



**Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Biológicas
Departamento de Ecologia
Programa de Pós-graduação em Ecologia**

**DINÂMICA DA VEGETAÇÃO ARBÓREA DE UMA FLORESTA
ESTACIONAL DECIDUAL SOBRE AFLORAMENTOS CALCÁRIOS NO
BRASIL CENTRAL**



FABRÍCIO ALVIM CARVALHO

Brasília (DF), fevereiro de 2009



Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Biológicas
Departamento de Ecologia
Programa de Pós-graduação em Ecologia

**DINÂMICA DA VEGETAÇÃO ARBÓREA DE UMA FLORESTA
ESTACIONAL DECIDUAL SOBRE AFLORAMENTOS CALCÁRIOS NO
BRASIL CENTRAL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ecologia da Universidade de Brasília (UnB), como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Ecologia.

FABRÍCIO ALVIM CARVALHO

ORIENTADORA: Dra JEANINE MARIA FELFILI FAGG

Brasília (DF), fevereiro de 2009

FABRÍCIO ALVIM CARVALHO

Dinâmica da vegetação arbórea de uma floresta estacional decidual sobre
afloramentos calcários no Brasil Central

Tese aprovada junto ao Programa de Pós Graduação em Ecologia da Universidade de Brasília
como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ecologia

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Jeanine Maria Felfili Fagg
Orientadora – UnB

Prof. Dr. Ivan Schiavini
Membro Titular – UFU

Prof. Dr. Augusto César Franco
Membro Titular – UnB

Prof. Dr. John Du Vall Hay
Membro Titular – UnB

Prof. Dr. Christopher William Fagg
Membro Titular – UnB

Prof. Dr. Manoel Cláudio da Silva Júnior
Suplente – UnB

Brasília, 16 de fevereiro de 2009

“Vale Verde”

*Não quero que reflita em meu rosto
Sombras, cinzas impurezas desse ar
Olho o céu não vejo mais o escuro
Quero vê-lo brilhar*

*Como os raios coloridos desse sol
Essa liberdade que nunca chega
De portas trancadas, preciso sair*

*Eu quero sentar num banco de um jardim
Pensando em poder achar um mundo assim
Com flores astrais ao redor de mim
Quero um vale verde onde eu possa respirar... enfim!*

(Casa das Máquinas, Lar de Maravilhas, 1976, Som Livre)

Dedicatória

à Ive Santos Muzitano
pela distância...
pela tolerância...
mas acima de tudo...
pelo amor incondicional!

AGRADECIMENTOS

Esta tese representa uma das minhas maiores conquistas, refletida não apenas em textos, figuras, e explanações, mas em conhecimento adquirido! Esta conquista foi alcançada com o apoio de inúmeras pessoas, expressando o real sentido de uma “universidade”. O que faço a seguir é uma tentativa de agradecer àqueles que colaboraram para sua elaboração. Foram tantos... aos que tiver esquecido, agradeço sinceramente pelo apoio e me desculpo pela falta de atenção, deixando desde já uma frase de um grande amigo da comunidade UENF: “obrigado por você existir”. Aos futuros leitores, cujo interesse representa o quanto será útil meu trabalho, deixo desde já meus sinceros agradecimentos. Portanto, sou grato...

À Professora orientadora Jeanine Maria Felfili, pela excelente orientação, amizade, confiança, incentivo, e principalmente pela postura de pesquisadora dedicada e de alto nível... os conhecimentos oferecidos ficarão guardados para sempre;

Ao Departamento de Ecologia da Universidade de Brasília, pela oportunidade de cursar o doutorado, contribuindo para meu crescimento pessoal e profissional;

Ao DPP-UnB e CNPq, pela concessão das bolsas de estudo;

À Fundação O Boticário de Proteção à Natureza (projeto 0705_2006) e ao CNPq (projeto 476477/2006-9) pelo apoio financeiro;

Ao Instituto Vida Verde (IVV), pela execução do projeto da Fundação O Boticário de Proteção à Natureza (projeto 0705_2006);

Ao MMA-PROBIO pelo apoio na fase de implantação do projeto e ao DIFID-UK (projeto CMBBC) pelo apoio na fase de coleta florística e coleta de variáveis ambientais, fases que antecederam a execução deste trabalho;

