a 02 de setembro e 01 a 03 de outubro de 2010, em que foram visitados fragmentos remanescentes de FED ao longo de todo o Vão do Paranã. Esse mapa de 2001 foi atualizado a partir do mosaico do ano de 2007 elaborado anteriormente.

Como a vegetação pode ser considerada uma síntese do meio contribuindo para a delimitação de unidades homogêneas (BERTRAND, 1972; 2004), estudos de compartimentação da paisagem (CASTRO e SALOMÃO, 2000; SILVA *et al.*, 2007) podem subsidiar, por exemplo, o entendimento da distribuição e dinâmica de fitofisionomias endêmicas, como é o caso da FED no Vão do Paranã.

Dessa forma, foi elaborada a compartimentação geoambiental do Vão do Paranã utilizando-se mapas temáticos adquiridos na página eletrônica do Sistema Estadual de Estatística e de Informações Geográficas de Goiás – SIEG (2008) referentes à geologia, geomorfologia, solos e hidrografia (Figura 1). Além desses, foram utilizados dados topográficos do SRTM (NASA, 2008b) com resolução de 90 metros, de onde foram derivados os valores de declividade.

O mapa de solos foi refinado a partir dos dados de declividade e hipsometria e a rede hidrográfica foi revisada e intensificada a partir de análise visual do mosaico de imagens elaborado anteriormente.

A definição dos compartimentos geoambientais (CG) foi feita por meio de análise sistemática baseada na sobreposição cartográfica dos mapas temáticos e do mosaico de imagens. Os critérios para definição de cada CG foram as características ambientais predominantes e, de forma geral, procurou-se utilizar os divisores de água e a rede de drenagem como delimitadores (RIBEIRO e SALOMÃO, 2003).

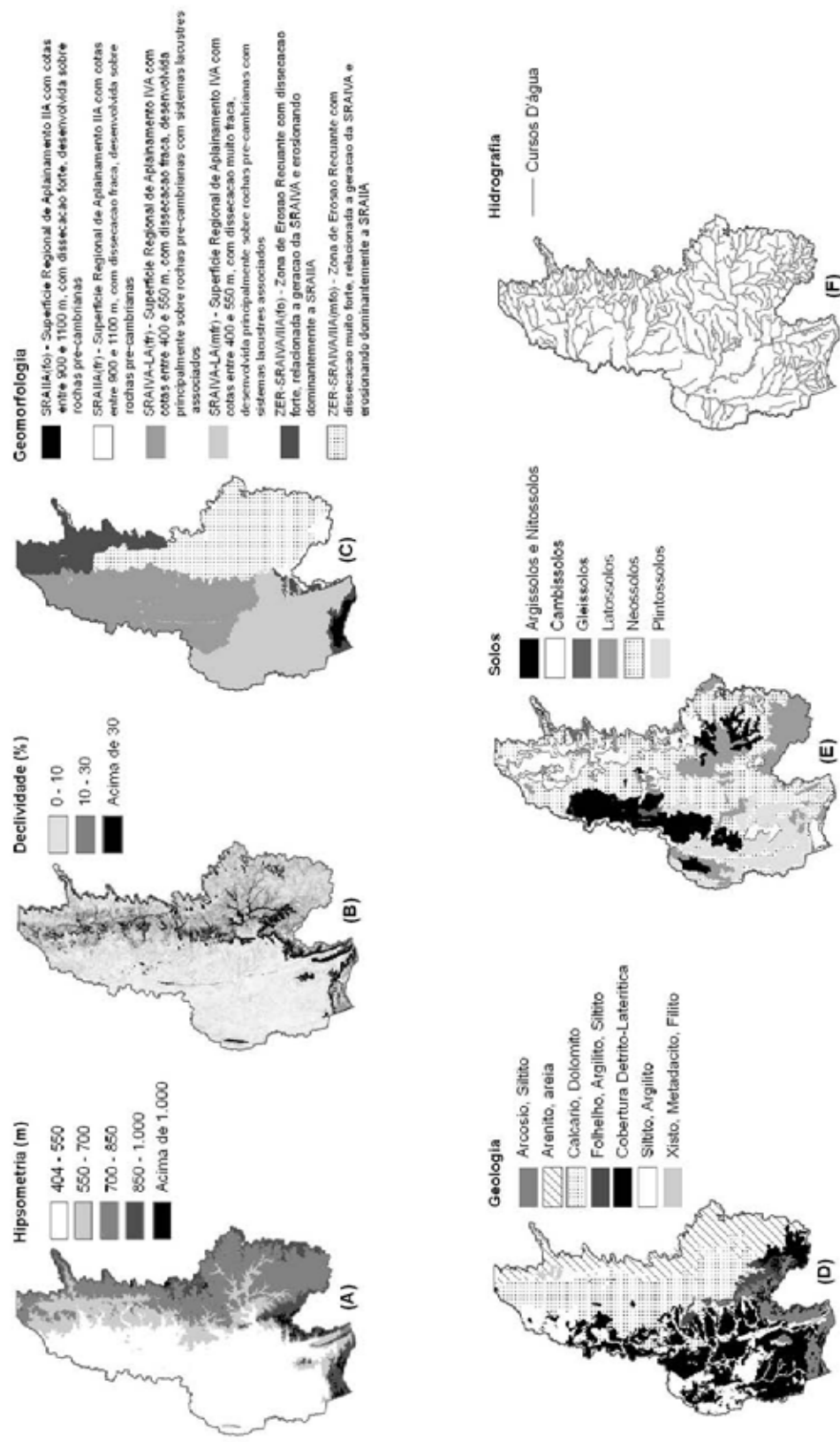


Figura 1 – Mapa hipsométrico (A), declividade (B), geomorfológico (C), geológico (D), pedológico (E) e hidrográfico (F)

Com base na compartimentação geoambiental e na distribuição da FED no Vão do Paranã, os controles abióticos considerados, por hipótese, mais significativos para a ocorrência da FED na paisagem foram analisados com maior detalhe, são eles: litologia, solos, clima, hipsometria e declividade.

Para essa análise, os dados primários referentes ao Vão do Paranã foram comparados e complementados com dados do Parque Estadual da Mata Seca (PEMS), localizado no município de Manga – MG, além de dados secundários relativos principalmente à pluviometria e demais aspectos climáticos e características dos solos provenientes dos estudos de Murphy e Lugo (1986), Borchert (1994), Ivanauskas e Rodrigues (2000), Werneck *et al.* (2000), Brun *et al.* (2001), Mikich e Silva (2001), Moreno e Schiavini (2001), König *et al.* (2002), Silva e Soares (2002), Silva e Scariot (2003), Rogalski e Zanin (2003), Andrade e Rodal (2004), Araújo *et al.* (2004), Cestaro e Soares (2004), Kalacska *et al.* (2004), Nascimento *et al.* (2004), Salis *et al.* (2004), Nunes *et al.* (2005), Sampaio (2006), Cunha (2010) - Figura 2.

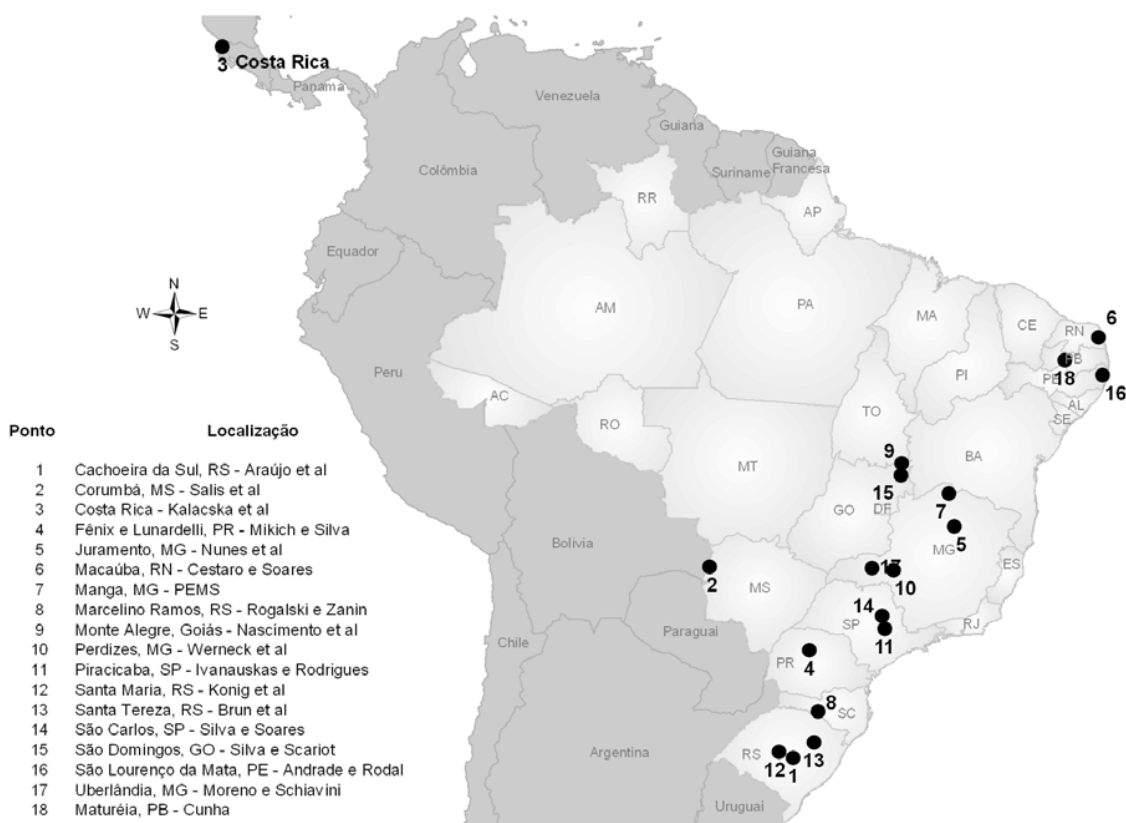


Figura 2 – Áreas analisadas.

Coletas de solos foram feitas no Vão do Paranã, em cinco fragmentos de FED em áreas planas e cinco sobre afloramentos rochosos, e no PEMS, em outros cinco fragmentos em áreas planas. Foram amostrados 2 pontos em cada fragmento, o primeiro a dez metros da borda do fragmento e o segundo a trinta metros do primeiro ponto. Em cada ponto foi retirada uma amostra composta por duas amostras deformadas a 20 cm de profundidade. Essas análises auxiliaram no entendimento do papel das características dos solos no estabelecimento da FED.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Compartimentação Geoambiental do Vão do Paranã

A avaliação dos condicionantes ambientais do Vão do Paranã confirmaram um acentuado controle geoambiental para a ocorrência de FED. A análise conjunta das características dos CG (Tabela 2) com o mapa de localização da FED mostrou que a sua distribuição ocorre exclusivamente nos CG II, III e VI, como mostra a Figura 3.

Nos CG I há presença de plintossolos em área inteiramente plana com a maioria do substrato composto por Cobertura Detrito-Laterítica, inexistindo FED. A região é constituída em grande parte por uma planície encharcada, denominada “Pantanal de Goiás” (FELFILI *et al.*, 2007a), claramente visualizada no mosaico de imagens de satélite.

O CG II é composto por áreas praticamente planas (com declividades inferiores a 6%), com subsolo formado por grande extensão de cobertura detrito-laterítica sob Argissolos na região oeste, sem a presença de FED, e calcário sob Neossolos Litólicos na região leste do compartimento, com presença marcante de FED.

O CG III apresenta relevo bastante movimentado, com declividades acima de 30% distribuídas uniformemente ao longo de todo o compartimento, e é inteiramente composto por substrato calcário coberto por FED. Nesse CG, a FED apresenta alto nível de degradação causada principalmente para abertura de pastagens, situação observada em campo e na análise visual do mosaico de imagens do ano de 2007.

Os CG IV e V apresentam alta densidade de drenagem com substrato formado por arenitos e altitude elevada (variando de 700 a 1000 metros) sem presença de FED. No CG VI existe a presença de Latossolos vermelhos sobre substrato calcário na região oeste, apresentando FED em fragmentos bastante

degradados, e arenitos sob Neossolos quartzarênicos na região leste, sem presença de FED. Os CG VII e VIII apresentam altas declividades e as maiores altitudes do Vão do Paranã (acima de 800 metros), com substrato composto essencialmente por siltitos sob latossolos e cambissolos, não sendo observada presença de FED.

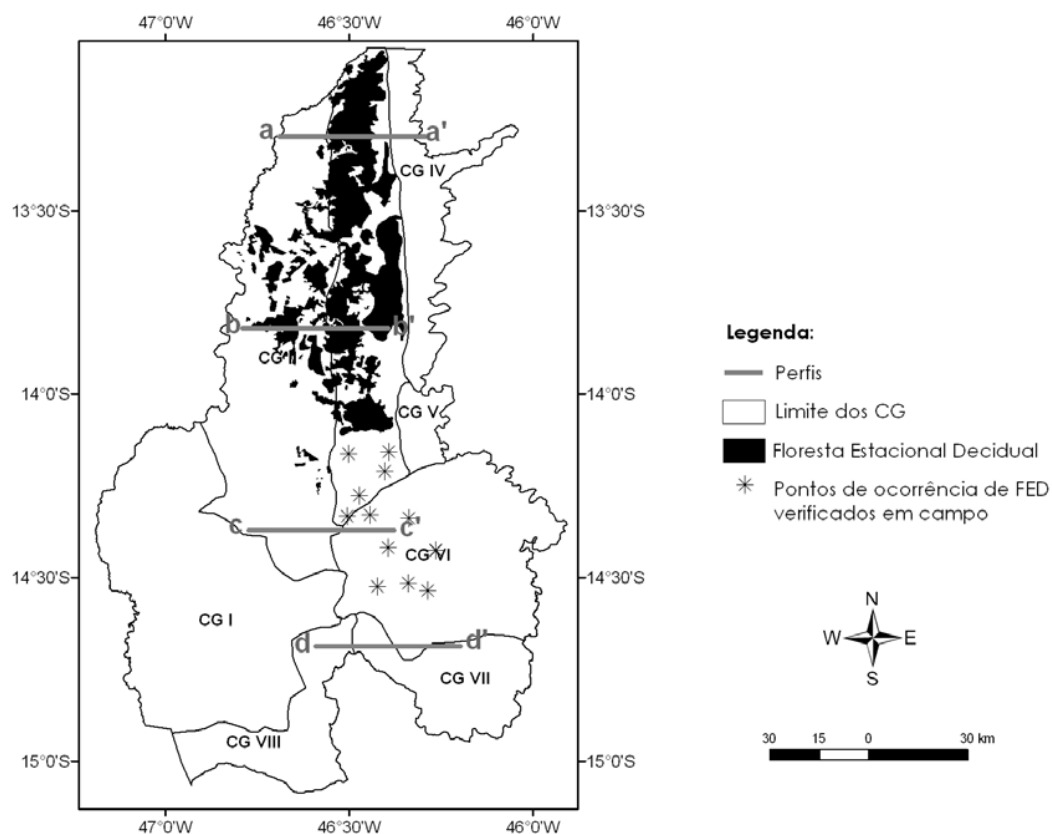


Figura 3 – Localização da FED e dos CG no Vão do Paranã, com indicação dos perfis topográficos.

Tabela 2 – Síntese das classes predominantes e parâmetros utilizados na definição dos CG

CG	HIPSOMETRIA	DECLIVIDADE	GEOMORFOLOGIA	LITOLOGIA	SOLOS	HIDROGRAFIA	SÍNTESE DOS CG
I	Entre 400 e 550m	Área bastante plana com declividades de 0 a 3%.	Inteiramente inserido na Superfície Regional de Aplainamento IVA com dissecação muito fraca, desenvolvida principalmente sobre rochas pre-cambrianas com sistemas lacustres associados	Siltito e Cobertura Detrito-Laterítica	Predomínio de Plintossolos. Presença de Neossolos Quartzarênicos na região nordeste do CG.	Presença de lagos e lagoas com escassa rede de drenagem	Área inteiramente plana, com cotas entre 400 e 550 metros e dissecação muito fraca desenvolvida sobre cobertura detrito-laterítica com predomínio de plintossolos e presença de áreas alagadas. Denominada de Pantanal de Goiás.
II	Entre 450 e 550m	Entre 0 e 3%	Inteiramente inserido na Superfície Regional de Aplainamento IVA com dissecação fraca, desenvolvida principalmente sobre rochas pre-cambrianas com sistemas lacustres associados	Predomínio de Cobertura Detrito Laterítica na região oeste e Calcário na região leste do CG	Argissolos e Nitossolos na região oeste e Neossolos litólicos na região leste	Médio e baixo curso dos rios	Área plana com dissecação fraca desenvolvida sobre Cobertura Detrito Laterítica na parte oeste, onde há o predomínio de Argissolos, e Calcário na parte leste, com predomínio de Neossolos litólicos. É composta pelo baixo curso dos rios em uma altitude que varia de 450 a 550 m.
III	Entre 550 e 800m	Relevo movimentado ao longo de todo o compartimento, com declividades entre 3 e 30%	Área de contato de três unidades geomorfológicas: Superfície Regional de Aplainamento IVA com dissecação fraca, Zona de Erosão Recuante com Erosão Recuante com dissecação muito forte.	Calcário	Cambissolos e Neossolos litólicos	Médio curso dos rios	Área de contato entre três unidades geomorfológicas, com relevo movimentado inteiramente com subsolo calcário sob cambissolos e neossolos litólicos, composto pelo médio curso dos rios.
IV	Entre 700 e 900m	Borda de chapada com relevo movimentado e declividades até 25%.	Inteiramente inserido na Zona de Erosão Recuante com dissecação forte, relacionada a geração da SRAIVA e erosionando predominantemente a SRAIIA	Arenito	Neossolos quartzarênicos e Cambissolos	Alto curso dos rios, intensa rede de drenagem	Zona de erosão recuante com dissecação forte e relevo movimentado formada por arenito sob Neossolos Quartzarênicos e Cambissolos. Localizado entre as cotas 700 e 900 metros, é composto pelo alto curso dos rios com uma intensa rede de drenagem onde localizam-se muitas nascentes.
V	Entre 800 e 900m	Predomínio de relevo ondulado com declividade entre 3 e 6 %	Inteiramente inserida na Zona de Erosão Recuante com dissecação muito forte, relacionada a geração da SRAIVA e erosionando	Arenito	Cambissolos	Alto curso dos rios	Pequena área plana com cotas entre 800 e 900 metros formada por arenito sob cambissolos. É composta pelo alto curso dos rios

			dominantemente a SRAIIA	Predomínio de Arenito na região leste e de Calcário na região oeste	Neossolos quartzarênicos e Cambissolos na região leste e Latossolos Vermelhos e Argissolos na região oeste	Alto e médio curso dos rios	Zona de erosão recuante com dissecção muito forte e declividades entre 3 e 25%. Formado por arenito, sob Neossolos Quartzarênicos, e Calcário sob Latossolos Vermelhos. Localizado entre as cotas 600 e 850 metros.
			Inserida predominantemente na Zona de Erosao Recuante com dissecacao muito forte, relacionada a geracao da SRAIVA e erosionando dominantemente a SRAIIA, com parte da região sul inserida na Superficie Regional de Aplainamento IIA com dissecacao fraca, desenvolvida sobre rochas pre-cambrianas	Presença de quatro unidades litológicas formadas por Cobertura Detrito Laterítica, Folhelho, siltito e arenito.	Predomínio de Latossolos	Densa rede de drenagem formada pelo alto curso dos rios	Latossolos sobre Cobertura Detrito Laterítica, Folhelho, siltito e arenito com predomínio de declividades entre 0 e 6%. Presença de densa rede de drenagem formada pelas nascentes dos rios.
			Área de contato entre 3 unidades geomorfológicas: Superficie Regional de Aplainamento IIA com dissecacao forte, Zona de Erosao Recuante com dissecacao forte, relacionada a geracao da SRAIVA e erosionando dominantemente a SRAIIA e Superficie Regional de Aplainamento IVA com dissecacao muito fraca.	Siltito	Neossolos litólicos e Cambissolos	Alto curso dos rios	Área de contato entre 3 unidades geomorfológicas, com declividades que atingem 45% e cotas acima de 900 metros. Formado por Siltito sob Neossolos litólicos, é composto pelo alto curso dos rios.

A compartimentação da paisagem do Vão do Paraná quando associada à presença de FED indicou acentuado controle litológico, como ilustram perfis topográficos com direção Oeste-Leste (Figura 4), indicados na Figura 3.

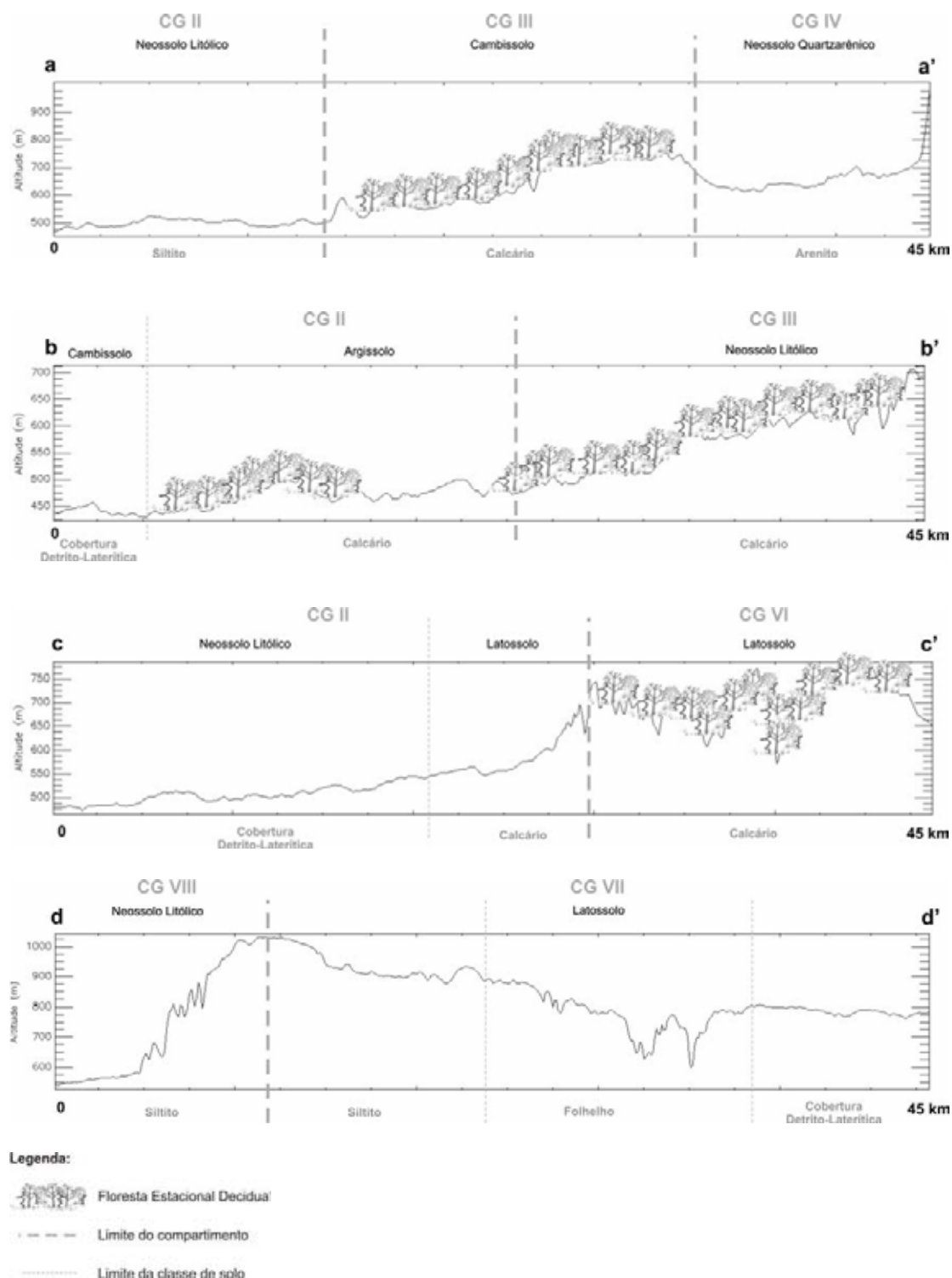


Figura 4 – Perfis topográficos a-a', b-b', c-c' e d-d'.

Quando avaliados em escala regional, os perfis indicam a presença de FED restrita às áreas com substrato rochoso formado por calcário, localizados nos compartimentos II, III e IV, em diferentes classes de solos.

Controles Abióticos da FED

A análise individual dos controles abióticos por meio de comparações entre ocorrências, produtos cartográficos e análises de campo levaram às relações descritas a seguir.

Clima

No que diz respeito aos controles climáticos, especialmente precipitação, Murphy e Lugo (1986) fizeram uma análise detalhada, concluindo que o total pluviométrico (superior a 100mm/ano) e a sazonalidade climática (duas estações bem marcadas) são essenciais para o estabelecimento das FED. Os autores compararam 18 casos ao longo de toda a área de abrangência dessas florestas ao redor do mundo e definiram como principais parâmetros para o seu estabelecimento chuva média anual entre 600 e 1800mm, distribuídas entre 4 e 9 meses por ano.

No Vão do Paranã a precipitação média anual é de 1.190 mm (ANA, 2008), e os valores médios anuais em áreas de FED analisadas no Brasil variaram entre 993,6mm em Perdizes, Minas Gerais (WERNECK *et al.*, 2000), e 1.760mm em Santa Maria, Rio Grande do Sul (KONIG *et al.*, 2002).

Além dos valores balizadores de chuva, Murphy e Lugo (1986) afirmaram que as FED ocorrem em temperaturas superiores a 17°C. Mas estudos no Brasil mostram que essas podem ocorrer em temperaturas mais baixas, como ocorre em regiões do Rio Grande do Sul, onde essa chega a -3°C (BRUN *et al.*, 2001; ARAÚJO *et al.*, 2004), situação denominada pelos autores de “seca fisiológica” (VELOSO *et al.*, 1991). Nesses casos, a sazonalidade climática ocorre em função da queda de temperatura por um período prolongado (inverno), mas a precipitação é bem distribuída ao longo de todo o ano (KONIG *et al.*, 2002).

Dessa forma, em todas as áreas analisadas foi observado que a sazonalidade climática é essencial e essa apresenta-se não somente pela sazonalidade pluviométrica, mas também de temperatura (seca fisiológica). Sem esse stress climático seria possível que outra vegetação se estabelecesse em locais que hoje encontram-se FED.

Declividade

No que diz respeito à declividade, o Vão do Paranã é um exemplo claro de que esse não é um controle essencial para o estabelecimento das FED na escala da paisagem, uma vez que existem fragmentos em áreas muito planas (de 0 a 3%) até áreas acima de 30% de declividade (sobre afloramentos rochosos).

Apesar disso, Oliveira-Filho *et al.* (1998) mostraram diferenças na composição de espécies em gradientes de FED no que diz respeito aos aspectos topográficos e edáficos, afirmando que esses controles estão diretamente relacionados com a biomassa da floresta, uma vez que a declividade pode influenciar na dinâmica hídrica do solo e, conseqüentemente, na presença de espécies mais adaptadas a *stress* hídricos.

Assim, as áreas mais declivosas possuem menor biomassa ao longo do ano do que as áreas planas, que, em teoria, tem maior disponibilidade de água no solo (Figura 5). Em estudo na Costa Rica, Borchert (1994) avaliou a umidade do solo em um transecto de FED, concluindo que as diferenças na quantidade de água no solo influenciam diretamente na deciduidade dos indivíduos (<umidade, >deciduidade).



Figura 5 – Perfil esquemático ilustrando a relação entre declividade e biomassa da FED na época seca (baseado em observações de campo, Oliveira-Filho *et al.* (1998) e Moreno e Schiavini (2001)).

Classes de solos

Em trabalho sobre as florestas secas da América do Sul, Prado e Gibbs (1993) mostraram que a sua atual distribuição pode estar relacionada com a retração de extensas áreas contínuas que, após terem atingido sua extensão máxima durante o final da última glaciação do Pleistoceno, se instalaram em regiões onde as condições principalmente climáticas e edáficas eram favoráveis, como é o caso do Vão do Paranã.

Nessa região, a presença de FED está associada essencialmente aos Argissolos e Nitossolos, e Neossolos e Cambissolos (SIEG, 2008), mas esse fato não é um padrão para a ocorrência das FED, uma vez que inúmeros trabalhos indicam sua presença em diversas classes de solos, como afirmaram Scariot e Sevilha (2005).

Silva e Soares (2002), por exemplo, citam a presença de FED sobre Latossolos Vermelhos distróficos típicos em São Carlos - SP, assim como Moreno e Schiavini (2001), que coletaram e analisaram solos em fragmentos de FED na Estação Ecológica de Panga, Uberlândia-MG, encontrando Latossolos Vermelhos e Vermelho-Amarelos. Apesar dos Latossolos serem profundos e bastante lixiviados, quando formados a partir de rochas carbonáticas ou basalto conseguem manter quantidade de bases suficiente para manter uma floresta de grande porte como a FED.

Estudos mostram, ainda, a presença de FED sobre Planossolos, Vertissolos e Chernossolos (SALIS *et al.*, 2004; Araújo *et al.*, 2004), corroborando a ausência de um padrão para esse controle.

Características dos solos/ Necessidades Nutricionais das plantas

Os resultados das análises dos solos (anexo 1) mostrou que o eutrofismo é um fator evidente. Praticamente todas as amostras avaliadas apresentam altos valores de saturação de bases, que chegam a 98% nas áreas de afloramento. Das 15 áreas analisadas (5 em áreas planas e 5 em áreas de afloramentos no Vão do Paranã, além de 5 em áreas planas do PEMS), apenas uma apresentou porcentagem de saturação de bases inferior a 50%, mas ainda assim com valores altos (média de 44,5%), fato relacionado a solos mais espessos em áreas planas (amostras PP5A e PP5B), em que a rocha apresenta-se mais profunda.

Quando comparados a valores de referência para solos típicos do Cerrado definidos por Sousa e Lobato (2004), os pontos de coleta de solos em fragmentos de FED no Rio Grande do Norte (CESTARO e SOARES, 2004) e Minas Gerais (MORENO e SCHIAVINI, 2001) apresentaram ampla disponibilidade de bases trocáveis do complexo sortivo e disponibilidade praticamente nula de alumínio. Os resultados dos solos coletados no Vão do Paranã e no PEMS corroboram esses dados (Tabela 3). Além disso, todos os fragmentos coletados apresentam pH em água bastante básico, com valor médio de 6,1.

Tabela 3 – Valores médios das análises químicas de 15 fragmentos localizados no Vão do Paranã e no PEMS.

Macronutrientes, pH e matéria orgânica	Área		
	PEMS Áreas Planas	Vão Áreas Planas	Vão Afloramentos
pH em água	6,0	5,8	6,5
Matéria orgânica (dag/kg)	1,9	3,6	8,2
Capacidade de troca catiônica - CTC a pH 7,0 (cmol _c /dm ³)	11,62	12,54	23,29
Cálcio – Ca (cmol _c /dm ³)	6,5	6,1	18,5
Magnésio – Mg (cmol _c /dm ³)	2,1	1,8	1,4
Relação Cálcio/Magnésio	3,71	3,41	13,23
Potássio – K (mg/dm ³)	121,4	172,3	244,6
Fósforo – P (mg/dm ³)	2,1	1,1	8,1
Alumínio – Al (cmol _c /dm ³)	0,0	0,1	0,0

No que diz respeito à quantidade de matéria orgânica, nas áreas planas tanto do Vão do Paranã quanto do PEMS, que possuem solos com textura média, os valores são considerados médios a ótimos. Já nas áreas de afloramentos os valores são muito altos, fato justificado pela acentuada deciduidade das espécies adaptadas a essas condições (até 90% - RIBEIRO e WALTER, 2008), fazendo com que haja grande quantidade de serrapilheira. Essa deciduidade acentuada influencia diretamente na redução da transpiração dos indivíduos arbóreos e na evaporação da água existente no ambiente, além da contribuição na formação de húmus (contribuindo para o incremento de matéria orgânica), o que, conseqüentemente, aumenta a umidade do solo.

A grande quantidade de matéria orgânica nas áreas de afloramentos faz com que a capacidade de troca catiônica (CTC) seja muito maior que a do restante das áreas. A CTC está diretamente relacionada com a manutenção dos cátions Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^{+} na camada superficial do solo fazendo com que quanto maior a CTC do solo menores sejam as perdas dos referidos cátions por lixiviação. De acordo com Sousa e Lobato (2004), os valores de CTC apresentados são altos para todas as áreas, independente da textura dos solos.

No que diz respeito à quantidade de Cálcio encontrado, de acordo com os valores de referência de Sousa e Lobato (2004), os fragmentos localizados nas áreas planas apresentam valores considerados médios e as áreas de afloramentos altos, o que era esperado, uma vez que as rochas calcárias estão aflorando e em contato direto com o solo (que é bastante raso). Já a quantidade de magnésio é

considerada média em todas as áreas do Vão e alta no PEMS. Dessa forma, a relação Cálcio/Magnésio mostrou-se adequada nas áreas planas, mas com desequilíbrio nos afloramentos, que possuem teor de Cálcio muito maior que o de Magnésio. Apesar da quantidade mínima de magnésio ($0,5 \text{ cmol}_e/\text{dm}^3$) estar presente, segundo Sousa e Lobato (2004) a relação ideal está no intervalo de 1:1 até o máximo de 10:1.

O Potássio (K) regula a abertura e fechamento de estômatos por meio de alterações da turgidez das células induzidas por uma bomba de potássio na parede celular. Como os estômatos são importantes na regulação da perda de água pelas plantas, o potássio ajuda a diminuir essa perda, aumentando a tolerância da planta a secas (MALAVOLTA, 2006). Os dados da tabela 3 mostram altos valores de K nas áreas de estudo, principalmente nas áreas de afloramento rochosos, o que contribui para a sobrevivência das espécies nos períodos desfavoráveis (seca intensa).

O Fósforo (P) é importante para os processos energéticos das plantas, sendo essencial para o crescimento vegetal, floração e formação de sementes. Nas áreas localizadas sobre terrenos planos (tanto no Vão do Paranã quanto no PEMS), a quantidade de fósforo apresentou-se muito baixa e para as áreas de afloramentos os valores são considerados baixos, corroborando os dados encontrados por Cestaro e Soares (2004) e Moreno e Schiavini (2001).

Em trabalho de mapeamento da distribuição potencial das FED em terrenos planos (FEDTP) com o objetivo de propor áreas prioritárias para a sua restauração no Vão do Paranã, Sampaio (2006) avaliou, entre outras, as propriedades químicas dos solos (pH em água, pH em KCl, matéria orgânica, alumínio, N, Ca, Mg, P e K, além de H^+Al) com base em 277 pontos amostrais (em fragmentos e áreas já antropizadas), concluindo que, em função da grande variabilidade das condições edáficas, apenas a variável pH em KCl explicou a sua presença. Apesar disso, os resultados das análises do presente estudo mostram que os altos valores de pH em água (em consequência dos altos valores de Cálcio), Potássio e principalmente ausência de Alumínio são essenciais para o estabelecimento das FED na paisagem.

Dessa forma, o eutrofismo, a alta CTC e a presença de potássio nos solos são essenciais para a manutenção das FED na paisagem.

Litologia

A partir da análise da compartimentação geoambiental em conjunto com a localização da FED, pode-se observar que a litologia é um fator importante para o estabelecimento dessas florestas no Vão do Paranã, onde todos os pontos verificados em campo encontram-se sobre rochas calcárias do Grupo Bambuí (BRASIL, 1982), corroborando trabalhos de Ivanauskas e Rodrigues (2000), em São Paulo, e Salis *et al.* (2004), no Mato Grosso do Sul.

A forma de ocorrência de rochas carbonáticas no Vão do Paranã influencia diretamente na forma de distribuição da FED (Figura 6), uma vez que na região centro-norte, onde as camadas são contínuas, há extensos fragmentos sobre afloramentos (Figura 7 a), o que não ocorre na região sudeste do Vão, onde as lentes apresentam-se pequenas, como observado em campo (Figura 7 b).

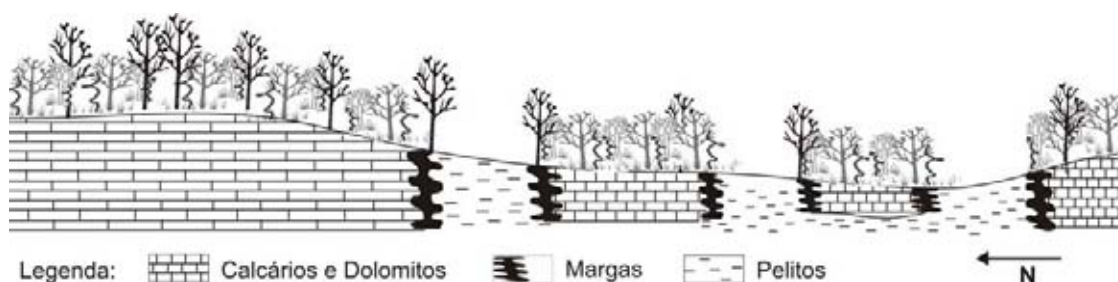


Figura 6 – Desenho esquemático da forma de ocorrência das rochas carbonáticas no Vão do Paranã com a presença de FED.

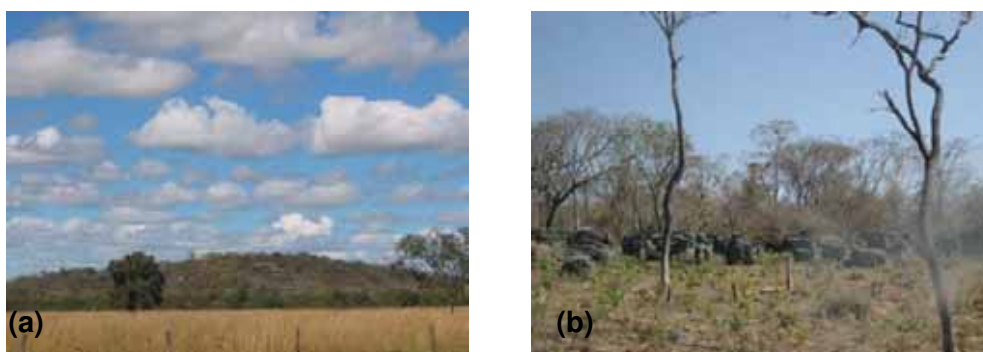


Figura 7 – Camadas contínuas (a) e lentes (b) de rochas carbonáticas no Vão do Paranã. Fotos: Potira Hermuche.

Mas além das rochas carbonáticas, Werneck *et al.* (2000) e König *et al.* (2002) citam a presença de FED sobre derramamentos basálticos em Minas Gerais e no

Rio Grande do Sul. Esse controle litológico, de rochas essencialmente carbonáticas e de basalto, leva à conclusão de que a presença de rochas predominantemente básicas possibilitam o estabelecimento da FED, devido à formação de solos férteis que suportam uma vegetação de grande porte.

Hipsometria

No Vão do Paranã foi observada presença de FED em áreas que variam entre 400 e 800 metros de altitude. Cestaro e Soares (2004) encontraram FED em altitudes de 40 metros em relação ao nível do mar, próximas ao litoral do Rio Grande do Norte, König *et al.* (2002) trabalharam com fragmento no interior do Rio Grande do Sul a 90 metros de altitude e Dias *et al.* (2002) citam a presença de FED a 925 metros de altitude em Lavras, Minas Gerais. As maiores altitudes encontradas foram próximas de 1000 metros em São Desidério, oeste da Bahia (NASA, 2008), mas autores como Veloso *et al.* (1991) e Espírito-Santo *et al.* (2008) citam o limite de até 2000 metros para ocorrência dessas florestas (chamadas, nesses casos, de Florestas Estacionais Deciduais Montanas).

Os exemplos indicam que as FED ocorrem dentro de um grande intervalo hipsométrico (de 40 até 2000 m), concluindo-se que, a princípio, a altitude não é um fator determinante para a sua presença. Estudos mais aprofundados podem considerar os microclimas (temperatura e precipitação) nas cotas mais elevadas como fatores de impedimento ao estabelecimento das FED, proporcionando a presença, por exemplo, de campos de altitudes (FERRI, 1980).

Os pontos 1, 12 e 14 indicados na Figura 2 não possuem substrato composto por rochas carbonáticas ou basalto, mas sim litologia sedimentar. Dessa forma, quando os dados litológicos são analisados juntamente com os hipsométricos, pode-se observar a presença dessas rochas em áreas próximas, em cotas superiores às dos pontos, fazendo-se supor que o substrato sedimentar é composto, também, pelo carreamento dos minerais das rochas localizadas em topografia mais alta (como exemplificado na Figura 8), influenciando as características do solo, como citam Cestaro e Soares (2004) em trabalho no município de Macaúba, RN. Nesse contexto, a hipsometria pode influenciar a presença de FED apenas quando associada à litologia.

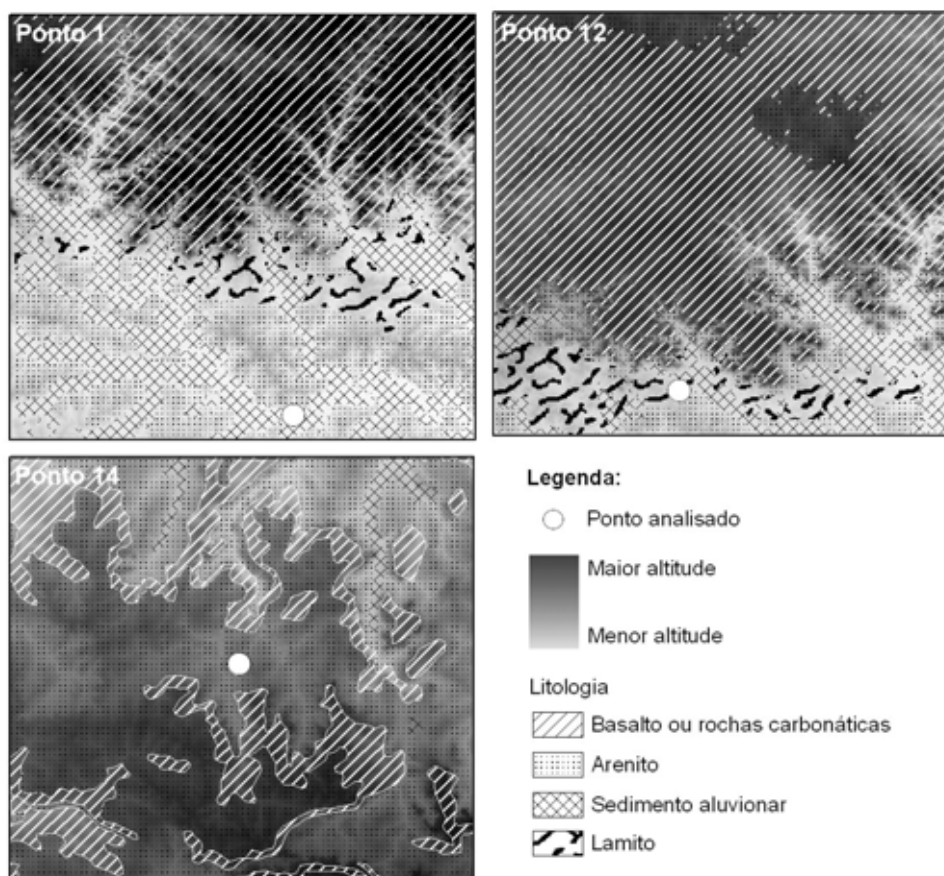


Figura 8 – Exemplo da relação entre hipsometria, litologia e FED na paisagem.