Ao Centro de Referência em Conservação da Natureza e Recuperação de Áreas Degradadas (CRAD-UnB), pelo apoio logístico;

À minha amada companheira Ive Santos Muzitano, pelo apoio e incentivo durante esta longa etapa de nossas vidas... e por compreender que tudo foi em prol de um futuro melhor. Desculpe-me pela ausência;

Aos meus pais Geraldo Francisco de Carvalho e Elaine Terezinha Alvim de Carvalho, e irmão Frederico Alvim Carvalho, por todo amor, carinho e incentivo ao longo de mais esta etapa da longa jornada... devo tudo a vocês, não sou nada sem vocês;

Ao Sr. Silvio Lacerda, por autorizar e incentivar os estudos em sua propriedade. Um exemplo de proprietário preocupado com a conservação dos seus recursos naturais, que merece ser seguido;

Ao meu grande amigo Tamiel Khan Baiocchi Jacobson (tosco), por todos os momentos de tristeza e alegria compartilhados desde o início do curso. É muito bom ter um amigo “do peito” nos momentos mais difíceis... e mais alegres;

Aos amigos Gilberto Cosac (Gilberkenga), Benedito Pereira (Bené), Fábio Venturoli (Fabão), Anthony Brandão, Felipe Rego (Felipão), Evandro Machado, Davi Rossato, Hélder Consolaro, Antônio Felipe Junior, Frederico Guilherme e Alexandro Solórzano (Alex), que me ensinaram muito e ajudaram sobremaneira na elaboração da tese;

À minha querida família em Brasília, Marisa, Nelson, Yuri e Yandra, pelo acolhimento, carinho e incentivo durante o decorrer do curso... peço desculpas pela ausência (“tão perto, tão longe”);

À querida família Muzitano, Jeziel, Enilda, Ive, Gustavo e Mariola, pelo acolhimento carinhoso e descontraído no Rio durante as etapas finais e cruciais da elaboração desta tese;

Aos técnicos (e amigos) do Laboratório de Manejo Florestal, Newton R. Oliveira (Niltin) e Manoel M. Alves (Manuvéi), pela inestimável ajuda na coleta de dados e pelos momentos de alegria nas inúmeras viagens às matas secas do Vale do Paranã;

Aos colegas do Laboratório de Manejo Florestal, Benedito Pereira (Bené), Fábio Venturoli (Fabão), Ricardo Haidar (Casinha), Elisa Meirelles, Anthony Brandão, Ana Cláudia, Alexandro Solorzano (Alex), Evandro Machado, Wglevison (turco), Elaina Oliveira, Gabriel (Gazela), Gabriel (Giga), Ionaí Moura, Andrea Libano, Lauana, Milene (Pimentinha), Mariana Matos, Mariana Medeiros, Priscila Dias, Júlio Sam e Kennya, além dos demais que esqueci (é tanta gente), pela agradável convivência e ajudas nas questões do cotidiano.

Aos inúmeros colegas que ajudaram nas coletas de campo, dentre os quais: Ricardo, Elisa, Mariana Matos, Elaina, Gilberto, Alex, Fábio Venturoli, Fábio Miranda, Gabriel Giga, Gabriel Gazela, Irving, Diego Posse, Lauana, Davi, Júlia, Carol, Potira, Greg, além de outros que não me lembro no momento, mas que sou eternamente grato;

Ao colega André R. T. Nascimento, pela disponibilização dos dados de luminosidade;

À colega Potira Hermuche, pela elaboração dos mapas;

Aos colegas Fabiano Godoy, Alexandre Solorzano e Christopher W. Fagg pelo auxílio nos textos em inglês;

Aos alunos da disciplina “Análise qualitativa e quantitativa da vegetação” (Ani, Camila, Cândida, Fábio, Fernanda, Irving, Mariana, Maura, Priscila, Rafael e Sabrina), por me aturarem como monitor e me ajudarem na consolidação dos conhecimentos.