Dinâmica hídrica do solo e subsolo

Diante do exposto, a dinâmica hídrica do solo deve ser analisada com bastante atenção, uma vez que, considerando que as FED se localizam sobre inúmeras classes de solo, sob diferentes regimes pluviométricos e de temperatura, em amplos intervalos de declividade e hipsometria, a disponibilidade de água no solo torna-se um fator essencial, pois define o *stress* hídrico na vegetação (MURPHY e LUGO, 1986; CUNHA, 2010).

Mesmo a dinâmica hídrica sendo distinta nas várias classes de solos, o importante é que a água não fique retida ao longo de todo o ciclo hidrológico. Dessa forma, a água que chega ao solo deve ter uma rápida infiltração ou até mesmo uma infiltração deficiente com rápido escoamento superficial, proporcionando um período longo de *stress* hídrico.

Dessa forma, a variação hídrica no perfil solo-rocha é um fator primordial, responsável pela disponibilidade de água subterrânea para as raízes das plantas.

Com o rápido e amplo rebaixamento do nível do lençol freático, há *stress* hídrico, fato comum em calcário em função da grande permeabilidade dessas rochas, podendo ocorrer também em basaltos e outras rochas com alta permeabilidade ou fraturamento acentuado.

Dado o exposto, propõem-se inicialmente um agrupamento dos controles principais responsáveis pelo estabelecimento da FED, são eles: eutrofismo dos solos, a litologia, a sazonalidade pedoclimática e a disponibilidade hídrica do perfil solo-rocha.

É importante ressaltar que os parâmetros avaliados em geral ocorrem em associação ou em consequência de outro e, a esse respeito, devem ser consideradas as observações a seguir.

- A ampla variação do nível freático explica o *stress* hídrico em período prolongado, definindo o estabelecimento de espécies adaptadas a essa condição. Sem este controle possivelmente se desenvolveria uma floresta perene ou, no caso de indisponibilidade hídrica constante, a caatinga, por exemplo. Nas áreas de rochas carbonáticas (calcários, dolomitos, margas, mármore) pela carstificação, é fácil ocorrer variações anuais de até 15 metros do nível da água subterrânea (enquanto sobre as demais rochas as variações são, em geral, de 2 a 4 metros por ano). No caso da ocorrência de FED sobre outros substratos rochosos, possivelmente deve-se ao fato do nível poder variar muito em casos excepcionais, por exemplo, basaltos intensamente fraturados em que o fluxo seja similar a aquíferos fissuro-cársticos.
- O eutrofismo dos solos é essencial para que haja nutrientes suficientes para o desenvolvimento de uma floresta de grande porte, como a FED, além de proporcionar a recomposição da biomassa quando a disponibilidade hídrica ou de temperatura é restabelecida. Além disso, a alta CTC e a presença de potássio são essenciais para a manutenção da floresta;
- Como observado, as FED se estabelecem em diversas classes de solo, sob diferentes regimes pluviométricos e de temperatura, em amplos intervalos de declividade e hipsometria, mas a sazonalidade climática é um fator primordial, seja pela temperatura (seca fisiológica) ou pela pluviometria, uma vez que

define o *stress* na vegetação proporcionando adaptações como a deciduidade acentuada no período desfavorável (muito seco ou muito frio);

- A litologia define os controles relacionados ao eutrofismo e dinâmica hídrica dos solos, uma vez que as variações no lençol freático de vários metros apenas são observadas em rochas carbonáticas ou com alta densidade de fraturas, além da disponibilidade de nutrientes que também é controlada pelo substrato rochoso. Mas, como exemplificado anteriormente, os solos eutróficos ou o substrato sedimentar podem ser formados pelo carreamento dos sedimentos ricos em nutrientes localizados em cotas mais altas, por exemplo;
- Há presença de FED em diversas classes de solos, sendo que o que pode variar no que diz respeito a fatores pedológicos é a dinâmica hídrica e o eutrofismo para que ocorram as FED na paisagem. Por exemplo, solos muito argilosos, com baixa capacidade de drenagem da água, como os Gleissolos, impossibilitam a presença de FED.
- Com exceção de áreas com pluviosidade inferior a 100 mm/ano (regiões áridas), o total pluviométrico não é relevante para o estabelecimento das FED, uma vez que a sazonalidade da chuva que pode influenciar e determinar a sua presença.
- A declividade também não imprime controle essencial sobre a presença das FED na paisagem, como demonstrado pelos exemplos citados anteriormente, mas sim na composição de espécies em função da umidade dos solos em áreas planas ou mais declivosas.

Dessa forma, como uma primeira tentativa de hierarquização dos controles geoambientais responsáveis pelo estabelecimento das FED na paisagem, com base principalmente em dados qualitativos, propõe-se: variação hídrica do perfil solo-rocha > eutrofismo dos solos > sazonalidade climática > litologia > total pluviométrico > classes de solos > hipsometria > declividade.

CONCLUSÕES

A compartimentação geoambiental forneceu subsídios à análise em escala regional dos controles geoambientais da paisagem associados com a presença de FED. A metodologia e escala adotadas indicaram forte relação entre a litologia

(rochas carbonáticas) e o estabelecimento da FED, tanto em áreas planas como sobre afloramentos rochosos.

No entanto, a análise qualitativa dos controles abióticos relacionados a pontos de controle de FED em campo, tomando como estudos de caso o Vão do Paranã e outras áreas estudadas no Brasil e América Central, indicou quatro principais controles responsáveis pelo estabelecimento dessa fitofisionomia, são eles: eutrofismo dos solos, a litologia, a sazonalidade pedoclimática (seja ela pluviométrica ou de temperatura) e a disponibilidade hídrica do perfil solo-rocha.

O restante dos controles analisados (hipsometria, declividade e total pluviométrico) também são importantes para o estabelecimento da FED na paisagem, mas principalmente quando associados aos demais, como é o caso da hipsometria e declividade.

Apesar da necessidade de todos os parâmetros ocorrerem em associação, nota-se que a disponibilidade hídrica do perfil solo-rocha é essencial para o estabelecimento da FED na paisagem, mas estudos mais aprofundados a esse respeito devem ser desenvolvidos, principalmente relacionados ao monitoramento de poços profundos para avaliação do intervalo do nível do lençol freático nas áreas de FED.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA. Agência Nacional de Águas. 2008. **Hidroweb – Sistema de Informações Hidrológicas**. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb>. Acesso em: 10 out. 2008.

ANDRADE, K. V.S.A.; RODAL, M.J.N. Fisionomia e estrutura de um remanescente de floresta estacional semidecidual de terras baixas no nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, V.27, n.3, p.463-474, jul.-set. 2004

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

ARAUJO, M. M.; LONGHI, S. J.; BRENA, D. A.; BARROS, P. L. C.; FRANCO, S. Análise de agrupamento da vegetação de um fragmento de floresta estacional decidual aluvial, Cachoeira do Sul, RS, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 1, p. 133-147, 2004

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: Esboço metodológico. **Revista RA' E GA**, Editora UFPR: Curitiba, n. 8, p. 141-152, 2004.

BERTRAND, G. *Paysage et géographie physique globale, Esquisse methodologique*. Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest, Toulouse, 39 (3), 249-272,

1968. Tradução: O. Cruz. Publicado no **Caderno de Ciências da Terra**, V.13, 1-27, Instituto de Geografia da USP. 1972.

BORCHERT, R. Soil and Stem Water Storage Determine Phenology and Distribution of Tropical Dry Forest Trees. **Ecology**, Vol. 75, No. 5, pp. 1437-1449. 1994.

BRUN, E.J.; SCHUMACHER, M.V.; VACCARO, S.; SPATHELF, P. Relação entre a produção de serrapilheira e variáveis meteorológicas em três fases sucessionais de uma floresta estacional decidual no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.9, n.2, p.277-285. 2001.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Secretaria Geral. **Projeto RADAMBRASIL**. Folha SD. 23 Brasília; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1982, 660p., 5 mapas (Levantamento de Recursos Naturais, 29).

CASTRO, S.S.; SALOMÃO, F.X.T. Compartimentação Morfopedológica e suas aplicações: considerações metodológicas. **Revista GEOUSP** N° 7, p.29-35, Campinas, São Paulo. 2000.

CESTARO, L.A.; SOARES, J.J. Variações florística e estrutural e relações fitogeográficas de um fragmento de floresta decídua no Rio Grande do Norte, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v.18, n.2, p.203-218. 2004.

CUNHA, M. C. L. **Comunidades de Árvore e o ambiente na Floresta Estacional Semidecidual Montana do Pico do Jabre, PB**. Tese de Doutorado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Florestal. 284p., 2010.

ESPÍRITO-SANTO, F. D. B.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; MACHADO, E. L. M.; SOUZA, J. S.; FONTES, M. A. L. MARQUES, J. J. G. S. M. Variáveis ambientais e a distribuição de espécies arbóreas em um remanescente de floresta estacional semidecídua montana no campus da Universidade Federal de Lavras, MG. **Acta botanica brasilica**, Vol. 16, n. 3, p. 331-356, 2002

ESPÍRITO-SANTO, M. M. ; FAGUNDES, M. ; SEVILHA, A. C. ; SCARIOT, A. O. ; SANCHEZ-AZOFEIFA, G. A. ; NORONHA, S. E. ; FERNANDES, G. W. . Florestas estacionais deciduais brasileiras: distribuição e estado de conservação. **MG-Biota**, v. 1, p. 5-13, 2008.

FAGUNDES, M.; NEVES, F. S.; FERNANDES, G. W. Direct and indirect interactions involving ants, insects herbivores, parasitoids, and the host plant *Baccharis dracunculifolia* (Asteraceae). **Ecological Entomology**, Inglaterra, v.30, p. 28-35, 2005.

FELFILI, J.M.; CARVALHO, F.A.; FAGG, C.W. **Recuperação de matas secas e vegetações associadas no Vale do Paranã, Goiás**. Brasília: Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, 32p. 2007a

FELFILI, J.M; FAGG, C.W. Floristic composition, diversity and structure of the Cerrado sensu stricto on rocky soils in northern Goiás and southern Tocantins, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.30, n.3, p.375-385. 2007.

FERRI, M. G. **Vegetação Brasileira**. Editora da Universidade de São Paulo: São Paulo. 157p. 1980.

HARIDASAN, M.; ARAÚJO, G.M. Perfil nutricional de espécies lenhosas de duas florestas semidecíduas em Uberlândia, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, V.28, n.2, p.295-303, abr.-jun. 2005

HOLDRIDGE, L. R. **Life Zone-Ecology**. Tropical Science Center, San Jose, Costa Rica. 206 pp. 1967.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geociências: Divisão Regional**. Disponível em : http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/default_div_int.shtm?c=1. Acesso em: 08 de outubro de 2008.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Catálogo de imagens Landsat**. Disponível em : <<http://www.dgi.inpe.br>>. Acesso em: 20 out. 2008.

IVANAUSKAS, N.M.; RODRIGUES, R.R. Florística e fitossociologia de remanescentes de floresta estacional decidual em Piracicaba, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.23, n.3, p.291-304. 2000.

KALACSKA, M.; SANCHEZ-AZOFEIFA, G.A.; CALVO-ALVARADO, J.C.; QUESADA, M.; RIVARD, B.; JANZEN, D.H. Species composition, similarity and diversity in three successional stages of a seasonally dry tropical forest. **Forest Ecology and Management**, v.200, p.227–247. 2004.

KILCA, R. V.; SCHIAVINI, I.; ARAÚJO, G. M.; FAGG, J. M. F. Diferenças edáficas e estruturais entre duas florestas estacionais no bioma Cerrado. **Neotropical Biology and Conservation**, Vol. 4, n. 3, p. 150-163, september-december 2009

KÖNIG, F.G.; SCHUMACHER, M.V.; BRUN, E.J.; SELING, I. Avaliação da sazonalidade da produção de serrapilheira numa Floresta Estacional Decidual no município de Santa Maria-RS. **Revista Árvore**, Viçosa, v.26, n.4, p.429-435. 2002.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 638 p, 2006.

MIKICH, S.B.; SILVA, S.M. Composição florística e fenologia das espécies zoocóricas de remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual no centro-oeste do Paraná, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Porto Alegre, 15 (1): 89-113. 2001.

MONTESANO, P.M.; NELSON, R.; SUN, G.; MARGOLIS, H.; KERBER, A.; RANSON, K.J. MODIS tree cover validation for the circumpolar taiga–tundra transition zone. **Remote Sensing of Environment**, 113 (2009) 2130–2141.

MORENO, M. I. C.; SCHIAVINI, I. Relação entre vegetação e solo em um gradiente florestal na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia (MG). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, V.24, n.4 (suplemento), p.537-544, dez. 2001

MURPHY, P.G.; LUGO, A.E. Ecology of tropical dry forest. **Annual Review of Ecology and Systematics**. vol.17, p.67-88. 1986.

NASA. National Aeronautics and Space Administration. **Imagens Geocover**. Disponível em : <http://www.landcover.org/research/portal/geocover/>. Acesso em: 15 de outubro de 2008 a

NASA. National Aeronautics and Space Administration. **SRTM – Shuttle Radar Topography Mission**. Disponível em: <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/costaric.htm>. Acesso em: 12 de outubro de 2008b.

NASCIMENTO, A. R. T.; FELFILI, J. M.; MEIRELLES, E. M. Florística e estrutura da comunidade arbórea de um remanescente de Floresta Estacional de encosta, Monte Alegre, Goiás, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v.18, n.3, p.659-669, 2004.

NEVES, F. S.; ARAÚJO, L.S.; ESPÍRITO-SANTO, M.M.; FAGUNDES, M.; FERNANDES, G. W.; SANCHEZ-AZOFEIFA, G. A; QUESADA, M. Canopy Herbivory and Insect Herbivore Diversity in a Dry Forest-Savana Transition in Brazil. **Biotropica** (Lawrence, KS), v. 42, p. 112-118, 2010.

NUNES, Y. R. F.; FAGUNDES, M.; SANTOS, R. M.; DOMINGUES, E. B. S.; ALMEIDA, H. S.; GONZAGA, A. P. D. Atividades fenológicas de *Guazuma ulmifolia* Lam. (Malvaceae) em uma floresta estacional decidual no norte de Minas Gerais. **Lundiana**, Vol. 6, n. 2, p. 99-105, 2005

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; CURI, N.; VILELA, E. A.; CARVALHO, D. A. Effects of canopy gaps, topography and soils on the distribution of woody species in a central Brazilian deciduous dry forest. **Biotropica**, v. 30, n. 3, p. 362-375, 1998.

PRADO, D.E; GIBBS, P.E. Patterns of species distributions in the dry seasonal forests of South-America. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v.80, n.4, p.902-927. 1993.

RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. **As principais fitofisionomias do bioma Cerrado**. In: Sano, S.M.; Almeida, S.P; Ribeiro, J.F. *Cerrado: Ecologia e Flora*. Planaltina: Embrapa Cerrados; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, Volume 1. 2 v. (1279 p.): il. 2008.

RIBEIRO, J. C.; SALOMÃO, F. X. T. Abordagem morfopedológica aplicada ao diagnóstico e prevenção de processos erosivos na bacia hidrográfica do alto rio da Casca, MT. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 22, n. 1, p. 83-95, 2003.

ROGALSKI, J. M.; ZANIN, E.M. Composição florística de epífitos vasculares no estreito de Augusto César, Floresta Estacional Decidual do Rio Uruguai, RS, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, V.26, n.4, p.551-556, out.-dez. 2003

SALIS, S.M.; SILVA, M.P.; MATTOS, P. P.; SILVA, J.S.V.; POTT, V.J.; POTT, A. Fitossociologia de remanescentes de floresta estacional decidual em Corumbá, Estado do Mato Grosso do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.27, n.4, p.671-684. 2004.

SAMPAIO, A. B. **Restauração de Florestas Estacionais Deciduais de terrenos planos no norte do Vão do rio Paranã**. Tese de Doutorado em Ecologia – Universidade de Brasília – UnB, Brasília. 122p. 2006.

SAMPAIO, A. B.; SCARIOT, A.; HOLL, K. Regeneration of Seasonal Deciduous Forest Tree Species in Long-Used Pastures in Central Brazil. **Biotropica**, v. 39, p. 655-659. 2007a.

SAMPAIO, A. B. ; SCARIOT, A. ; HOLL, K. . Does restoration enhance regeneration of seasonal deciduous forests in pastures in central Brazil?. **Restoration Ecology**. v. 15, p. 462-471, 2007b.

SANCHEZ-AZOFEIFA, G.A.; KALACSKA, M.; QUESADA, M.; CALVO-ALVARADO, J.C.; NASSAR, J.M.; RODRIGUEZ, J.P. Need for integrated research for a sustainable future in Tropical Dry Forests. **Conservation Biology**, v.19, n. 2. p. 285-286. 2005.

SCARIOT, A., SEVILHA, A. C. **Biodiversidade, estrutura e conservação de Florestas Estacionais Deciduais no Cerrado**. In: Scariot, A., Souza-Silva, J. C., e Felfili, J. M. (Eds.). *Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação*. Brasília, Ministério do Meio Ambiente. 2005.

SIEG. Sistema Estadual de Estatística e de Informações Geográficas de Goiás. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento de Goiás. **Mapas temáticos do Estado de Goiás**. Disponível em: <http://www.sieg.go.gov.br/>. Acesso em: 22 de setembro de 2008.

SILVA, A.; ASSINE, M.L.; ZANI, H.; SOUZA FILHO, E.E.; ARAÚJO, B.C. Compartimentação Geomorfológica do Rio Paraguai Na Borda Norte do Pantanal Mato-Grossense, Região de Cáceres – MT. **Revista Brasileira de Cartografia**. no. 59, V. 01, Abril, 2007.

SILVA, L.A.; SCARIOT, A. Composição florística e estrutura da comunidade arbórea em uma floresta estacional decidual em afloramento calcário (Fazenda São José, São Domingos, GO, bacia do rio Paranã). **Acta Botânica Brasilica**, v.17, n.2, p.305-313. 2003.

SILVA, L. A.; SOARES, J.J. Composição florística de um fragmento de floresta estacional semidecídua no município de São Carlos-SP. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.27, n.5, p.647-656, 2003.

SIMARD, M.; RIVERA-MONROY, V.H.; MANCERA-PINEDA, J.E.; CASTAÑEDA-MOYA, E.; TWILLEY, R.R. A systematic method for 3D mapping of mangrove forests based on Shuttle Radar Topography Mission elevation data, ICESat/GLAS waveforms and field data: Application to Ciénaga Grande de Santa Marta, Colômbia. **Remote Sensing of Environment** 112, 2131–2144, 2008.

STONER, K. E. Differential habitat use and reproductive patterns of frugivorous and nectarivorous bats in tropical dry forest of northwestern Costa Rica. **Candian Journal of Zoology**. 79:1626-1633. 2001.

VELOSO, H.P.; RANGEL FILHO, A.L.R.; LIMA, J.C.A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 124p. 1991.

VIEIRA, D.M.; SCARIOT, A. Principles of natural regeneration of tropical dry forests for restoration. **Restoration Ecology**, v.14, n.1, p.11–20, 2006.

WERNECK, M.S; FRANCESCHINELLI, E.V.; TAMEIRÃO-NETO, E. Mudanças na florística e estrutura de uma floresta decídua durante um período de quatro anos (1994-1998) na região do Triângulo Mineiro, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.23, n.4, p.401-413. 2000.

CAPITULO 3

**Estado atual e tendência de uso e ocupação dos fragmentos remanescentes
da Floresta Estacional Decidual do Vão do Paraná.**

INTRODUÇÃO

As Florestas Estacionais Deciduais (FED) são originalmente fragmentadas (PRADO e GIBBS, 1993) e encontram-se sobre solos desenvolvidos de rochas básicas de alta fertilidade e clima sazonal com duas estações bem definidas, uma seca e uma chuvosa (MURPHY e LUGO, 1986), como ocorre no Vão do Paranã, região nordeste de Goiás (SCARIOT e SEVILHA, 2005; FELFILI *et al.*, 2007). Essa fragmentação natural da paisagem das FED tem sido intensificada por processos antrópicos, influenciando fortemente a dinâmica ecológica da flora e da fauna, principalmente por meio da alteração na conectividade entre os fragmentos (LINDENMAYER e FISCHER, 2006), que está diretamente relacionada à capacidade da paisagem em facilitar o fluxo biológico entre os *habitats*, como demonstrado nos trabalhos de Uezu *et al.* (2005) e Martensen *et al.* (2008).