Aos colegas da turma de pós-graduação em ecologia de 2005, Tamiel, Felipão, Adnilton, Marília, Janaína, Caio, Cíntia e Sheyla, pelos ótimos momentos de convivência e aprendizado;

Aos secretários da Ecologia, Fabiana, Iriode e Fabinho, da Engenharia Florestal, Juraci, Jurandir e Ederly (*in memoriam*), e do CRAD, Manuvéi, Marcilene e Edimar, pelos diversos favores prestados e pela agradável convivência;

Aos professores José Elias de Paula, Ailton T. do Vale, Mercedes Bustamante, e aos pesquisadores Tamiel K.B. Jacobson e Maria Regina Sartori, pelo apoio logístico na determinação das densidades das madeiras;

Aos professores Augusto C. Franco, Alba V. Rezende e Manoel Cláudio da Silva Júnior, pelas excelentes sugestões e contribuições em minha qualificação;

Aos professores Jeanine M. Felfili, John Hay, Mundayatan Haridasan, Mercedes Bustamante, Heloísa S. Miranda, Helena C. Morais, Glein M. Araújo, Ivan Schiavini, Manoel Cláudio da Silva Júnior, José R. Pinto e Lúcio Vivaldi, pelos ensinamentos advindos de suas disciplinas ou dos momentos de bate-papo informal;

Ao Zé do meu bar, e ao Divino do bar DCE, que possibilitaram momentos de descontração indispensáveis em minha passagem por Brasília.

À natureza, pela existência!

SUMÁRIO

Lista de figuras	ix
Lista de tabelas	xii
Resumo	xiv
Abstract	xvi
Capítulo 1. Introdução	1
1.1. Introdução Geral	1
1.2. Revisão Bibliográfica	3
1.2.1. Estudos de dinâmica em florestas tropicais	3
1.2.2. Dinâmica de florestas estacionais tropicais	4
1.2.3. Dinâmica de florestas estacionais no Brasil	5
1.2.4. Grupos funcionais em florestas estacionais	8
1.2.5. Estudos da relação entre crescimento e estacionalidade	11
1.2.6. Aspectos das florestas estacionais em afloramentos calcários	12
1.2.7. Aspectos das florestas estacionais no Vale do Paranã e a necessidade de estudos de dinâmica	14
1.3. Objetivos	18
1.3.1. Objetivo geral	18
1.3.2. Objetivos específicos e hipóteses	18
Capítulo 2. Área de Estudo	20
2.1. Localização	20
2.2. Relevo e solos	20
2.3. Clima	23
2.4. Vegetação	24
Capítulo 3. Crescimento, recrutamento e mortalidade da comunidade arbórea em uma floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no Brasil Central, após período de seis anos (2000 – 2006)	26
3.1. Introdução	26
3.2. Material e métodos	28
3.2.1. Área de estudo	28
3.2.2. Inventários (2000 e 2006)	28
3.2.3. Parâmetros de dinâmica	30
3.2.4. Definição dos grupos funcionais	32
3.2.6. Análises estatísticas	32

3.2.7. Análise de gradientes.....	33
3.3. Resultados	37
3.3.1. Variáveis ambientais	37
3.3.2. Crescimento.....	38
3.3.3. Mortalidade e recrutamento.....	42
3.3.4. Distribuição espacial das mortas e recrutas.....	48
3.3.5. Relação entre a dinâmica e os gradientes ambientais.....	48
3.4. Discussão.....	51
3.4.1. Crescimento.....	51
3.4.2. Mortalidade e recrutamento.....	54
3.4.3. Dinâmica dos grupos funcionais	59
3.5. Conclusões	61
Capítulo 4. Mudanças na composição florística, fitossociologia e diversidade arbórea em uma floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no Brasil Central após período de seis anos (2000 – 2006).....	62
4.1. Introdução.....	62
4.2. Material e métodos	65
4.2.1. Área de estudo	65
4.2.2. Inventários e suficiência amostral	65
4.2.3. Florística e fitossociologia.....	65
4.2.4. Riqueza e diversidade.....	66
4.2.5. Análise de gradientes.....	67
4.3. Resultados	68
4.3.1. Suficiência amostral	68
4.3.2. Composição florística e fitossociológica.....	68
4.3.3. Diversidade.....	76
4.3.4. Análise de gradientes.....	76
4.4. Discussão.....	77
4.5. Conclusões	80
Capítulo 5. Comparação entre dendrômetros artesanais e industriais no crescimento de uma espécie de floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no Brasil Central.....	81
5.1. Introdução.....	81
5.2. Material e métodos	82
5.2.1. Área de estudo	82
5.2.2. Instalação e características dos dendrômetros	82
5.2.3. Medidas e análises estatísticas.....	84

5.3. Resultados	85
5.4. Discussão.....	86
5.5. Conclusões	88
Capítulo 6. Ritmos de crescimento arbóreo em uma floresta decidual sobre afloramentos calcários no Brasil Central: grupos funcionais e sua relação com a estacionalidade	89
6.1. Introdução.....	89
6.2. Material e métodos	92
6.2.1. Área de estudo	92
6.2.2. Definição dos grupos funcionais	92
6.2.3. Seleção das espécies.....	93
6.2.4. Seleção dos indivíduos	94
6.2.5. Instalação e mensuração dos dendrômetros	95
6.2.6. Pluviosidade	96
6.2.7. Fenologia	96
6.2.8. Análises estatísticas	98
6.3. Resultados	99
6.3.1. Pluviosidade	99
6.3.2. Fenologia.....	100
6.3.3. Crescimento.....	102
6.4. Discussão.....	106
6.5. Conclusões	111
Conclusões gerais.....	112
Referências Bibliográficas	115
ANEXOS.....	132

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.1. Valores das taxas anuais (%.ano⁻¹) de recrutamento e mortalidade de indivíduos arbóreos (DAP ≥ 3,2 cm) extraídos de diferentes fitofisionomias no Brasil. Foram considerados apenas os estudos com intervalos de medições de até seis anos, em áreas preservadas ou com baixo impacto antrópico. FED = Floresta Estacional Decidual; FES = Floresta Estacional Semidecidual; MG = Mata de galeira; FOD = Floresta Ombrófila Densa; Refs: FED_1 (Werneck & Franceschinelli 2004); FES_1 (Guilherme et al. 2004); FES_2 (Apollinário et al. 2005); FES_3 (Oliveira-Filho et al. 1997b); FES_4 a FES_6 (Machado 2008); FES_7 (Souza 2005); FES_8 (Pinto 2002); MG_1 (Felfili 1995a; Oliveira 2005); MG_2 (Lopes & Schiavini 2007); FOD_1 a FOD_7 (Phillips et al. 2004). 7
- Figura 2.1. Localização geográfica da microrregião do Vale do Paranã, no nordeste do Estado de Goiás, Brasil Central, e indicação da floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários estudada (Fazenda Sabonete), no município de Iaciara.21
- Figura 2.2. Aspectos fisionômicos da floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários estudada no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil. Registro da vegetação (no mesmo ponto) no exterior (a e b) e interior (c e d) da floresta durante os períodos de seca e chuva, respectivamente. Presença de rochas de calcário no solo da floresta sob a forma de pequenas rochas (e) e grandes blocos (f). Fotos: (a) R.F. Haidar, (c, e, f) J.M. Felfili, (b,d) E.L. Meirelles22
- Figura 2.3. Variação (a) anual e (b) mensal média (± desvio padrão) da precipitação na estação pluviométrica da Fazenda Ingazeiro, município de São Domingos, GO, distante cerca de 50 km (em linha reta) da área de estudo (floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários, município de Iaciara, GO). A linha pontilhada na figura (a) se refere à média da precipitação na série (1276 mm). Anos de 1995 a 2000 indisponíveis. Fonte: adaptado de ANA (2008).23
- Figura 2.4. Aspectos da estrutura arbórea da floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários estudada no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil. Registro de árvores estabelecidas nas (a) fendas das rochas ou (b) sobre as rochas. (c) Visualização da estrutura vertical tendo como base uma vara telescópica de 12 m (em amarelo, a esquerda). (d) Árvores com tronco do tipo “barriga” e presença de cactáceas. Fotos: (a,b,c) J.M. Felfili, (d) R.F. Haidar.25
- Figura 3.1. Distribuição das unidades amostrais (parcelas permanentes de 20 x 20 m) na floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil. A linha pontilhada indica a delimitação do universo amostral na encosta da vertente sul do fragmento, os pontos brancos as unidades amostrais (parcelas) e as linhas sólidas as curvas de nível (m).29
- Figura 3.2. *Box plot* do incremento diamétrico anual, por classes de diâmetro, da comunidade arbórea na floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil, no intervalo de seis anos (2000-2006). Mediana, quartis, erro padrão e valores destoantes (*outliers*) são apresentados. A linha pontilhada se refere à mediana do incremento de todos os indivíduos da comunidade.39
- Figura 3.3. Incremento diamétrico anual, por classes de diâmetro, das populações arbóreas mais abundantes (n ≥ 30) na floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil, no intervalo de seis anos (2000-2006). (a) espécies que atingem pequeno porte *Dilodendron bipinnatum*, *Acacia tenuifolia* e *Combretum duarceanum*; (b) espécies que atingem grande porte *Pseudobombax tomentosum*, *Myracruodruon urundeuva* e *Tabebuia impetiginosa*.40
- Figura 3.4. Incremento diamétrico anual, por classes de diâmetro, dos grupos funcionais na floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil, no intervalo de seis anos (2000-2006).40