No Vão do Paranã, a fragmentação da paisagem ocorre principalmente em decorrência da abertura de novas áreas de pastagem (SILVA e SCARIOT, 2003), principal atividade econômica da região (IBGE, 2005; ESPÍRITO-SANTO *et al.*, 2009). Essa conversão faz com que a referida fitofisionomia seja considerada em perigo (SANCHEZ-AZOFEIFA *et al.*, 2005), com conversão para uso antrópico de aproximadamente 2.000 ha.ano⁻¹ (ANDAHUR, 2001). Pennington *et al.* (2004) abordaram as consequências dessa devastação, concluindo que, devido ao grande impacto sofrido pelas FED, “é difícil imaginar as espécies expandindo sua área, fazendo com que as migrações sejam impossíveis devido à falta de *habitats* em uma paisagem antropogênica”.

Nesse contexto, é necessário que se conheça os fragmentos remanescentes de FED como subsídio às ações de conservação do que resta dessa fitofisionomia na paisagem. O presente trabalho pretende verificar o estado atual de fragmentação da paisagem do Vão do Paranã e avaliar a tendência de uso e ocupação dos mesmos com o objetivo de verificar se o uso do solo na região está alterando o funcionamento da FED na paisagem.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo corresponde à microrregião do Vão do Paranã, localizada entre as coordenadas 13,3° e 15,5° de latitude sul e entre 45,5° e 47,5° de longitude

oeste. O Vão do Paranã está totalmente inserido na bacia hidrográfica do rio Paranã, sub-bacia do rio Tocantins, possui uma área de aproximadamente 17.000 km² e engloba 12 municípios (IBGE, 2008). A altitude da área varia entre 400 m e 1.000 m (NASA, 2008a) e, em termos geológicos, predominam as rochas calcárias do Grupo Bambuí (BRASIL, 1982), com uma precipitação média anual de 1.190 mm (ANA, 2008).

A primeira avaliação desse trabalho diz respeito à análise da alteração da paisagem no Vão do Paranã, considerando-se dois cenários distintos: as coberturas vegetais dos anos de 1978 e 2007. Essa análise fornece subsídios para o entendimento da dinâmica de ocupação da região em um período de 30 anos, verificando o grau de fragmentação sofrido pela paisagem ao longo desse período. Para isso, foram aplicadas métricas de quantificação da estrutura da paisagem (McGARIGAL e MARKS, 1995; METZGER, 2001), baseadas em mapas de uso e cobertura vegetal.

O mapa de 1978 foi elaborado a partir de imagens com resolução espacial de 80 metros provenientes do sensor MSS do LANDSAT, e o mapa de 2007 foi elaborado a partir de imagens do sensor LANDSAT TM com resolução espacial de 30 metros, todas disponibilizadas gratuitamente pelo INPE (2008) (Tabela 1).

Tabela 1 – Órbitas, pontos e datas de passagem das imagens do satélite LANDSAT dos anos de 1978 e 2007.

Sistema sensor do LANDSAT	Órbita/ Ponto	Data de Passagem
MSS	236/69	03/10/1978
MSS	236/70	03/10/1978
MSS	237/70	04/10/1978
TM	220/69	20/06/2007
TM	220/70	20/06/2007
TM	221/70	26/05/2007

As cenas foram georreferenciadas com base em imagens *geocover*, no sistema de projeção UTM (Zona 23 Sul) e referencial geodésico WGS 84, com erro quadrático médio inferior a 0,5 *pixels*. As imagens de cada ano foram unidas para a elaboração dos mosaicos, posteriormente segmentados no programa SPRING 5.0 com valores de similaridade e área iguais a 30. Os segmentos foram classificados

pelo método do ISOSEG e convertidos para o formato *tif* (*tagged image file format*) para posterior reclassificação visual na tela do monitor.

A comparação entre os cenários foi baseada em métricas da paisagem processadas no programa FRAGSTATS 3.3 relacionadas principalmente com fragmentação e cobertura vegetal. As métricas analisadas estão no nível da classe, isto é, fazem referência ao conjunto dos fragmentos florestais e foram baseadas nos seguintes parâmetros (McGARIGAL e MARKS, 1995):

a) Área: Estão relacionadas à composição da paisagem e são muito úteis para estudos ecológicos, uma vez que a riqueza e abundância de certas espécies dependem das dimensões dos fragmentos existentes. Há evidência considerável, por exemplo, de que a riqueza das espécies de pássaros está mais fortemente relacionada com o tamanho das áreas de fragmento do que com a sua forma (ROBBINS *et al.*, 1989). A métrica de área utilizada aqui é a “área da classe” (CA), apresentada em hectares, e aponta para a perda do *habitat*.

b) Densidade, tamanho e variabilidade dos fragmentos: As informações dessa categoria são importantes por caracterizarem elementos da fragmentação florestal (número de fragmentos, tamanho médio, densidade, variação etc). No presente estudo, foram avaliados o número de fragmentos (NP), que é um dos indicadores básicos do grau de fragmentação da paisagem, e o tamanho médio do fragmento (MPS), que indica que quanto menor é o tamanho médio dos fragmentos, maior a fragmentação.

c) Borda: Vários fenômenos ecológicos podem ser analisados pela quantidade total de borda, caracterizada pelo “efeito de borda”, que resulta em diferentes intensidades de vento e iluminação solar, produzindo microclimas e taxas de distúrbio (McGARIGAL e MARKS, 1995). Foram avaliadas a quantidade linear total de borda (TE) e a densidade da borda (ED), que revela o tamanho médio de borda por área (hectares, por exemplo).

Para a entrada dos dados no FRAGSTATS, os mapas de uso e cobertura vegetal dos anos de 1978 e 2007 foram convertidos para o formato GRID no programa ArcGIS 9.3 (pixel = 30 metros).

Após a verificação da alteração da paisagem no período de 30 anos, foi elaborado um mapa de localização dos fragmentos de FED com o objetivo de avaliar o que restou dessa fitofisionomia, seu contexto atual e a sua tendência de ocupação. Esse mapa foi elaborado a partir de imagens do satélite LANDSAT ETM+ de 2001 (Tabela 2). Embora ainda esteja em operação, optou-se por não utilizar dados do sensor TM da mesma família do LANDSAT devido ao fato de possível descalibração dos valores de ganho e *offset* do LANDSAT TM (VICENTE-SERRANO *et al.*, 2008) que, principalmente em séries temporais, pode interferir nos resultados.

A opção pela análise multitemporal deveu-se à grande dificuldade de discriminação de determinadas fitofisionomias com imagens monotemporais (SANO *et al.*, 2008), principalmente em função da semelhança na resposta espectral em determinadas fases do ciclo hidrológico em vegetações que apresentam grande variação fenológica (RIBEIRO e WALTER, 2008), como observado entre a FED e outras fitofisionomias do bioma Cerrado.

Tabela 2 – Órbitas, pontos e datas de passagem das imagens multitemporais do satélite LANDSAT ETM+ da área de estudo.

Órbita/ Ponto	Datas de Passagem
220/69	24/04/2001 26/05/2001 27/06/2001 29/07/2001
220/70	24/04/2001 26/05/2001 27/06/2001 29/07/2001
221/70	02/04/2002(*) 02/06/2001 18/06/2001 20/07/2001

(*) a escolha dessa cena de 2002 foi decorrente da presença de mais de 10% de cobertura de nuvens nas imagens de abril de 2001.

As imagens originais, em valores digitais, foram convertidas para radiância no topo da atmosfera e, em seguida, para a reflectância na superfície terrestre. Dados de ganho e *offset* das seis bandas espectrais, ângulo de elevação solar, latitude e longitude do centro da imagem e horário de passagem do sensor foram obtidos do

cabeçalho da imagem e da *internet* (NASA, 2008b). A correção atmosférica foi feita a partir do módulo FLAASH, o qual é baseado no pacote computacional de correção atmosférica denominada de MODTRAN-4 (BERK *et al.*, 1998) e disponível no ENVI 4.3 utilizando-se do modelo de atmosfera tropical, com visibilidade de 100 km, sem restauração de aerossol e modelo ISAACS de dispersão múltipla (HALTHORE *et al.*, 1998).

As bandas individuais de cada imagem foram processadas e somadas de modo que se obtivessem imagens multitemporais com o somatório da reflectância. Posteriormente, essas foram georreferenciadas e unidas de acordo com os mesmos parâmetros cartográficos e metodológicos dos mosaicos descritos anteriormente para elaboração de um mosaico de reflectância acumulada referente aos meses de abril+maio+junho+julho.

Essa imagem somatório foi segmentada com parâmetros de área e similaridade iguais a 30, e os segmentos correspondentes à FED foram mapeados por análise visual em uma escala de visualização correspondente a 1:100.000. O padrão espectral da referida fitofisionomia foi determinado a partir de um conjunto de pontos de localização em campo disponibilizados pela Embrapa Recursos Genéticos (dados não publicados) e provenientes de campanhas de campo ocorridas nos dias 20 e 21 de outubro de 2008, 30 de agosto a 02 de setembro e 01 a 03 de outubro de 2010, em que foram visitados fragmentos remanescentes de FED ao longo de todo o Vão do Paranã. Esse mapa de 2001 foi atualizado a partir do mosaico do ano de 2007 elaborado anteriormente.

O estado atual dos fragmentos de FED remanescentes na paisagem foi analisado de acordo com o tamanho dos fragmentos (< 100 ha, 100-300 ha, 300-600 ha, 600-1000 ha, >1.000 ha) dentro de dois grupos formados pelo seguinte gradiente edáfico: Neossolos e Cambissolos; e Argissolos e Nitossolos. O mapa de solos na escala 1:250.000 (SIEG, 2008) foi refinado a partir do cruzamento com dados topográficos e de declividade provenientes do SRTM (NASA, 2008a).

A identificação da tendência desses fragmentos remanescentes serem ocupados foi definida por meio de metodologia proposta por Hermuche *et al.* (2009), que utilizou dados ambientais (solos e declividade) e socioeconômicos e de infraestrutura (rodovias, localidades e uso do solo) para determinação de intervalos de tendência ao uso e ocupação do solo no Vão do Paranã. Os mapas de rodovias, solos e localidades foram adquiridos da página eletrônica do Sistema Estadual de

Estatística e de Informações Geográficas de Goiás – SIEG, em escala 1:250.000, o mapa de declividade foi derivado de dados hipsométricos do SRTM, e o mapa de uso do solo do ano de 2007 foi elaborado anteriormente. Os mapas temáticos foram processados, resultando em mapas de distância normalizados (valores entre 0 e 1) em formato *raster*, de acordo com os passos metodológicos descritos na Figura 1.

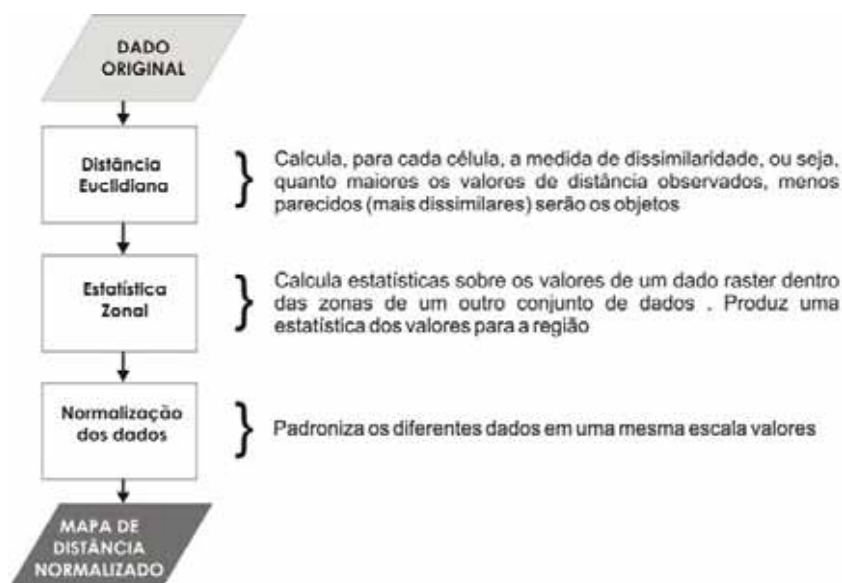


Figura 1 – Fluxograma de elaboração dos mapas de distância normalizados.

Com base nos mapas normalizados, assumiu-se como valor 0 a hipótese de tendência nula e como valor 1 a hipótese de tendência máxima de uso do solo em cada condicionante, como descrito a seguir:

- **Rodovias:** As áreas limítrofes às rodovias receberam valor 1, diminuindo gradativamente ao se afastar até o valor 0;
- **Localidades:** Para as áreas limítrofes às regiões urbanizadas foi atribuído valor 1, diminuindo gradativamente ao se afastar das localidades até o valor 0;
- **Declividade:** De acordo com a Resolução nº 10 do CONAMA e assumindo que a legislação é efetivamente cumprida, foi considerado valor igual a 1 para as declividades inferiores a 30% e valor igual a 0 para as superiores a 30%.
- **Uso do solo:** Para as áreas limítrofes às áreas antropizadas (pastagem, agricultura e áreas urbanas) foi atribuído valor 1, diminuindo gradativamente ao se afastar até o valor 0;

- Solos: Levando-se em conta a aptidão do solo para uso agrícola e pastagem, foi atribuído, para as classes dos Argissolos, Nitossolos, Gleissolos e Latossolos, o valor 1; e para as classes de Afloramentos Rochosos, Cambissolos, Neossolos e Plintossolos, valor 0.

O mapa de tendência foi elaborado a partir da média dos mapas normalizados (soma e posterior divisão pelo número de condicionantes utilizados). Suas classes foram definidas de acordo com a análise do histograma de frequência dos dados em intervalos iguais denominados de tendência “muito baixa” (valores de 0 a 0,2), “baixa” (0,2 a 0,4), “média” (0,4 a 0,6), “alta” (0,6 a 0,8) e “muito alta” (0,8 a 1).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Métricas da paisagem

A avaliação de métricas da paisagem nos dois cenários propostos (anos de 1978 e 2007) indicou uma perda de aproximadamente 800.000 hectares (46,5%) de vegetação nativa (incluindo todas as fitofisionomias) no Vão do Paranã no intervalo de 30 anos (Tabela 3).

Tabela 3 – Métricas da paisagem nos cenários de 1978 e 2007.

Métrica	1978	2007
Área da classe (CA) - hectares	1.485.495	691.568
Número de fragmentos (NP)	2	69.316
Tamanho médio do fragmento (MPS) - hectares	742.747	9,9
Quantidade linear total de borda (TE) - metros	2.373.880	134.175.494
Densidade da borda (ED) - metros/hectares	1,4	77,4

De acordo com os dados da Tabela 3, no ano de 1978, a vegetação nativa apresentava-se praticamente toda conectada, com apenas dois grandes fragmentos, inexistindo descontinuidade. Já em 2007, existiam na paisagem 69.316 fragmentos de todas as fitofisionomias encontradas no Vão do Paranã. Em consequência desse fato, em 2007 a grande massa de vegetação nativa (com aproximadamente 1.500.000 hectares) existente em 1978 passou a ter fragmentos com tamanho médio de aproximadamente 10 hectares.

A alteração ocorrida em relação à borda dos fragmentos é notória e é comprovada pelo valor de borda total, que em 1978 era de 2.373 km, enquanto em 2007 esse valor passou a ser 134.175 km devido à grande quantidade de fragmentos, como ilustra a Figura 2. Dessa forma, a densidade de borda passou de 1,4 para 77,4 metros/hectare.

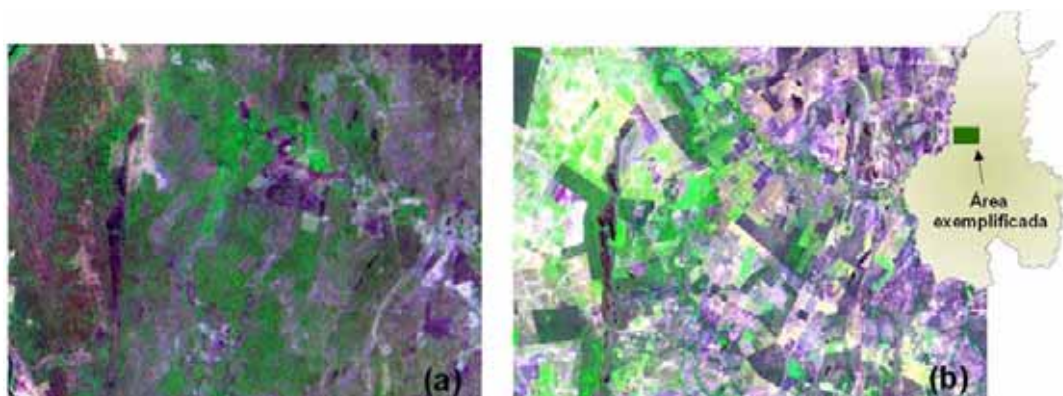


Figura 2 – Exemplo de uso e cobertura vegetal da mesma área nos anos de 1978 (a) e 2007 (b).

Os resultados da análise das métricas da paisagem indicaram que nos últimos 30 anos o Vão do Paranã teve uma intensa conversão de áreas naturais para áreas antropizadas. Apesar dessa ocupação humana ter iniciado no séc. XIX (BARREIRA, 2002), pode-se supor que as áreas de pastagem nativa (Campo Limpo) eram utilizadas para essa finalidade, sem alteração de cobertura.

Essa rápida conversão em uma área tão extensa como o Vão do Paranã implica em alterações ecológicas no que diz respeito à conectividade entre os fragmentos de vegetação, influenciando no fluxo de animais, fluxo gênico da flora, capacidade de regeneração de áreas etc (METZGER, 2000; VIEIRA *et al.*, 2009).

Contextualização dos fragmentos remanescentes

O mapa de localização atual indicou que existem aproximadamente 190.000 hectares de FED no Vão do Paranã distribuídos ao longo de praticamente toda a região de remanescentes de vegetação nativa. A análise da frequência desses fragmentos baseada em grupos edáficos (Tabela 4) mostrou que, apesar de apenas 29,8% dos fragmentos localizarem-se sobre Cambissolos e Neossolos, em termos de área esses representam 80,9% de área total, significando que existem grandes

fragmentos com extensas áreas contínuas essencialmente em relevo movimentado com altas declividades e afloramentos rochosos.

Os demais fragmentos, cerca de 70,2%, encontram-se sobre os Argissolos e Nitossolos, sendo a maioria deles menores que 300 hectares e ocupando apenas 17,1% da área total. Esse fato é resultado de intensas atividades antrópicas, que ocupam principalmente as áreas planas sobre os Argissolos e Nitossolos, essencialmente por meio de pastagens, concluindo-se que esse grupo edáfico é mais suscetível à degradação no Vão do Paranã, resultando em uma maior fragmentação dos ambientes naturais, uma vez que esses são solos mais adequados para atividades agropastoris.

Tabela 4 – Frequência do tamanho dos fragmentos por grupos edáficos (Grupo 1 = Cambissolos e Neossolos; Grupo 2 = Argissolos e Nitossolos). NTF = número total de fragmentos; NF = número de fragmentos.

Tamanho (ha)	Área Total (ha)	NTF	%	GRUPO 1			Grupo 2		
				NF	Área (ha)	%	NF	Área (ha)	%
< 100	695	14	29,8	5	193	0,13	9	502	1,38
100 – 300	2.237	11	23,4	1	130	0,09	10	2.106	5,81
300 – 600	1.276	3	6,4	1	531	0,35	2	745	2,05
600 – 1000	6.941	9	19,1	3	2.062	1,34	6	4.879	13,45
> 1000	178.539	10	21,3	4	150.493	98,10	6	28.045	77,31
TOTAL	189.690	47	100,0	14	153.411	100,00	33	36.279	100,0
Porcentagem em relação ao total				29,8	80,9	-	70,2	19,1	-

Tendência atual de ocupação dos fragmentos remanescentes de FED

No que diz respeito à tendência atual de ocupação dos fragmentos remanescentes de FED (Figura 3, Tabela 5) baseada em fatores ambientais, socioeconômicos e de infraestrutura, observou-se que 83% dos fragmentos remanescentes estão localizados em área de baixa e muito baixa tendência ao uso e ocupação, principalmente devido às características geoambientais das áreas que ocupam (afloramentos rochosos e alta declividade).