- Figura 3.5. Distribuição do número de indivíduos arbóreos mortos e das taxas de mortalidade médias anuais pelas classes de diâmetro na floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil, no intervalo de seis anos (2000-2006). Análises em nível de (a) comunidade total (n=640) e (b) comunidade sem as espécies *Acacia tenuifolia* e *Combretum duarteamum* (n=492).....46
- Figura 3.6. Comparação entre os parâmetros da dinâmica da comunidade arbórea da floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil, no intervalo de seis anos (2000-2006). (■) comunidade total (n=640); (□) comunidade sem as espécies *Acacia tenuifolia* e *Combretum duarteamum* (n=492). (a) taxas médias anuais de mortalidade (M), recrutamento (R), acréscimo (A) e decréscimo (D); (b) tempos anuais de meia-vida ($T_{0,5}$), duplicação (T_2), rotatividade (Rot) e estabilidade (Est).....46
- Figura 3.7. Diagrama de ordenação ‘*biplo*t’ resultante da análise de correspondência canônica (CCA) mostrando a relação entre o incremento médio anual (IMA) das principais populações arbóreas ($n \geq 10$) e as principais variáveis ambientais na floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil. Grupos funcionais: () madeira leve; () madeira pesada; () madeira média. Siglas das espécies vide Tabela 3.6. Siglas das variáveis ambientais vide Tabela 3.8.....50
- Figura 3.8. Detalhes de um indivíduo arbóreo (*Sterculia striata*) morto por queda na floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil. Observar o espaçamento do estrato arbóreo e os solos rochosos e rasos que proporcionam menor capacidade de sustentação das raízes. Foto: J.M. Felfili (set/06).56
- Figura 4.1. Distribuição do (a) número de espécies e (b) densidade de indivíduos pelas famílias botânicas amostradas nos dois inventários (2000 e 2006) na floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil.71
- Figura 4.2. Distribuição dos valores de densidade relativa (DR), frequência relativa (FR) e dominância relativa (DoR) que compuseram o valor de importância (VI) das famílias botânicas amostradas nos dois inventários (a – 2000; b – 2006) na floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil.71
- Figura 4.3. Distribuição do percentual de (a) espécies e (b) indivíduos por grupos funcionais (madeira leve, média e pesada) nos dois inventários (2000 e 2006) na floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil.73
- Figura 4.4. Distribuição dos valores de densidade relativa (DR), frequência relativa (FR) e dominância relativa (DoR) que compuseram o valor de importância dos grupos funcionais (madeira leve, média e pesada) nos dois inventários (a – 2000; b – 2006) da floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil.73
- Figura 4.5. Diagrama de ordenação resultante da análise de correspondência segmentada (DCA) mostrando disposição das parcelas em relação à composição quantitativa de espécies nos dois períodos (a – 2000; b – 2006) na floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil. As escalas dos eixos estão em valores de SD (‘desvio padrão médio da sobreposição de espécies’). Os autovalores $< 0,3$ para todos os eixos indicaram ausência de gradientes.77
- Figura 5.1. Aspectos dos dendrômetros industrial (acima) e artesanal (abaixo) utilizados neste estudo. Dendrômetro industrial: (a) parafusos para fixação do (b) corpo metálico no tronco; (c) tubo móvel com as duas escalas milimétricas, a fixa (acima) e a móvel (abaixo); (d) fita metálica. Dendrômetro artesanal: (e) fita metálica; (f) fivela; (g) risco paralelo à fivela para medição com paquímetro; (h) local de inserção da mola.84
- Figura 5.2. (a) Média (\pm desvio padrão) e (b) coeficiente de variação das medidas mensais de crescimento do tronco de *Acacia tenuifolia* pelos dendrômetros artesanais e industriais em uma floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil.85