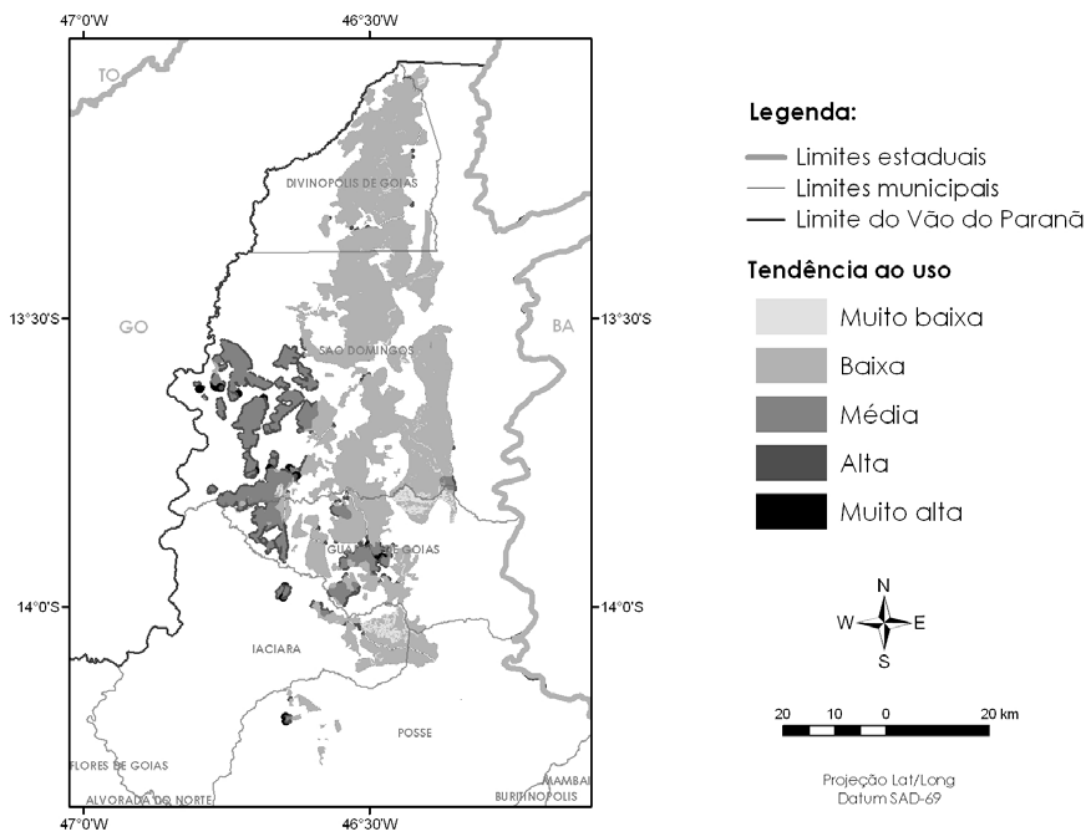


Figura 3 – Mapa de tendência de uso e ocupação nos fragmentos de FED remanescentes no Vão do Paranã.

Tabela 5 – Tendência de uso dos fragmentos remanescentes de FED do Vão do Paranã.

Tendência	Área (ha)	%
Muito baixa	6.613	3,51
Baixa	149.641	79,47
Média	30.743	16,33
Alta	1.277	0,68
Muito alta	15	0,01

Apesar de situarem-se em áreas de afloramentos, esses fragmentos sofrem com intensa coleta seletiva de madeira e presença constante de gado, comprometendo sua integridade e influenciando na sua riqueza de espécies e capacidade de regeneração natural (Figura 4).



Figura 4 – Fragmentos que sofrem com intensa coleta seletiva.

Com base na análise de alteração de cobertura no intervalo de 30 anos, pode-se supor que atualmente a maioria dos fragmentos encontram-se em áreas de baixa e muito baixa tendência devido ao fato do restante dos fragmentos, que ocupavam áreas planas e apropriadas para a instalação de pastagens, já terem sido convertidos principalmente em pastagens cultivadas, como verificado em campo.

Do restante dos fragmentos, aproximadamente 16,3% estão localizados em área de média tendência, e menos de 1% em áreas de alta e muito alta tendência. Essas áreas, segundo a análise dos condicionantes geoambientais, são compostas por relevo bastante plano e solos aptos para abertura de pastagens, sendo que as áreas de alta e muito alta tendência localizam-se especialmente nas bordas dos fragmentos, onde as pastagens são limítrofes (Figura 5).



Figura 5 – Fragmentos limítrofes com pastagens.

CONCLUSÕES

A avaliação do uso e cobertura da terra entre os anos de 1997 e 2007 indicou que a principal alteração ocorrida foi relativa à substituição de áreas de vegetação natural por pastagens, chegando à conversão de quase 50% do total da área original de vegetação nativa.

A análise da frequência dos fragmentos de FED baseada em grupos edáficos indicou pequeno número de fragmentos em extensas áreas de Cambissolos e Neossolos, principalmente sobre relevo movimentado com altas declividades e afloramentos rochosos, em oposição ao grande número de fragmentos menores que 300 ha sobre Argissolos e Nitossolos em áreas essencialmente planas, concluindo-se que a fragmentação da paisagem da FED foi mais intensa nas áreas mais aptas para instalação de pastagens.

No que diz respeito à tendência atual de ocupação dos fragmentos remanescentes, devido ao fato da maioria deles ocupar áreas inapropriadas para atividades antrópicas, menos de 1% foi classificado com alta tendência de uso e ocupação (essencialmente as bordas de fragmentos limítrofes a pastagens e fragmentos remanescentes em áreas planas sem afloramento rochoso). Apesar disso, a coleta seletiva em áreas de afloramento pode comprometer a existência de algumas espécies (as mais demandadas) no Vão do Paranã, comprometendo, também, a fauna associada. Estudos específicos sobre as espécies mais retiradas podem ser elaborados com o objetivo de propor estratégias de conservação dos fragmentos remanescentes.

De acordo com os resultados encontrados, pode-se afirmar que o uso e ocupação do solo no Vão do Paranã pode estar alterando o funcionamento da FED na paisagem com a diminuição de sua área e conectividade dos fragmentos, principalmente nas áreas planas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA. Agência Nacional de Águas. **Hidroweb – Sistema de Informações Hidrológicas**. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb>>. Acesso em: 10 out. 2008.

ANDAHUR, J. P. **Florestas e questões de gestão ambiental na bacia do rio Paranã**. Brasília: Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Dissertação de Mestrado. 71p., 2001.

BARREIRA, C. C. M. A. **Vão do Paranã: a estruturação de uma região**. Brasília: Ministério da Integração Nacional; Goiânia: Universidade Federal de Goiás. 320p. Coleção Centro-Oeste de Estudos e Pesquisas, v.8, 320p., 2002.

BERK, A.; BERNSTEIN, L. S.; ANDERSON, G. P.; ACHARYA, P. K.; ROBERTSON, D. C.; CHETWYND, J. H.; ADLER-GOLDEN, S. M. MODTRAN cloud and multiple scattering upgrades with application to AVIRIS. **Remote Sensing of Environment**, v.65, p.367-375, 1998.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Secretaria Geral. **Projeto RADAMBRASIL**. Folha SD. 23 Brasília; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1982, 660p., 5 mapas (Levantamento de Recursos Naturais, 29).

ESPÍRITO-SANTO, M. M.; SEVILHA, A. C.; ANAYA, F. C.; BARBOSA, R.; FERNANDES, G. W.; SANCHEZ-AZOFEIFA, G. A.; SCARIOT, A.; NORONHA, S. E.; SAMPAIO, C. A. Sustainability of tropical dry forests: two case studies in southeastern and central Brazil. **Forest Ecology and Management**, v.258, p.922–930, 2009.

FELFILI, J. M.; NASCIMENTO, A. T.; FAGG, C. W.; MEIRELLES, E. M. Floristic composition and community structure of a seasonally deciduous forest on limestone outcrops in Central Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.30, n.4, p.611–621, 2007.

HALTHORE, R. N.; NEMESURE, S.; SCHWARTZ, S. E.; IMRE, D. G.; BERK, A.; DUTTON, E. G.; BERGIN, M. H. Models overestimate diffuse clear-sky surface irradiance: a case for excess atmospheric absorption. **Geophysical Research Letters**, v.25, n.19, p.3591-3594, 1998.

HERMUCHE, P. M.; FERREIRA, N. C.; SANO, E. E. Proposta metodológica para elaboração de mapa de tendência de uso da terra no Vão do Paranã, Goiás, baseada em condicionantes ambientais e sócio-econômicos. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14. Natal, RN. **Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, São José dos Campos: INPE, p. 5873-5880, 2009.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades. Censo Agropecuário 2005**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>>. Acesso em: 05 out. 2008.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geociências: Divisão Regional**. Disponível em : <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/default_div_int.shtm?c=1>. Acesso em: 08 out. 2008.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Catálogo de imagens Landsat**. Disponível em : <<http://www.dgi.inpe.br>>. Acesso em: 20 out. 2008.

LINDENMAYER, D. B.; FISCHER, J. Tackling the habitat fragmentation panchreston. **Trends in Ecology and Evolution**, v.22, n.3, P. 127-132, 2007.

MARTENSEN, A. C.; PIMENTEL, R. G.; METZGER, J. P. Relative effects of fragment size and connectivity on bird community in the Atlantic Rain Forest: Implications for conservation. **Biological Conservation**, v.141, p.2184–2192, 2008.

McGARIGAL, K.; MARKS, B. J. **FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure**. Portland, OR, U.S. Forest Service, General Technical Report, PNW - GTR - 351, 122 p., 1995.

METZGER, J. P. Tree functional group richness and landscape structure in a Brazilian tropical fragmented landscape. **Ecological Applications**, v.10, n.4, p.1147–1161, 2000.

METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotropica**, v.1, n. 1/2, 2001.

MURPHY, P. G.; LUGO, A. E. Ecology of tropical dry forest. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.17, p.67–88, 1986.

NASA. National Aeronautics and Space Administration. **LANDSAT 7 (L7) Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) - Calibration Parameter Files (CPFs)**. Disponível em: <http://LANDSAT.usgs.gov/science_L7_cpf.php>. Acesso em: 29 out. 2008(a).

NASA. National Aeronautics and Space Administration. **SRTM – Shuttle Radar Topography Mission**. Disponível em: <<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/costaric.htm>>. Acesso em: 12 out. 2008 (b).

PENNINGTON, R. T.; LAVIN, M.; PRADO, D. E.; PENDRY, C. A.; PELL, S. K.; BUTTERWORTH, C. A. Historical climate change and speciation: neotropical seasonally dry forest plants show patterns of both Tertiary and Quaternary diversification. **Philosophical Transactions of the Royal Society - Biological Sciences**, v.359, p.515–538, 2004.

PRADO, D. E.; GIBBS, P. E. Patterns of species distributions in the dry seasonal forests of South-America. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v.80, n.4, p.902–927, 1993.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: Ecologia e Flora**. Planaltina: Embrapa Cerrados; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, v.1, 408 p., 2008.

ROBBINS, D. S.; DOWELL, B. A.; DAWSON, D. K.; COLÓN, J. A.; ESTRADA, R.; SUTTON, A.; SUTTON, R.; WEYER, D. Comparison of Neotropical migrant landbird populations wintering in tropical forest, isolated forest fragments and agricultural habitats. In:

HAGAN, J. M.; JOHNSTON, D. W. (eds.). **Ecology and Conservation of Neotropical Migrant Landbirds**. Washington, DC, Smithsonian Institution Press, p.207–220, 1989.

SANCHEZ-AZOFEIFA, G. A.; KALACSKA, M.; QUESADA, M.; CALVO-ALVARADO, J. C.; NASSAR, J. M.; RODRIGUEZ, J.P. Need for integrated research for a sustainable future in tropical dry forests. **Conservation Biology**, v.19, n.2, p.285–286, 2005.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L.; FERREIRA, L. G. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.153–156, 2008.

SCARIOT, A.; SEVILHA, A. C. Biodiversidade, estrutura e conservação de Florestas Estacionais Deciduais no Cerrado. In: SCARIOT, A.; SOUZA-SILVA, J. C.; E

FELFILI, J. M. (eds.). **Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação**. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, 2005.

SIEG. Sistema Estadual de Estatística e de Informações Geográficas de Goiás. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento de Goiás. **Mapas temáticos do Estado de Goiás**. Disponível em: <<http://www.sieg.go.gov.br/>>. Acesso em: 22 set. 2008.

SILVA, L. A.; SCARIOT, A. Composição florística e estrutura da comunidade arbórea em uma floresta estacional decidual em afloramento calcário (Fazenda São José, São Domingos, GO, bacia do rio Paranã). **Acta Botanica Brasilica**, v.17, n.2, p.305–313, 2003.

UEZU, A.; METZGER, J. P.; VIELLIARD, J. M. E. Effects of structural and functional connectivity and patch size on the abundance of seven Atlantic Forest bird species. **Biological Conservation**, v.123, p.507–519, 2005.

VICENTE-SERRANO, S. M.; PÉREZ-CABELLO, F.; LASANTA, T. Assessment of radiometric correction techniques in analyzing vegetation variability and change using time series of LANDSAT images. **Remote Sensing of Environment**, v.112, p.3916–3934, 2008.

VIEIRA, M. V.; OLIFIERS, N.; DELCIELLOS, A. C.; ANTUNES, V. Z.; BERNARDO, L. R.; GRELE, C. E. V.; CERQUEIRA, R. Land use vs. fragment size and isolation as determinants of small mammal composition and richness in Atlantic Forest remnants. **Biological Conservation**, v.142, p.1191–1200, 2009.

CAPITULO 4

**Restauração da paisagem de Florestas Estacionais Deciduais com base em
paradigmas da pecuária sustentável**

INTRODUÇÃO

As paisagens pastoris dominam grande parte das regiões tropicais e uma das conseqüências da intensa ocupação é a perda e fragmentação dos *habitats* florestais (HARVEY *et al.*, 2003). Esse cenário traz o desafio de integração da conservação da biodiversidade com o manejo sustentável nas áreas rurais (CHAZDON *et al.*, 2009), e uma alternativa para isso é a prática da pecuária sustentável por meio de ações como a substituição de cercas mortas por cercas vivas e o incremento de árvores isoladas nos pastos (LEÓN e HARVEY, 2006; HARVEY *et al.*, 2008; RAS, 2010).

Os mourões vivos (um tipo de cerca viva) são linhas de árvores utilizadas para sustentar o arame que divide os pastos e demais usos do solo de uma propriedade (TOSCANO *et al.*, 1997) e, entre os benefícios ecológicos proporcionados podem-se citar a redução do corte de árvores para a confecção de cercas, o aumento no seqüestro de carbono devido ao acréscimo de biomassa, a constituição de quebra-ventos e o aumento da conectividade da paisagem (ÁVILA, 2003; VILLANUEVA *et al.*, 2005; 2008). No que diz respeito ao estabelecimento de árvores isoladas nos pastos, Harvey e Haber (1999), Esquivel *et al.* (2003) e Ibrahim *et al.* (2005) enfatizaram que essa opção aumenta a cobertura arbórea e a permeabilidade da paisagem, funcionando como *stepping-stones* (pontos de ligação ou trampolins ecológicos no meio dos pastos) (METZGER, 2003).

Estudos demonstraram acréscimo significativo na abundância e diversidade de animais silvestres em paisagens agrícolas em decorrência da presença de cercas vivas, principalmente para as aves, em função do aumento de *habitats* e fontes de alimento (GABRIEL e PIZO, 2005; HARVEY *et al.*, 2005). Além disso, autores como Estrada *et al.* (2000) mostraram a possibilidade de aumento do fluxo gênico tanto da fauna como da flora devido ao aumento na conectividade entre os fragmentos remanescentes de vegetação nativa. Dessa forma, essas práticas têm a capacidade de influenciar nos aspectos ecológicos da paisagem, subsidiando a restauração da mesma em macroescala (CHAZDON, 2003; HARVEY *et al.*, 2005; ZAHAWI, 2005).

O uso de cercas-vivas é bastante comum no sul do México e América Central (BUDOWSKI e RUSSO, 1993; BUDOWSKI, 1998; ZAHAWI, 2005), Colombia, Venezuela e sul do Equador (BUDOWSKI e RUSSO, 1992; BUDOWSKI, 1998), no leste da África (DUVALL, 2009) e no leste da Índia (CHOUDHURY *et al.*, 2005).

Nesses países, em regiões tomadas por atividades agropastoris onde ocorreram altos índices de desmatamento, essas constituem uma importante forma de cobertura vegetal na paisagem (HARVEY *et al.*, 2003; 2008). Nessas áreas da América Central, além de espécies nativas, são utilizadas também espécies exóticas com boa capacidade de rebrota.

No Brasil, essa prática é incomum e foram encontrados poucos exemplos, como citam os trabalhos de Miranda e Valentim (1998) e Nascimento *et al.* (2009), que trataram sobre o estabelecimento de cercas vivas como estratégia para diminuir a pressão sobre as espécies madeireiras em extinção, além da diversidade de espécies e os múltiplos usos de cercas vivas em pequenas propriedades. A raridade dessa prática resulta em falta de conhecimento de técnicas (incluindo a definição de espécies apropriadas e suas funções produtivas) e dos benefícios que essa prática pode trazer para a propriedade e para o meio ambiente (inclusive econômicos).

Nesse contexto, práticas da pecuária sustentável seriam adequadas para a sustentabilidade da paisagem do Vão do Paranã, localizado a nordeste do estado de Goiás, região central do Brasil. Nessa região, a forte atividade pecuária (IBGE, 2005; ESPÍRITO-SANTO *et al.*, 2009; HERMUCHE *et al.*, 2009) comumente utiliza a exploração seletiva de madeira nativa para construção de cercas e currais, além da freqüente abertura de novas áreas de pastagem, fato que vem comprometendo sobremaneira os fragmentos remanescentes de Floresta Estacional Decidua (FED), um ecossistema terrestre bastante ameaçado (SANCHEZ-AZOFEIFA *et al.*, 2005) e fragmentado (ANDAHUR, 2001; SCARIOT e SEVILHA, 2005; Felfili *et al.*, 2007).

As FED têm grande potencial de rebrota de raízes e tocos após desmatamento (VIEIRA e SCARIOT, 2006). No Vão do Paranã, essa capacidade permite que as árvores persistam em áreas desmatadas e transformadas em pastagens (VIEIRA *et al.*, 2006; SAMPAIO *et al.*, 2007), obrigando os fazendeiros a renovarem os pastos freqüentemente para eliminar arvoretas e incrementar a cobertura por gramíneas. Assim, a análise da dinâmica de renovação dos pastos fornece subsídios para avaliar a possibilidade de manejo da rebrota para o incremento de árvores isoladas nos pastos, além da possibilidade de utilização dessa rebrota em pastos como matrizes para fabricação de estacas vivas para a formação de cercas.

Os objetivos do presente trabalho são (i) simular um cenário baseado na implementação de cercas vivas em substituição às cercas mortas, (ii) avaliar o incremento da cobertura vegetal com árvores isoladas no pasto, (iii) avaliar a

dinâmica de renovação de pastagens para confirmar o potencial de manejo da regeneração natural.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram selecionadas três áreas para estudo de caso, com tamanho de 10 km x 15 km, localizadas no Vão do Paranã, nordeste do estado de Goiás, região central do Brasil (Figura 1). Os critérios de seleção das áreas foram topografia plana sobre subsolo calcário (BRASIL, 1982), formadas por uma matriz composta por remanescentes de vegetação nativa e pastagem (nativa e cultivada).

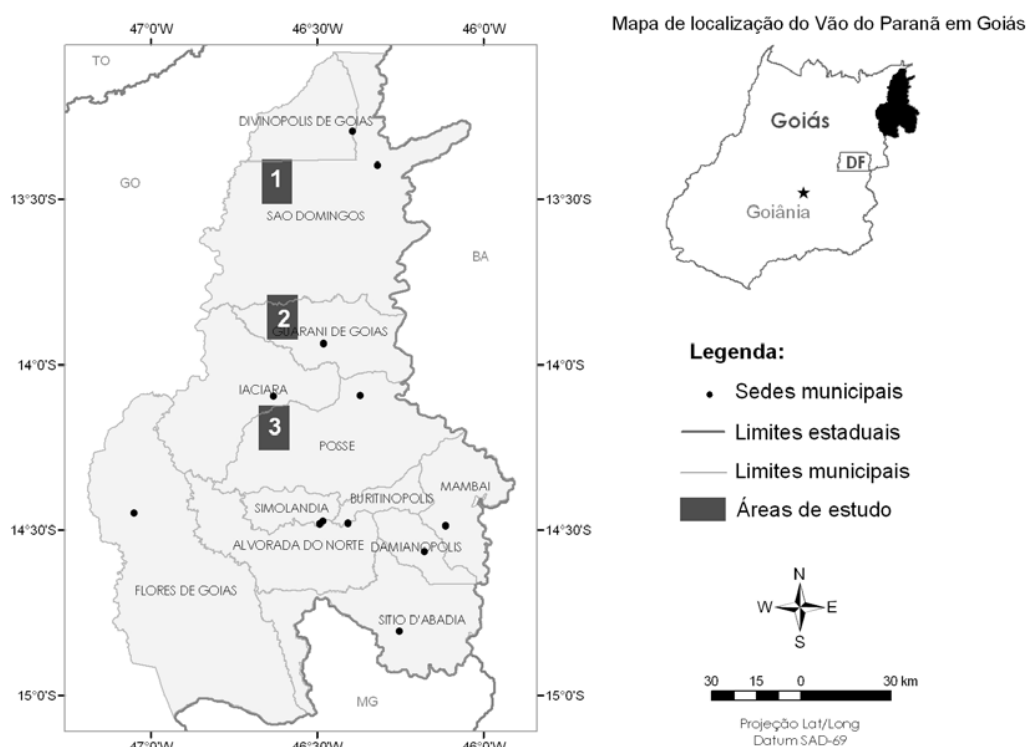


Figura 1 – Mapa de localização das áreas de estudo no Vão do Paranã.

Do programa *Google Earth*® (2010), foram adquiridos quadros de imagens das três áreas (imagens SPOT com resolução de 10 e 2,5 metros, dos anos de 2009 e 2010) (LUEDELING e BUERKERT, 2008; MILDREXLER *et al.*, 2009). Esses foram unidos por meio de um mosaico não controlado (DISPERATI *et al.*, 1997) e georreferenciados com base em dados vetoriais e pontos de campo. Foi utilizado o sistema de projeção UTM (Zona 23 Sul) e referencial geodésico WGS 84, com erro quadrático médio inferior a 0,5 pixels.

Para ajuste dos mosaicos foram utilizados pontos de controle de campo adquiridos em campanha realizada entre os dias 30 de agosto e 2 de setembro de 2010.

Dinâmica de renovação dos pastos

Os mosaicos das três áreas de estudo foram processados por meio da técnica de segmentação por crescimento de regiões com valores de similaridade igual a 40 e área igual a 30. Os segmentos foram classificados pelo método ISOSEG, convertidos para o formato matricial e exportados para o *ArcGis* 9.3, onde foram ajustados e reclassificados na tela do monitor do computador por meio da análise visual em cinco classes distintas: pasto sujo, pasto limpo, vegetação nativa não explorada, vegetação secundária e outros (inclui agricultura, silvicultura, ocupação humana etc).

De posse das áreas de pasto obtidas na classificação, foram selecionadas 12, distribuídas nas três áreas de estudo (quatro em cada área) para avaliação de uma série temporal de 20 anos (1990 a 2009). As áreas definidas como pastos no presente estudo foram determinadas pelos limites facilmente visualizados nas imagens de alta resolução recentes (2009 e 2010).

Para a avaliação temporal, foram utilizadas imagens do sensor LANDSAT TM, com resolução de 30 metros, adquiridas da página eletrônica do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE (2010) – (Tabela 1), uma imagem por ano. Foram priorizadas imagens do mês de maio sempre que possível, uma vez que a vegetação ainda encontra-se verde e, dessa forma, torna-se mais fácil visualizar o solo exposto (ou os pastos reformados).

Tabela 1 – Datas de passagem das imagens multitemporais do LANDSAT TM utilizadas no estudo.

Ano	Órbita/Ponto	
	220/69	220/70
1990	20 de maio	20 de maio
1991	23 de maio	23 de maio
1992	09 de maio	09 de maio
1993	12 de maio	12 de maio
1994	16 de junho	16 de junho
1995	Nuvens	18 de maio
1996	21 de junho	21 de junho

1997	24 de junho	24 de junho
1998	11 de junho	11 de junho
1999	14 de junho	30 de junho
2000	31 de maio	31 de maio
2001	02 de maio	02 de maio
2002	Nuvens	Nuvens
2003	12 de agosto	12 de agosto
2004	Nuvens	27 de junho
2005	14 de junho	13 de maio
2006	17 de junho	17 de junho
2007	19 de maio	03 de maio
2008	Nuvens	08 de julho
2009	09 de junho	25 de junho

As cenas foram georreferenciadas com base em imagens *geocover* (imagens ortorretificadas do LANDSAT ETM+ disponíveis na página eletrônica da Universidade de Maryland) no sistema de projeção UTM (Zona 23 Sul) e referencial geodésico WGS 84, com erro quadrático médio inferior a 0,5 pixels.

O critério para seleção dos pastos analisados foi o estado de solo exposto nas imagens mais antigas da série multitemporal. Dessa forma, foi possível acompanhar a dinâmica ao longo dos 20 anos avaliando o ciclo de renovação dos pastos (solo exposto → capim fotossinteticamente ativo → solo exposto), visualizados devido à prática de utilização de trator de esteira e gradeamento do solo exposto na região (VIEIRA *et al.*, 2006).

Simulação da paisagem

No programa *ArcGis* 9.3 foi calculada a metragem linear de cercas mortas existentes nas três áreas baseada na análise visual dos mosaicos de imagens do *Google Earth®*. Para isso, foram consideradas as diferenças de usos do solo e limites de pastos visíveis nas imagens na escala de visualização de 1:15.000.

A metragem foi validada posteriormente em campanha de campo ocorrida de 30 de agosto a 2 de setembro de 2010, onde foram comparados valores medidos nos mosaicos de imagens em laboratório com valores medidos em campo de 30 segmentos distintos de cercas.

As cercas localizadas paralelamente a estradas e rodovias não foram consideradas duplas (ambos os lados da via), uma vez que nas imagens de satélite, mesmo de alta resolução, não é possível verificar se as áreas de acero onde

provavelmente existem cercas são estreitas estradas internas das fazendas. Para evitar que a metragem das cercas fosse superestimada, optou-se por considerar todas as cercas simples.

Em campo foi observada a distância média entre os mourões mortos das cercas. Dessa forma, após o cálculo da metragem linear das cercas, foram calculados quantos mourões mortos existem por quilômetro linear nas áreas de estudo. Com base nesse dado, foram estimados quantos indivíduos adultos da floresta seriam poupados dos fragmentos remanescentes com a substituição das cercas mortas por cercas vivas.

De acordo com Scariot e Sevilha (2005), dados observados em campo e conversas com moradores e trabalhadores da região, as espécies mais utilizadas para construção de cercas são a Aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) e o Ipê (*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standl.). Dessa forma, o cálculo do número de mourões mortos feitos a partir de um indivíduo adulto foi baseado na altura e diâmetro médios dessas espécies (LORENZI, 1998; CARVALHO, 2003), que é de 12 metros e 70 cm, respectivamente. Considerando que um mourão morto tem altura média de dois metros (meio metro que será enterrado e um metro e meio para formação da cerca) e aproximadamente 20 cm de diâmetro, pode-se afirmar que cada indivíduo arbóreo adulto das espécies consideradas pode ser transformado em um mínimo de 12 mourões mortos.

Harvey *et al.* (2005) demonstraram que a largura da copa das espécies utilizadas em cercas vivas na Costa Rica e Nicarágua varia de 3,1 a 4,8 metros, e a média de árvores por quilômetro linear é de 282, o que corresponde a uma árvore a cada 3,5 metros (quando consideradas árvores com qualquer DAP - diâmetro na altura do peito). Baseado neste dado e considerando o diâmetro médio de copa de aproximadamente 4 metros, para efeito de simulação essa foi a distância adotada entre as árvores para o estabelecimento de uma cerca viva no presente estudo.

O incremento na cobertura vegetal com a substituição das cercas mortas por cercas vivas foi calculado por meio da elaboração de um *buffer* com largura igual à média do diâmetro do dossel das espécies analisadas (aproximadamente 4 metros) e comprimento igual à metragem linear total de cercas.

Os pacotes computacionais de estatística, processamento de imagens e de geoprocessamento utilizados nesse estudo foram o ENVI, SPRING e ArcGIS.

Ainda em laboratório, a partir da análise visual dos mosaicos de imagens foi estimado em cada uma das três áreas de estudo o número médio de árvores isoladas no pasto em 10 áreas com tamanho de 1 km x 1 km, totalizando 30 áreas. Esse dado forneceu indícios da densidade média de árvores isoladas encontrada nos pastos da região e, com base no pasto que apresentou maior densidade de árvores isoladas, foi simulado um cenário para toda a área de estudo.

Com base nos resultados obtidos nas três áreas de estudo, os valores encontrados nas simulações foram extrapolados para todo o Vão do Paranã a partir dos dados referentes à área total de pastagem do ano de 2007. Para isso foi elaborado um mapa de uso do solo a partir de imagens do sensor LANDSAT TM com resolução espacial de 30 metros, todas disponibilizadas gratuitamente pelo INPE (2010) (Tabela 2).

Tabela 2 – Datas de passagem das imagens do satélite LANDSAT do ano de 2007.

Órbita/ Ponto	Data de Passagem
220/69	20 de junho
220/70	20 de junho
221/70	26 de maio

As cenas foram georreferenciadas com base em imagens geocover, no sistema de projeção UTM (Zona 23 Sul) e referencial geodésico WGS 84, com erro quadrático médio inferior a 0,5 pixels. As imagens foram unidas para a elaboração de um mosaico, posteriormente segmentado no programa SPRING 5.0 com valores de similaridade e área iguais a 30. Os segmentos foram classificados pelo método do ISOSEG e convertidos para o formato tif (tagged image file format) para reclassificação visual na tela do monitor com as classes: pastagem, vegetação nativa e outros.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dinâmica de renovação dos pastos

A análise multitemporal das imagens do Landsat TM indicou que a média de renovação dos 12 pastos analisados é de 8,1 anos ($\pm 3,2$ EP), com tempo máximo de 11 e mínimo de 6 anos.

Na Figura 2 é mostrada uma seqüência anual de composições coloridas das bandas 3,4 e 5 do LANDSAT, obtidas entre os meses de maio e agosto, sobre uma área com pastagem cultivada no município de Guarani de Goiás. Nessa composição, solos expostos (e.g., cena de 1991) são representados por uma coloração rósea ou rosa-esbranquiçada, enquanto a pastagem verde é mostrada pela coloração verde-clara (e.g., cena de 2005). Gradações de cores entre o verde e o rosa indicam presença de biomassa, mas que podem estar mais secas ou mais verdes, dependendo da sazonalidade climática específica de cada ano. Nesse contexto, pode-se deduzir que a pastagem em questão foi removida para renovação nos anos de 1991, 1999 e 2008, ou seja, a cada 8 e 9 anos, respectivamente.

Os resultados encontrados por meio de análise multitemporal de imagens de satélite dão indícios de que as espécies nativas da FED persistem no pasto e competem fortemente com as gramíneas em um intervalo de tempo relativamente curto, corroborando os dados de campo. Esse fato subsidia o manejo da regeneração dessa fitofisionomia com o objetivo de incrementar o número de árvores isoladas na paisagem, além da possibilidade de utilizar os caules e raízes eliminados com a renovação desses pastos como estacas para formação de cercas vivas e árvores isoladas evitando a retirada em fragmentos remanescentes de vegetação nativa, e garantindo variabilidade genética, ao se fazer cada estaca de uma planta diferente, ao invés de coletar muitas estacas de um mesmo indivíduo.

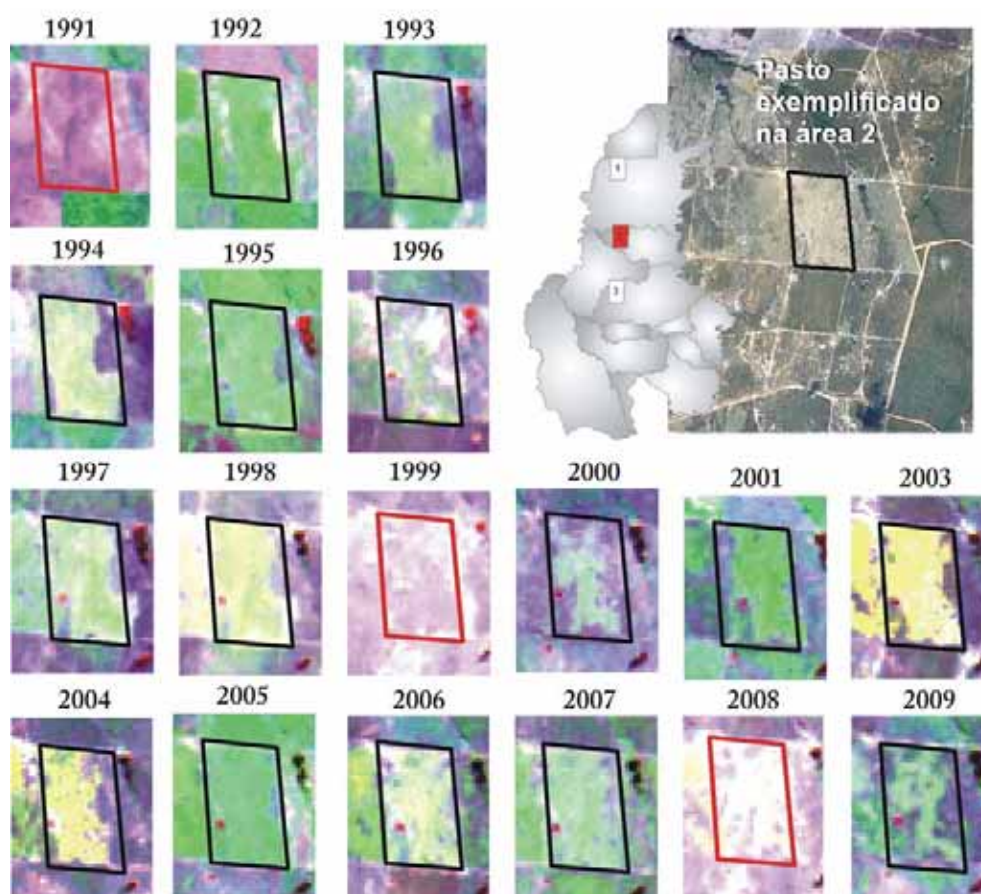


Figura 2 – Exemplo da dinâmica de um pasto localizado na área de estudo 2.

Estudos sobre o sucesso da estaquia para espécies de valor comercial de FEDs estão sendo realizados dentro do projeto intitulado “Avaliação da estaquia para o plantio de árvores de Floresta Estacional Decidual” (D.L.M. Vieira, inf. pess.). Mas, independente do sucesso da técnica de estaquia, mudas podem ser utilizadas para formação de mourões vivos.

Indivíduos arbóreos poupados com a implementação de cercas vivas

O cálculo da metragem linear de cercas mortas baseado na análise visual dos mosaicos das áreas 1, 2 e 3 teve como resultado uma média de 842 quilômetros lineares nos 45.000 ha estudados, ou seja, 1,87 quilômetros lineares de cerca por quilômetro quadrado ($\text{km linear}/\text{km}^2$).

Em campo constatou-se que a distância entre os mourões mortos de uma cerca é, em média, de 5 metros. Com base nesses dados, pode-se estimar que em

cada quilômetro linear de cerca são utilizados 200 mourões mortos, o que significa que são utilizados aproximadamente 374 mourões mortos/km².

Dessa forma, se a partir de um indivíduo adulto podem ser feitos 12 mourões mortos, caso houvesse a substituição das cercas mortas por cercas vivas, aproximadamente 14.025 indivíduos adultos poderiam ser poupados dos remanescentes de floresta a cada renovação das cercas, que, segundo entrevistas com trabalhadores rurais da região, é de aproximadamente 20 anos (Figura 3). Assim, se um indivíduo adulto das duas espécies analisadas tem diâmetro médio de copa de 4 metros (12,5 m²), com a substituição das cercas mortas por cercas vivas aproximadamente 0,18 km² de floresta poderiam ser poupados, quando considerado um indivíduo ao lado do outro com as copas se tocando.



Figura 3 – Renovação de cerca morta formada por mourões de aroeira.

Incremento de árvores na paisagem

Se forem plantadas a cada 4 metros, uma cerca viva na região teria uma média de 250 árvores por quilômetro linear, o que corresponderia a um total de 210.500 novas árvores plantadas, ou 2.631,2 km², em forma de cerca viva nas três áreas de estudo.

Quando considerado um *buffer* de 4 metros de largura (correspondente ao dossel médio das árvores) por 842 quilômetros lineares (correspondente à metragem linear total de cercas nas três áreas de estudo), nos 45.000 hectares haveria um incremento de 672 hectares de cobertura vegetal (1,5% do total da área e 11,5% do total de cobertura arbórea existente atualmente) em forma de cercas vivas.

Simulação da paisagem com a substituição de cercas mortas por cercas vivas

De posse do arquivo vetorial referente ao buffer elaborado com base nas cercas vivas formadas por árvores com diâmetro da copa de 4 metros, o cenário atual (cenário 1 - cercas mortas) e um cenário no qual as cercas mortas são substituídas por cercas vivas (cenário 2) pode ser observado na Figura 5.



Figura 5 – Simulação das áreas de estudo com a substituição de cercas mortas (cenário 1) por cercas vivas (cenário 2).

Incremento de árvores isoladas nos pastos

Em relação às árvores isoladas na paisagem, observações de campo e a análise visual nos mosaicos de imagens de satélite indicaram uma média de 200 árvores isoladas por quilômetro quadrado de pasto (Figura 6). A área com menor densidade apresentou 35 árvores e a com maior apresentou 310 árvores (desvio padrão = 81,38 árvores e erro-padrão = +/- 7,9 árvores).

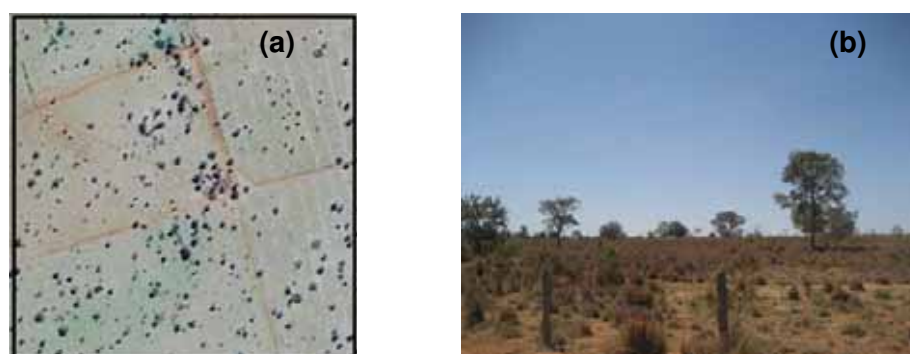


Figura 6 – Exemplo de árvores isoladas no pasto observadas em imagem de alta resolução (a) e em campo (b). Foto: Potira Hermuche.

A alta densidade de árvores isoladas nos pastos da região, possivelmente pode ser em função da manutenção de árvores de madeira de lei pelos fazendeiros para utilização ao longo do tempo, de acordo com a necessidade. Dessa forma, é provável que pastos com históricos de ocupação mais antigos tenham menos árvores, como ocorre em algumas áreas de São Paulo e Minas Gerais.

A simulação de um cenário onde os proprietários mantivessem em todos os pastos a densidade de aproximadamente 310 árvores (maior valor encontrado entre as 30 áreas avaliadas), dentro da área total de pastagem das três áreas analisadas isso representaria aproximadamente 103 hectares de cobertura arbórea (0,38% da área total de pastagem e 0,57% da cobertura arbórea existente atualmente) (dossel=4m). Apesar desse número não ser muito representativo, essas árvores têm papel fundamental na permeabilidade da paisagem funcionando como pontos de ligação ou trampolins ecológicos no meio dos pastos (*stepping-stones*).

Extrapolação dos resultados para o Vão do Paranã

O mapa de uso do solo do ano de 2007 indicou 10.861,6 km² de pastagem distribuídos ao longo de todo o Vão do Paranã. Considerando os resultados anteriores, a simulação da substituição das cercas mortas por cercas vivas resultaria em 338.520 árvores poupadas ou 4,2 km². Além disso, com a substituição, 5.077.800 novas árvores seriam plantadas em forma de cercas vivas, o que representa 63,5 km². No que diz respeito às árvores isoladas, caso todas as áreas de pastagem do Vão do Paranã apresentassem uma média de 310 árvores isoladas por km², essas representariam 42 km² de cobertura vegetal.

CONCLUSÕES

Os resultados mostraram que a substituição das cercas feitas com mourões mortos por mourões vivos e a manutenção de árvores isoladas nos pastos possibilita um incremento na cobertura vegetal, na permeabilidade e na conectividade entre os fragmentos remanescentes de floresta nativa não explorada, viabilizando aumentando no fluxo gênico e na presença de animais silvestres (que utilizam as cercas vivas como *habitats* ou corredores), dando subsídios para a restauração ecológica da paisagem nas áreas de estudo.

A possibilidade de manejo de pastos sujos e capoeiras para manutenção de árvores nas pastagens e para coleta de estacas parece uma excelente opção na região, pois, além da pecuária ser a atividade dominante, a dinâmica de regeneração das árvores em pastagens é bastante acelerada.

A aroeira pode ser uma espécie interessante para implantação de cercas vivas, uma vez que é nativa da FED e possui grande potencial de utilização em múltiplas atividades. Dessa forma, é importante o estudo da capacidade de rebrota por meio de regeneração natural nos pastos e por meio de estacas de caule e de raiz dessa e de outras espécies nativas da FED, inclusive para formação de cercas multiestratos (com mais de uma espécie), que proporciona maior variabilidade genética e maior possibilidade de diversificação da fauna que utiliza as cercas vivas com *habitat*.

A iniciativa dos fazendeiros da região é muito importante para o sucesso da restauração ecológica da paisagem do Vão do Paranã e da conservação das

espécies de FED e da fauna associada. Alguns exemplos podem ser citados, como a utilização de madeira de reflorestamento no município de São Domingos, onde existe uma pequena área de plantio de aroeira, inclusive com presença de cerca viva formada pela espécie (Figura 7).



Figura 7 – Exemplo de cerca viva formada por aroeiras no município de São Domingos - GO.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDAHUR, J. P. **Florestas e questões de gestão ambiental na bacia do rio Paranã**. Brasília: Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Dissertação de Mestrado. 71p., 2001.
- ÁVILA, G. G. **Cercas vivas como fuente de alimento para el ganado y leña**. Centro Internacional de Agricultura Tropical – CIAT. Proyecto Comunidades y Cuencas. FAO: Honduras, 2003.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Secretaria Geral. **Projeto RADAMBRASIL**. Folha SD. 23 Brasília; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 660p., 5 mapas (Levantamento de Recursos Naturais, 29), 1982.
- BUDOWSKI, G.. **Importancia, características y uso de las cercas vivas. Capítulo 5**. In: LOK, R. (Ed.). *Huertos caseros tradicionales de América Central: Características, beneficios e importância, desde um enfoque multidisciplinario*. CATIE, Turrialba. 1998.
- BUDOWSKI, G.; RUSSO, R. O. Live fence posts in Costa Rica – A compilation of the farmer beliefs and technologies. **Journal of Sustainable Agriculture** 3:65-87. 1993.
- CARVALHO, P.E. R. **Espécies arbóreas brasileiras. Volume 1** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo/PR: Embrapa Florestas, 1039 p. 2003.
- CHAZDON, R. L. Tropical forest recovery: legacies of human impact and natural disturbances. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v.6, n.51–71, 2003.
- CHAZDON, R. L.; HARVEY, C. A.; KOMAR, O.; GRIFFITH, D. M.; FERGUSON, B. G.; MARTÍNEZ-RAMOS, M.; MORALES, H.; NIGH, R.; SOTO-PINTO, L.; BREUGEL,

M.; PHILPOTT, S. M. Beyond reserves: a research agenda for conserving biodiversity in human-modified tropical landscapes. **Biotropica**, v.41, n.2, p.142-153, 2009.

CHOUDHURY, P. R.; RAI, P.; PATNAIK, U. S.; SITARAM, R. Live fencing practices in the tribal dominated eastern ghats of India. **Agroforestry Systems** 63:111-123. 2005.

DISPERATI, A. A.; BERNARDI, D.; KNAPP, A. K. Avaliação de imagens da câmara digital 35mm kodak DCS 420 CIR. **Floresta**, v.27, n. 1/2, p.17-40, 1997.

DUVALL, C. S. A maroon legacy? Sketching African contributions to live fencing practices in early Spanish America. **Singapore Journal of Tropical Geography** 30:232-247. 2009.

ESPÍRITO-SANTO, M. M.; SEVILHA, A. C.; ANAYA, F. C.; BARBOSA, R.; FERNANDES, G. W.; SANCHEZ-AZOFEIFA, G. A.; SCARIOT, A.; NORONHA, S. E.; SAMPAIO, C. A. Sustainability of tropical dry forests: two case studies in southeastern and central Brazil. **Forest Ecology and Management**, v.258, p.922–930, 2009.

ESQUIVEL, H.; IBRAHIM, M.; HARVEY, C.; VILLANUEVA, C.; BENJAMIN, T.; SINCLAIR, F. Arboles dispersos en potreros de fincas ganaderas en un ecosistema seco de Costa Rica. **Agroforesteria de las Americas**, v.10, n.39/40, p.24-29, 2003.

ESTRADA, A.; CAMMARANO, P.; COATES-ESTRADA, R. Bird species richness in vegetation fences and in strips of residual rain forest vegetation at Los Tuxtlas, Mexico. **Biodiversity and Conservation**, v.9, p.1399–1416, 2000.

FELFILI, J. M.; CARVALHO, F. A.; FAGG, C. W. **Recuperação de matas secas e vegetações associadas no Vale do Paran , Goiás**. Brasília: Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, 32p., 2007.

GABRIEL, V. A.; PIZO, M. A. Cercas-vivas e conservação de aves. **Natureza & Conservação**, v.3, n. 2, p.79-89, 2005.

GOOGLE EARTH. Disponível em: <<http://earth.google.com/intl/pt-PT/>>. Acesso em: 10 abr. 2010.

HARVEY, C. A.; HABER, W. A. Remnant trees and the conservation of biodiversity in Costa Rican pastures. **Agroforestry Systems**, v.44, p.37-68, 1999.

HARVEY, C. A.; VILLANUEVA, C.; VILLACÍS, J.; CHACÓN, M.; MU OZ, D.; LÓPEZ, M.; IBRAHIM, M.; GÓMEZ, R.; TAYLOR, R.; MARTINEZ, J.; NAVAS, A.; SAENZ, J.; S NCH EZ, D.; MEDINA, A.; VILCHEZ, S.; HERNÁNDEZ, B.; PEREZ, A.; RUIZ, F.; LÓPEZ, F.; LANG, I.; KUNTH, S.; SINCLAIR, F. L. Contribuci  n de las cercas vivas a la productividad e integridad ecológica de los paisajes agrícolas en América Central. **Agroforestería en las Américas**, v.10, n.39-40, 2003.

HARVEY, C. A.; VILLANUEVA, C.; VILLAC S, J.; CHAC N, M.; MUÑOZ, D.; LÓPEZ, M.; IBRAHIM, M.; G MEZ, R.; TAYLOR, R.; MARTINEZ, J.; NAVAS, A.; SAENZ, J.; S NCH EZ, D.; MEDINA, A.; VILCHEZ, S.; HERNÁNDEZ, B.; PEREZ, A.; RUIZ, F.; LÓPEZ, F.; LANG, I.; SINCLAIR, F. L. Contribution of live fences to the ecological integrity of agricultural landscapes. **Agriculture, Ecosystems & Environment**. v.111, p.200-230. 2005.

HARVEY, C. A.; KOMAR, O.; CHAZDON, R.; FERGUSON, B. G.; FINEGAN, B.; GRIFFITH, D. M.; MARTINEZ-RAMOS, M.; MORALES, H.; NIGH, R.; SOTO-PINTO,

L.; VAN BREUGEL, M.; WISHNIE, M. Integrating agricultural landscapes with biodiversity conservation in the mesoamerican hotspot. **Conservation Biology**, v.22, n.1, p.8-15, 2008.

HERMUCHE, P. M.; FERREIRA, N. C.; SANO, E. E. **Proposta metodológica para elaboração de mapa de tendência de uso da terra no Vão do Paranã, Goiás, baseada em condicionantes ambientais e sócio-econômicos**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., Natal, RN. **Anais...** São José dos Campos:, INPE, p. 5873-5880, 2009.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades. Censo Agropecuário de 2005**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>>. Acesso em: 05 out. 2008.

IBRAHIM, M.; CASASOLA, F.; TOBAR, D.; VILLANUEVA, C. Buenas practicas para la conservacion de la biodiversidad en fincas ganaderas. **Serie Cuaderno de campo**. Managua, Nicaragua. 31 p. 2005.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Catálogo de imagens Landsat**. Disponível em : <<http://www.dgi.inpe.br>>. Acesso em: 20 jul. 2010.

LEÓN, M. C.; HARVEY, C. A. Live fences and landscape connectivity in a neotropical agricultural landscape. **Agroforestry Systems**, v.68, p.15-26, 2006.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras. Volume 1**. Ed. Plantarum, Nova Odessa. 1998.

LUEDELING, E.; BUERKERT, A. Typology of oases in northern Oman based on LANDSAT and SRTM imagery and geological survey data. **Remote Sensing of Environment**, v.112, p.1181-1195, 2008.

METZGER, J. P. **Como restaurar a conectividade de paisagens fragmentadas?** In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D. de; ENGEL, V.L.; GANDARA, F. B. (ed.) *Restauração ecológica de ecossistemas naturais*. São Paulo: FEPAF, p. 49-76, 2003.

MILDREXLER, D. J.; ZHAO, M.; RUNNING, S. W. Testing a MODIS global disturbance index across North America. **Remote Sensing of Environment**, v.113, p.2103-2117, 2009.

MIRANDA, E. M.; VALENTIM, J. F. **Estabelecimento e manejo de cercas vivas com espécies arbóreas de uso múltiplo**. Rio Branco: Embrapa/Centro de Pesquisa Agroflorestal do Acre (Comunicado Técnico, 85), 14p., 1998.

NASCIMENTO, V. T.; SOUSA, L. G.; ALVES, A. G. C.; ARAÚJO, E. L.; ALBUQUERQUE, U. P. Rural fences in agricultural landscapes and their conservation role in an area of caatinga (dryland vegetation) in Northeast Brazil. **Environment, Development and Sustainability**, v.11, p.1005-1029, 2009.

RAS. Red de Agricultura Sostenible. **Norma para Sistemas Sostenibles de Producción Ganadera**. Segunda versión para consulta pública, Enero de 2010. Disponível em: <http://www.rainforest-alliance.org/agriculture/documents/sust_ag_standard_pt.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2010.

SAMPAIO, A. B.; SCARIOT, A.; HOLL, K. Regeneration of seasonal deciduous forest tree species in long-used pastures in Central Brazil. **Biotropica**, v.39, p.655-659, 2007.

SANCHEZ-AZOFEIFA, G. A.; KALACSKA, M.; QUESADA, M.; CALVO-ALVARADO, J. C.; NASSAR, J. M.; RODRIGUEZ, J. P. Need for integrated research for a sustainable future in tropical dry forests. **Conservation Biology**, v.19, n.2, p.285-286, 2005.

SCARIOT, A.; SEVILHA, A. C. Biodiversidade, estrutura e conservação de Florestas Estacionais Deciduais no Cerrado. In: SCARIOT, A.; SOUZA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. (eds.). **Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação**. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, 2005.

TOSCANO, A.O.; SEQUEIRA, A; ALVARADO, N. D. **Cercas Vivas**. Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuária, INTA. Guía Tecnológica 12. Manágua, 1997.

VIEIRA, D. L. M.; SCARIOT, A.; HOLL, K. D.; SAMPAIO, A. B. Tropical dry-forest regeneration from root suckers in Central Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v.22, p.353-357, 2006.

VIEIRA, D. M.; SCARIOT, A. Principles of natural regeneration of tropical dry forests for restoration. **Restoration Ecology**, v.14, n.1, p.11-20, 2006.

VILLANUEVA, C.; IBRAHIM, M.; CASASOLA, F.; ARGUEDAS, R. **Las cercas vivas en las fincas ganaderas**. Serie Cuadernos de Campo (CATIE). Proyecto Enfoques Silvopastoriles Integrados para el Manejo de Ecosistemas. 20 p., Editorial Turrialba, CATIE, CR, 2005.

VILLANUEVA, C.; IBRAHIM, M.; CASASOLA, F. **Valor económico y ecológico de las cercas vivas en fincas y paisajes ganaderos**. Serie Técnica. Informe Técnico/ CATIE, n. 372, 1ª Ed. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 2008.

ZAHAWI, R. A. Establishment and growth of living fence species: an overlooked tool for the restoration of degraded areas in the tropics. **Restoration Ecology**, v.13, n.1, p.92-102, 2005.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com observações de campo e análise de imagens de satélite de alta e média resolução, pode-se afirmar que a FED no Vão do Paranã tem sofrido altos índices de desmatamento e exploração seletiva de madeira principalmente nos últimos 30 a 40 anos, resultando na fragmentação dos remanescentes dessa fitofisionomia e comprometendo sobremaneira a integridade ecológica da flora e da fauna associadas.

A falta de informações a respeito do funcionamento e contexto dessa fitofisionomia na paisagem contribuem para que poucas ações de conservação sejam efetivamente feitas. Atualmente, existem, no Vão do Paranã, menos de 2.000 ha de FED protegidos em uma unidade de conservação denominada Floresta Nacional da Mata Grande, criada para essa finalidade no município de São Domingos. Além desses, existem áreas contínuas de FED no interior do Parque Estadual de Terra Ronca, criado para proteção de cavernas e também localizado no município de São Domingos, com aproximadamente 57.200 ha que protegem diversas fotofisionomias do Cerrado.

O primeiro aspecto a ser considerado para subsidiar ações de conservação e restauração da FED no Vão do Paranã é o entendimento do comportamento dessa fitofisionomia na paisagem, principalmente em relação aos controles geoambientais que determinam o seu estabelecimento.

A compartimentação geoambiental do Vão do Paranã indicou forte relação entre a litologia (rochas carbonáticas) e a presença de FED, tanto em áreas planas como em afloramentos rochosos. Mas uma análise mais aprofundada dos controles responsáveis por sua presença, juntamente com analogia entre casos no Brasil e na América Central, indicaram três controles principais essenciais para o estabelecimento das FED na paisagem: disponibilidade hídrica do perfil solo-rocha, sazonalidade climática e eutrofismo dos solos.

Com essas análises foi possível uma primeira tentativa de hierarquização dos controles, onde a disponibilidade hídrica do perfil solo-rocha seria a mais importante e a declividade seria a menos importante no que diz respeito à escala regional, ou seja, à paisagem como um todo. Mas nesse contexto deve-se considerar que a maioria dos parâmetros avaliados devem ocorrer em associação.

Dando continuidade a esse estudo, é importante que se avalie o peso que cada um dos controles têm no estabelecimento da FED na paisagem (por meio de análises estatísticas) para comprovação de uma hierarquização, uma vez que esses dados podem subsidiar a compreensão da sua distribuição para possíveis ações de conservação dessa fitofisionomia. Como essa foi uma análise qualitativa, estudos futuros poderão inserir, ainda, dados de campo, especialmente relacionados ao monitoramento do nível da água subterrânea.

Já a utilização da técnica de reflectância acumulada foi um passo inicial na tentativa de mapear exatamente quanto resta e onde estão os fragmentos remanescentes de FED no Vão do Paranã. Os resultados indicaram bom desempenho da técnica, principalmente para diferenciação entre a FED e outras fisionomias florestais que, em geral, causam confusão espectral no mapeamento com imagens monotemporais de sensoriamento remoto, uma vez que, nessas análises, não se leva em consideração o comportamento da vegetação ao longo do ciclo hidrológico.

O mapeamento indicou que as áreas remanescentes representadas por grandes fragmentos estão localizadas principalmente sobre os afloramentos rochosos, fato justificado pela dificuldade de extração da vegetação sobre o subsolo rochoso, e as áreas com grande quantidade de pequenos fragmentos são planas, com solos apropriados para cultivo de pastagens ou mesmo culturas agrícolas. Essa metodologia apresentou deficiências em relação à escala adotada, mas possibilitou a confecção de um mapa de distribuição atual.

Trabalhos futuros poderão concentrar-se no desenvolvimento da metodologia proposta, especialmente no que diz respeito à avaliação da influência dos parâmetros biofísicos na resposta espectral da FED. Essa avaliação poderá ser feita, por exemplo, com a utilização de imagens com maior resolução espacial e espectral.

Com os dados de localização dos fragmentos remanescentes, foi possível a análise de tendência de degradação pela ação antrópica, compreendendo de que forma essas atividades podem interferir no funcionamento da FED na paisagem. A avaliação do uso e cobertura da terra no intervalo de 30 anos analisado indicou uma conversão de quase 50% do total da área original de vegetação nativa. É difícil mensurar quanto de FED foi desmatado, mas, quando considerados os controles ambientais que definem sua presença no Vão do Paranã, pode-se supor que

grandes áreas da região noroeste provavelmente eram ocupadas por esta fitofisionomia.

Quando relacionados os fatores edáficos com os fragmentos remanescentes, conclui-se que a fragmentação da paisagem da FED foi mais intensa nas áreas mais aptas para instalação de pastagens, sobre os Argissolos e Nitossolos, o que era esperado. Esse padrão continua ainda hoje, fato evidenciado pelos resultados da análise de tendência atual de ocupação desses fragmentos remanescentes, que indicou essencialmente as bordas de fragmentos limítrofes a pastagens e fragmentos remanescentes em áreas planas sem afloramento rochoso como as de maior risco. Apesar de apenas 1% estar nessa situação (devido ao fato da maioria das áreas apropriadas já terem sido desmatadas), é muito importante o fato da exploração seletiva de madeira nos remanescentes poder comprometer a existência de algumas espécies (as mais demandadas), além da fauna associada.

Esse fato levou ao questionamento de qual seria uma estratégia de conservação ideal para os remanescentes de FED adaptada ao contexto do Vão do Paranã, trazendo à tona questões relacionadas ao manejo sustentável de paisagens pastoris, respeitando a biodiversidade e proporcionando a restauração ecológica de áreas intensamente antropizadas. Essa realidade se relaciona muito bem com práticas da pecuária sustentável, principalmente a substituição de cercas mortas por cercas vivas e o incremento de árvores isoladas na paisagem.

Por esse motivo, optou-se por utilizar esses conceitos para a simulação de um cenário no qual ocorre a substituição de cercas mortas por cercas vivas formadas por árvores nativas da FED, como a Aroeira e o Ipê, por exemplo. Os resultados mostraram que essa substituição pode alterar sobremaneira os fatores ecológicos da região com o aumento da cobertura arbórea e a conectividade entre os remanescentes de vegetação nativa, influenciando diretamente no fluxo gênico e na presença de animais silvestres, dando subsídios para a restauração ecológica da paisagem.

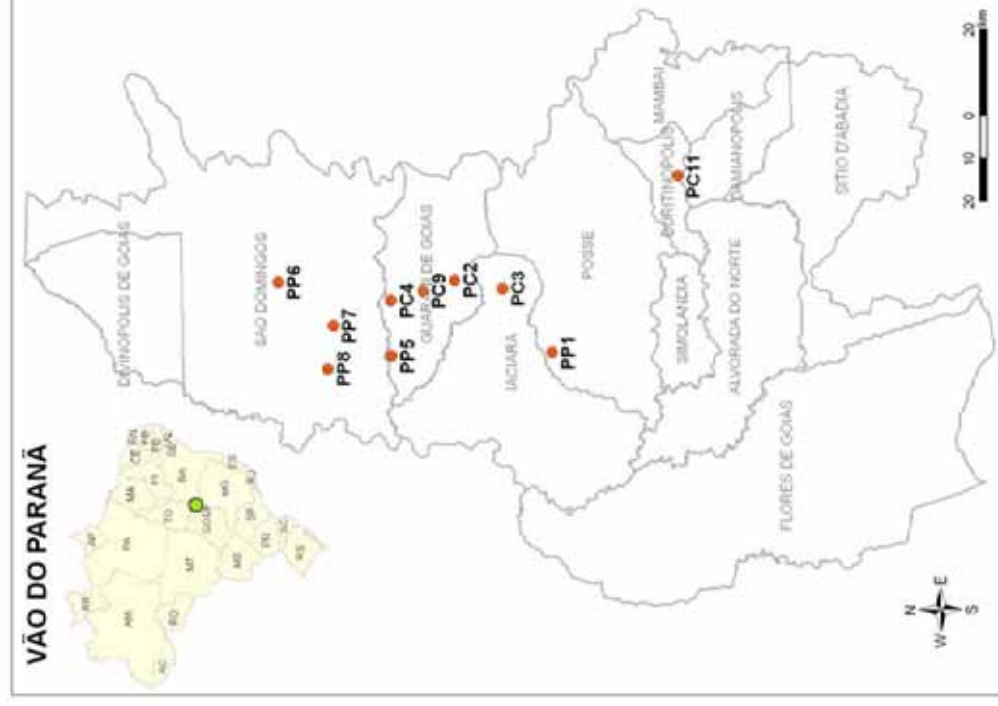
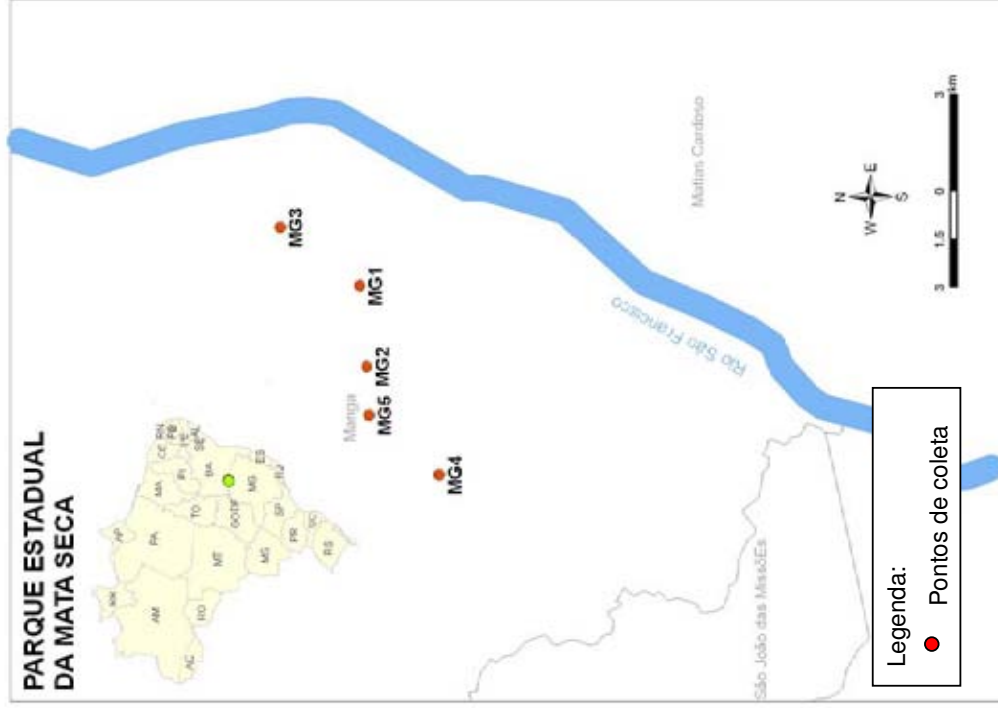
Além dessa, o fato da substituição de cercas mortas por cercas vivas e o incremento de árvores isoladas poderem subsidiar a restauração ecológica da paisagem também deve ser considerada, uma vez que o aumento na conectividade entre fragmentos de vegetação nativa pode subsidiar a restauração ecológica da paisagem com o aumento do fluxo gênico e a formação de corredores ecológicos, fato possibilitado pela substituição das cercas mortas por cercas vivas e pelo

incremento do número de árvores isoladas. Em trabalhos futuros seria muito interessante a aplicação de questionários aos trabalhadores rurais e fazendeiros da região para avaliação de fatores como a receptividade à prática proposta, o motivo pelo qual existem tantas árvores isoladas nos pastos, entre outros. Outro fator importante de ser avaliado no futuro é a densidade de indivíduos de Aroeira e de Ipê por hectare nas florestas, o que daria um indício de quantos hectares precisam ser explorados para a construção das cercas de mourões mortos no Vão do Paranã.

Dessa forma, o estudo apresentado teve como função modelar a paisagem da FED como forma de contribuir com as ações de pesquisa e conservação da FED no Vão do Paranã e demais áreas, trazendo discussões pertinentes e tentando responder questões essenciais para a compreensão de quais os controles que permitem o desenvolvimento dessas florestas, onde estão os remanescentes, quais as tendências de degradação dos fragmentos remanescentes e quais estratégias de conservação são adaptadas à realidade local.

ANEXO 1

Resultados das análises dos solos coletados no Vão do Paranã e no PEMS





Laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição Vegetal

RUA LINDOLFO GARCIA ADJUTO, 1000 - CAIXA POSTAL 139 - PARACATU - MG - CEP 38.600-000
PABX: (38) 3671-1164 - e-mail: campoanalises@campoanalises.com.br

LAUDO DE ANÁLISES DE SOLOS

Nome : Edson Eyji Sano

Propriedade : -

P

Endereço :

No.

Bairro

CEP

Solicitante : O mesmo

Entrada : 22/9/2010 Emissão do Laudo : 4/10/2010

No. interno	57.852 / 2010	57.853 / 2010	57.854 / 2010	57.855 / 2010	57.856 / 2010
Identific. amostra	MG 1 A	MG 1 B	MG 2 A	MG 2 B	MG 3 A
Cultura					
Macronutrientes					
pH água	6,0	5,6	5,8	6,1	6,3
pH CaCl ₂	5,3	5,0	5,0	5,3	5,6
M.O. dag/kg	2,1	2,3	1,7	2,1	2,0
P mg/dm ³	1,2	0,7	2,0	3,6	5,5
P res. mg/dm ³	-	-	-	-	-
K mg/dm ³	80	68	166	258	131
S mg/dm ³	-	-	-	-	-
Ca cmol _c /dm ³	8,1	8,3	7,1	7,4	5,8
Mg cmol _c /dm ³	3,7	2,9	2,3	2,4	0,9
Na cmol _c /dm ³	-	-	-	-	-
Al cmol _c /dm ³	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
H + Al cmol _c /dm ³	3,3	2,5	3,1	2,8	1,5
CTCt cmol _c /dm ³	15,3	13,9	12,9	13,3	8,5
V %	78	82	76	79	82
m %	0	0	0	0	0
Relações					
Ca / Mg	2,2	2,9	3,1	3,1	6,4
Ca / K	39,5	47,7	16,7	11,2	17,3
Mg / K	18,0	16,7	5,4	3,6	2,7
Sat. CTC					
K %	1	1	3	5	4
Ca %	53	60	55	56	68
Mg %	24	21	18	18	11
H + Al %	22	18	24	21	17
Na %	0	0	0	0	0
Micronutrientes					
B mg/dm ³	-	-	-	-	-
Zn mg/dm ³	-	-	-	-	-
Fe mg/dm ³	-	-	-	-	-
Mn mg/dm ³	-	-	-	-	-
Cu mg/dm ³	-	-	-	-	-

Extratores:

P, K, Na e Micronutrientes : Mehlich I
S : Fósforo monobásico de cálcio
B : Água quente
M.O. : Método Colorimétrico

Simbologia:

"-" = Não analisado
CTCt = CTC a pH 7,0
V % = Sat. Bases
m % = Sat. Alumínio

Conversão de unidades:

mg/dm³ = ppm
cmol_c/dm³ = meq/100cm³
dag/Kg = %

Soma de Bases = K + Ca + Mg + Na

A coleta, envio e informações sobre as amostras são de responsabilidade do cliente.

As contraprovas permanecem em nossos arquivos por 90 dias.

Para recomendações de calagem e adubação, consulte um Engenheiro Agrônomo.

Geraldo Lima

Eng. Agr. Geraldo Jânio Lima
Responsável Técnico
CREA - 34.958



Laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição Vegetal

RUA LINDOLFO GARCIA ADJUTO, 1000 - CAIXA POSTAL 139 - PARACATU - MG - CEP 38.600-000
PABX: (38) 3671-1164 - e-mail: campoanalises@campoanalises.com.br

LAUDO DE ANÁLISES DE SOLOS

Nome : Edson Eyji Sano

Propriedade : -

P

Endereço :

No.

Solicitante : O mesmo

Bairro

CEP

Entrada : 22/9/2010 Emissão do Laudo : 4/10/2010

No. interno	57.857 / 2010	57.858 / 2010	57.859 / 2010	57.860 / 2010	57.862 / 2010
Identific. amostra	MG 3 B	MG 4 A	MG 4 B	MG 5 A	PP 1 A
Cultura					
Macronutrientes					
pH água	6,3	5,9	5,9	6,1	6,0
pH CaCl ₂	5,4	5,1	4,9	5,1	5,1
M.O. dag/kg	2,7	1,2	1,9	1,5	3,0
P mg/dm ³	3,4	0,7	0,6	1,2	1,0
P res. mg/dm ³	-	-	-	-	-
K mg/dm ³	98	187	95	53	137
S mg/dm ³	-	-	-	-	-
Ca cmol _c /dm ³	6,5	5,5	5,4	5,9	4,7
Mg cmol _c /dm ³	1,2	2,9	2,2	1,2	2,3
Na cmol _c /dm ³	-	-	-	-	-
Al cmol _c /dm ³	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
H + Al cmol _c /dm ³	2,8	2,8	3,3	2,0	3,5
CTCt cmol _c /dm ³	10,8	11,7	11,1	9,2	10,9
V %	74	76	70	78	68
m %	0	0	0	0	0
Relações					
Ca / Mg	5,4	1,9	2,5	4,9	2,0
Ca / K	25,9	11,5	22,2	43,4	13,4
Mg / K	4,8	6,1	9,1	8,8	6,6
Sat. CTC					
K %	2	4	2	1	3
Ca %	60	47	49	64	43
Mg %	11	25	20	13	21
H + Al %	27	24	29	22	33
Na %	0	0	0	0	0
Micronutrientes					
B mg/dm ³	-	-	-	-	-
Zn mg/dm ³	-	-	-	-	-
Fe mg/dm ³	-	-	-	-	-
Mn mg/dm ³	-	-	-	-	-
Cu mg/dm ³	-	-	-	-	-

Extratores:

P, K, Na e Micronutrientes : Mehlich I

S : Fósforo monobásico de cálcio

B : Água quente

M.O. : Método Colorimétrico

Simbologia:

"-" = Não analisado

CTCt = CTC a pH 7,0

V % = Sat. Bases

m % = Sat. Alumínio

Conversão de unidades:

mg/dm³ = ppm

cmol_c/dm³ = meq/100cm³

dag/Kg = %

Geraldo Lima

Eng. Agr. Geraldo Jânio Lima

Responsável Técnico

CREA - 34.958

Soma de Bases = K + Ca + Mg + Na

A coleta, envio e informações sobre as amostras são de responsabilidade do cliente.

As contraprovas permanecem em nossos arquivos por 90 dias.

Para recomendações de calagem e adubação, consulte um Engenheiro Agrônomo.



Laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição Vegetal

RUA LINDOLFO GARCIA ADJUTO, 1000 - CAIXA POSTAL 139 - PARACATU - MG - CEP 38.600-000
PABX: (38) 3671-1164 - e-mail: campoanalises@campoanalises.com.br

LAUDO DE ANÁLISES DE SOLOS

Nome : Edson Eyji Sano

Propriedade : -

P

Endereço :

No.

Solicitante : O mesmo

Bairro

CEP

Entrada : 22/9/2010 Emissão do Laudo : 4/10/2010

No. interno	57.863 / 2010	57.864 / 2010	57.865 / 2010	57.866 / 2010	57.867 / 2010
Identific. amostra	PP 1 B	PP 5 A	PP 5 B	PP 6 A	PP 6 B
Cultura					
Macronutrientes					
pH água	5,8	5,5	5,2	5,7	5,9
pH CaCl ₂	4,8	4,5	4,3	5,2	5,0
M.O. dag/kg	2,5	1,6	1,5	4,9	4,4
P mg/dm ³	0,9	1,1	0,7	1,0	0,7
P res. mg/dm ³	-	-	-	-	-
K mg/dm ³	163	76	45	129	207
S mg/dm ³	-	-	-	-	-
Ca cmol _c /dm ³	3,7	2,3	2,1	11,2	10,0
Mg cmol _c /dm ³	1,9	0,6	1,0	2,4	2,1
Na cmol _c /dm ³	-	-	-	-	-
Al cmol _c /dm ³	0,0	0,2	0,8	0,0	0,0
H + Al cmol _c /dm ³	4,0	3,5	4,5	4,8	4,8
CTCt cmol _c /dm ³	10,0	6,6	7,7	18,7	17,4
V %	60	47	42	74	72
m %	0	6	20	0	0
Relações					
Ca / Mg	1,9	3,8	2,1	4,7	4,8
Ca / K	8,9	11,8	18,3	33,9	18,9
Mg / K	4,6	3,1	8,7	7,3	4,0
Sat. CTC					
K %	4	3	1	2	3
Ca %	37	35	27	60	57
Mg %	19	9	13	13	12
H + Al %	40	53	59	25	28
Na %	0	0	0	0	0
Micronutrientes					
B mg/dm ³	-	-	-	-	-
Zn mg/dm ³	-	-	-	-	-
Fe mg/dm ³	-	-	-	-	-
Mn mg/dm ³	-	-	-	-	-
Cu mg/dm ³	-	-	-	-	-

Extratores:

P, K, Na e Micronutrientes : Mehlich I

S : Fósforo monobásico de cálcio

B : Água quente

M.O. : Método Colorimétrico

Simbologia:

"-" = Não analisado

CTCt = CTC a pH 7,0

V % = Sat. Bases

m % = Sat. Alumínio

Conversão de unidades:

mg/dm³ = ppm

cmol_c/dm³ = meq/100cm³

dag/Kg = %

Geraldo Lima

Eng. Agr. Geraldo Jânio Lima

Responsável Técnico

CREA - 34.958

Soma de Bases = K + Ca + Mg + Na

A coleta, envio e informações sobre as amostras são de responsabilidade do cliente.

As contraprovas permanecem em nossos arquivos por 90 dias.

Para recomendações de calagem e adubação, consulte um Engenheiro Agrônomo.



Laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição Vegetal

RUA LINDOLFO GARCIA ADJUTO, 1000 - CAIXA POSTAL 139 - PARACATU - MG - CEP 38.600-000
PABX: (38) 3671-1164 - e-mail: campoanalises@campoanalises.com.br

LAUDO DE ANÁLISES DE SOLOS

Nome : Edson Eyji Sano

Propriedade : -

P

Endereço :

No.

Solicitante : O mesmo

Bairro

CEP

Entrada : 22/9/2010 Emissão do Laudo : 4/10/2010

No. interno	57.868 / 2010	57.869 / 2010	57.870 / 2010	57.871 / 2010	57.874 / 2010
Identific. amostra	PP 7 A	PP 7 B	PP 8 A	PP 8 B	PC 03 A
Cultura					
Macronutrientes					
pH água	6,0	6,2	6,0	5,9	6,4
pH CaCl ₂	5,2	5,4	5,1	4,9	6,0
M.O. dag/kg	4,4	5,3	5,1	3,3	9,1
P mg/dm ³	1,0	0,6	2,2	1,3	5,1
P res. mg/dm ³	-	-	-	-	-
K mg/dm ³	218	239	272	237	262
S mg/dm ³	-	-	-	-	-
Ca cmol _c /dm ³	9,6	9,5	4,9	3,4	21,4
Mg cmol _c /dm ³	1,9	1,9	1,9	1,6	1,7
Na cmol _c /dm ³	-	-	-	-	-
Al cmol _c /dm ³	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
H + Al cmol _c /dm ³	4,0	3,5	4,9	4,5	1,8
CTCt cmol _c /dm ³	16,1	15,5	12,4	10,1	25,6
V %	75	77	60	55	93
m %	0	0	0	0	0
Relações					
Ca / Mg	5,1	5,0	2,6	2,1	12,6
Ca / K	17,2	15,5	7,0	5,6	31,9
Mg / K	3,4	3,1	2,7	2,6	2,5
Sat. CTC					
K %	3	4	6	6	3
Ca %	60	61	40	34	84
Mg %	12	12	15	16	7
H + Al %	25	23	39	44	6
Na %	0	0	0	0	0
Micronutrientes					
B mg/dm ³	-	-	-	-	-
Zn mg/dm ³	-	-	-	-	-
Fe mg/dm ³	-	-	-	-	-
Mn mg/dm ³	-	-	-	-	-
Cu mg/dm ³	-	-	-	-	-

Extratores:

P, K, Na e Micronutrientes : Mehlich I

S : Fósforo monobásico de cálcio

B : Água quente

M.O. : Método Colorimétrico

Simbologia:

"-" = Não analisado

CTCt = CTC a pH 7,0

V % = Sat. Bases

m % = Sat. Alumínio

Conversão de unidades:

mg/dm³ = ppm

cmol_c/dm³ = meq/100cm³

dag/Kg = %

Geraldo Lima

Eng. Agr. Geraldo Jânio Lima

Responsável Técnico

CREA - 34.958

Soma de Bases = K + Ca + Mg + Na

A coleta, envio e informações sobre as amostras são de responsabilidade do cliente.

As contraprovas permanecem em nossos arquivos por 90 dias.

Para recomendações de calagem e adubação, consulte um Engenheiro Agrônomo.



Laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição Vegetal

RUA LINDOLFO GARCIA ADJUTO, 1000 - CAIXA POSTAL 139 - PARACATU - MG - CEP 38.600-000
PABX: (38) 3671-1164 - e-mail: campoanalises@campoanalises.com.br

LAUDO DE ANÁLISES DE SOLOS

Nome : Edson Eyji Sano

Propriedade : -

P

Endereço :

No.

Solicitante : O mesmo

Bairro

CEP

Entrada : 22/9/2010 Emissão do Laudo : 4/10/2010

No. interno	57.875 / 2010	57.876 / 2010	57.877 / 2010	57.878 / 2010	57.879 / 2010
Identific. amostra	PC 03 B	PC 04 A	PC 4 B	PC 09 A	PC 9 B
Cultura					
Macronutrientes					
pH água	6,7	6,9	6,9	6,9	6,8
pH CaCl ₂	6,4	6,3	6,3	6,1	6,2
M.O. dag/kg	7,7	5,3	4,9	7,9	7,4
P mg/dm ³	19,1	2,8	3,1	2,8	6,6
P res. mg/dm ³	-	-	-	-	-
K mg/dm ³	391	196	233	229	171
S mg/dm ³	-	-	-	-	-
Ca cmol _c /dm ³	20,5	14,9	16,6	23,0	24,3
Mg cmol _c /dm ³	1,1	1,5	1,4	1,5	1,6
Na cmol _c /dm ³	-	-	-	-	-
Al cmol _c /dm ³	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
H + Al cmol _c /dm ³	0,5	1,6	2,5	2,6	2,5
CTCt cmol _c /dm ³	23,1	18,5	21,1	27,7	28,8
V %	98	91	88	91	91
m %	0	0	0	0	0
Relações					
Ca / Mg	18,6	9,9	11,9	15,3	15,2
Ca / K	20,5	29,7	27,9	39,2	55,5
Mg / K	1,1	3,0	2,3	2,6	3,7
Sat. CTC					
K %	4	3	3	2	2
Ca %	89	81	79	83	84
Mg %	5	8	7	5	6
H + Al %	2	8	11	10	8
Na %	0	0	0	0	0
Micronutrientes					
B mg/dm ³	-	-	-	-	-
Zn mg/dm ³	-	-	-	-	-
Fe mg/dm ³	-	-	-	-	-
Mn mg/dm ³	-	-	-	-	-
Cu mg/dm ³	-	-	-	-	-

Extratores:

P, K, Na e Micronutrientes : Mehlich I

S : Fósforo monobásico de cálcio

B : Água quente

M.O. : Método Colorimétrico

Simbologia:

"-" = Não analisado

CTCt = CTC a pH 7,0

V % = Sat. Bases

m % = Sat. Alumínio

Conversão de unidades:

mg/dm³ = ppm

cmol_c/dm³ = meq/100cm³

dag/Kg = %

Geraldo Lima

Eng. Agr. Geraldo Jânio Lima

Responsável Técnico

CREA - 34.958

Soma de Bases = K + Ca + Mg + Na

A coleta, envio e informações sobre as amostras são de responsabilidade do cliente.

As contraprovas permanecem em nossos arquivos por 90 dias.

Para recomendações de calagem e adubação, consulte um Engenheiro Agrônomo.



Laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição Vegetal

RUA LINDOLFO GARCIA ADJUTO, 1000 - CAIXA POSTAL 139 - PARACATU - MG - CEP 38.600-000
PABX: (38) 3671-1164 - e-mail: campoanalises@campoanalises.com.br

LAUDO DE ANÁLISES DE SOLOS

Nome : Edson Eyji Sano

Propriedade : -

P

Endereço :

No.

Solicitante : O mesmo

Bairro

CEP

Entrada : 22/9/2010 Emissão do Laudo : 4/10/2010

No. interno	57.880 / 2010	57.881 / 2010
Identific. amostra	PC 11 A	PC 11 B
Cultura		
Macronutrientes		
pH água	5,8	5,9
pH CaCl ₂	4,7	5,1
M.O. dag/kg	3,6	4,1
P mg/dm ³	1,5	1,0
P res. mg/dm ³	-	-
K mg/dm ³	181	258
S mg/dm ³	-	-
Ca cmol _c /dm ³	6,0	8,5
Mg cmol _c /dm ³	0,9	0,8
Na cmol _c /dm ³	-	-
Al cmol _c /dm ³	0,1	0,0
H + Al cmol _c /dm ³	4,1	4,5
CTCt cmol _c /dm ³	11,5	14,5
V %	64	69
m %	1	0
Relações		
Ca / Mg	6,7	10,6
Ca / K	13,0	12,9
Mg / K	1,9	1,2
Sat. CTC		
K %	4	5
Ca %	52	59
Mg %	8	6
H + Al %	36	30
Na %	0	0
Micronutrientes		
B mg/dm ³	-	-
Zn mg/dm ³	-	-
Fe mg/dm ³	-	-
Mn mg/dm ³	-	-
Cu mg/dm ³	-	-

Extratores:

P, K, Na e Micronutrientes : Mehlich I

S : Fósforo monobásico de cálcio

B : Água quente

M.O. : Método Colorimétrico

Simbologia:

"-" = Não analisado

CTCt = CTC a pH 7,0

V % = Sat. Bases

m % = Sat. Alumínio

Conversão de unidades:

mg/dm³ = ppm

cmol_c/dm³ = meq/100cm³

dag/Kg = %

Soma de Bases = K + Ca + Mg + Na

A coleta, envio e informações sobre as amostras são de responsabilidade do cliente.

As contraprovas permanecem em nossos arquivos por 90 dias.

Para recomendações de calagem e adubação, consulte um Engenheiro Agrônomo.

Eng. Agr. Geraldo Jânio Lima

Responsável Técnico

CREA - 34.958



Laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição Vegetal

RUA LINDOLFO GARCIA ADJUTO, 1000 - CAIXA POSTAL 139 - PARACATU - MG - CEP 38.600-000
PABX: (38) 3671-1164 - e-mail: campoanalises@campoanalises.com.br

LAUDO DE ANÁLISES DE SOLOS

Nome : Edson Eyji Sano

Propriedade : -

P

Endereço :

No.

Solicitante : O mesmo

Bairro

CEP

Entrada : 1/10/2010 Emissão do Laudo : 4/10/2010

No. interno 57.861 / 2010

Identific. amostra MG 5B

Cultura

Macronutrientes

pH	água	6,0
pH	CaCl ₂	5,1
M.O.	dag/kg	1,9
P	mg/dm ³	1,6
P res.	mg/dm ³	-
K	mg/dm ³	78
S	mg/dm ³	-
Ca	cmol _c /dm ³	5,2
Mg	cmol _c /dm ³	1,1
Na	cmol _c /dm ³	-
Al	cmol _c /dm ³	0,0
H + Al	cmol _c /dm ³	3,0
CTCt	cmol _c /dm ³	9,5
V	%	68
m	%	0

Relações

Ca / Mg	4,7
Ca / K	26,0
Mg / K	5,5

Sat. CTC

K	%	2
Ca	%	55
Mg	%	12
H + Al	%	31
Na	%	0

Micronutrientes

B	mg/dm ³	-
Zn	mg/dm ³	-
Fe	mg/dm ³	-
Mn	mg/dm ³	-
Cu	mg/dm ³	-

Extratores:

P, K, Na e Micronutrientes : Mehlich I
S : Fósforo monobásico de cálcio
B : Água quente
M.O. : Método Colorimétrico

Simbologia:

"-" = Não analisado
CTCt = CTC a pH 7,0
V % = Sat. Bases
m % = Sat. Alumínio

Conversão de unidades:

mg/dm³ = ppm
cmol_c/dm³ = meq/100cm³
dag/Kg = %

Soma de Bases = K + Ca + Mg + Na

A coleta, envio e informações sobre as amostras são de responsabilidade do cliente.

As contraprovas permanecem em nossos arquivos por 90 dias.

Para recomendações de calagem e adubação, consulte um Engenheiro Agrônomo.

Eng. Agr. Geraldo Jânio Lima

Responsável Técnico

CREA - 34.958