- Figura 5.3. Aspectos dos danos provocados pelos parafusos de fixação dos dendrômetros industriais nos troncos de *Acacia tenuifolia*. (a) liberação de goma durante a estação chuvosa e (b) rachaduras durante a estação seca.87
- Figura 6.1. Pluviosidade mensal registrada no intervalo de estudo (2007 e 2008) na floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil. A normal climatológica refere-se à média (\pm desvio padrão) da pluviosidade mensal de 1970 a 2008 na estação pluviométrica da Fazenda Ingazeiro, município de São Domingos, GO, distante cerca de 50 km (em linha reta) da área de estudo (ANA 2008).....99
- Figura 6.2. Padrões fenológicos mensais das espécies dos três grupos funcionais (madeira leve, média e pesada) ao longo do intervalo analisado (maio/2007 a novembro/2008). As categorias referem-se à porcentagem do total da copa do conjunto dos indivíduos coberta pelos eventos (folhas, flores ou frutos).101
- Figura 6.3. *Box-plot* com os incrementos correntes mensais das seis espécies estudadas na floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, nordeste de Goiás, Brasil Central. Medianas, quartis superiores e inferiores e *outliers* são apresentados. As barras escuras inferiores indicam os meses chuvosos. Os asteriscos abaixo dos meses indicam diferenças significativas no crescimento corrente entre o mês presente e o anterior pelo teste de K-S ($P < 0,05$). Grupos funcionais: madeira leve (*C. arborea* e *C. leptophloeos*), madeira média (*D. bipinnatum* e *A. tenuifolia*), madeira pesada (*M. urundeuva* e *T. impetiginosa*).103

LISTA DE TABELAS

- Tabela 3.1. Variáveis de solo e métodos laboratoriais empregados na análise das 25 amostras compostas de solo (0-20 cm) coletadas nas parcelas da floresta estacional decidual sobre afloramento calcário estudada no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil.34
- Tabela 3.2. Variáveis de amostras do solo superficial (0-20 cm), rochosoidade, declividade e parâmetros de luminosidade (abertura de dossel e índice de área foliar) nas parcelas permanentes da floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil. Siglas: C.V. = coeficiente de variação; I.C. = intervalo de confiança (5% de probabilidade). Siglas dos parâmetros vide Tabela 3.1.38
- Tabela 3.3. Incremento diamétrico anual, por classes de diâmetro, da comunidade arbórea da floresta estacional decidual sobre afloramento calcário no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil, no intervalo de seis anos (2000-2006).39
- Tabela 3.4. Incremento médio anual das espécies arbóreas da floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil, no intervalo de seis anos (2000-2006). Espécies ordenadas segundo valores decrescentes do IMA. Espécies de maior densidade ($N \geq 10$) no primeiro inventário (2000) estão em negrito. Siglas: GF: grupo funcional (L: madeira leve; M: madeira média; P: madeira pesada); CV: coeficiente de variação (%); Máx.: IMA máximo (cm.ano^{-1}). *CVs calculados apenas para as espécies de maior densidade ($N \geq 10$)41
- Tabela 3.5. Parâmetros da dinâmica da comunidade arbórea da floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil, no intervalo de seis anos (2000-2006).42
- Tabela 3.6. Parâmetros de dinâmica das populações arbóreas da floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil, no intervalo de seis anos (2000-2006). Espécies ordenadas segundo valores decrescentes do ganho em indivíduos (recrutamento > mortalidade). Siglas: GF: grupo funcional madeira (L: leve; M: média; P: pesada); N: número de indivíduos (.ha^{-1}), M: mortos (.ha^{-1}); R: recrutadas (.ha^{-1}); AB: área basal ($\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$); G/P: ganho (recrutamento > mortalidade) / perda (mortalidade > recrutamento).43
- Tabela 3.7. Estimadores dos dois primeiros eixos de ordenação canônica (CCA) entre o incremento diamétrico anual das populações arbóreas de maior densidade ($n \geq 10$) e as principais variáveis ambientais na floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil.50
- Tabela 3.8. Correlações das principais variáveis ambientais nos dois primeiros eixos de ordenação canônica (CCA) do incremento diamétrico anual das populações arbóreas de maior densidade ($n \geq 10$) na floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil. Valores significativos ($> 0,3$) em negrito.50
- Tabela 4.1. Densidade e área basal (média \pm erro padrão) das 25 parcelas (400 m^2) utilizadas na amostragem da comunidade arbórea na floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil. Os valores em parênteses se referem ao erro padrão em %. *Cálculo da área basal sem a espécie *Cavanillesia arborea*.68
- Tabela 4.2. Famílias e espécies arbóreas ($\text{DAP} \geq 5 \text{ cm}$) amostradas nos dois inventários (2000 e 2006) no fragmento de floresta estacional decidual sobre afloramento calcário no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil. Siglas: GF: grupo funcional (L: madeira leve; M: madeira média; P: madeira pesada).70
- Tabela 4.3. Parâmetros fitossociológicos das espécies arbóreas amostradas nos dois inventários (2000 e 2006) da floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil. Espécies ordenadas segundo o VI de 2000. Siglas: GF: grupo funcional (L:

- madeira leve; M: madeira média; P: madeira pesada); DA: densidade absoluta; DR: densidade relativa (%);FR: frequência relativa (%); DoR: dominância relativa (%); VI: valor de importância.74
- Tabela 4.4. Parâmetros de riqueza e diversidade arbórea nos dois inventários (2000 e 2006) da floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil. São apresentados os valores de significância (P) das técnicas de *bootstrap* e permutação utilizadas para comparar os parâmetros entre os dois intervalos.76
- Tabela 5.1. Valores do teste t pareado e coeficientes de determinação (r^2) das regressões lineares aplicados na comparação entre as medidas mensais de crescimento do tronco de *Acacia tenuifolia* pelos dendrômetros industriais e artesanais em uma floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil. *Todos os valores sem significância ($P > 0,05$); **Todos os valores significativos ($P < 0,0001$).86
- Tabela 5.2. Custos estimados dos dendrômetros industriais (importados) e artesanais (nacionais), baseados em cotações realizadas em Abril/2007 e Junho/2008. *Preços totais estimados incluem valores dos fretes nacionais e internacionais (+ taxas) para Brasília-DF, de acordo com as cotações de cada companhia. Para componentes nacionais U\$ 1,00 = R\$ 1,70 (De acordo com a cotação do dólar pelo Banco Central do Brasil em 16 de junho de 2008). **Preço da fita de aço inoxidável baseado na cotação para um rolo de 50 metros. ^aForestry Suppliers Inc, (<http://www.forestry-suppliers.com/>); ^bACZ Inox Ltda, (<http://www.aczinox.com.br/>); ^cMolas Polonis Ltda, (polonis@terra.com.br).86
- Tabela 6.1. Espécies arbóreas por grupos funcionais de acordo com a densidade da madeira do tronco (madeira leve, média e pesada), selecionadas para a realização do estudo na floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil. Siglas: DR: densidade relativa; FR: frequência relativa; DoR: dominância relativa; VI: valor de importância; Rank: ranking do VI; Ampl.: amplitude diamétrica dos indivíduos; IC: intervalo de classe diamétrica; NC: número de classes diamétricas; Ni: número de indivíduos amostrados; D: densidade da madeira.97
- Tabela 6.2. Coeficientes de correlação de *Spearman* (r_s) entre a pluviosidade mensal e os valores de incremento acumulado mensal e entre a pluviosidade mensal e os eventos mensais de fenologia (foliação, floração e frutificação) mensais para as espécies ao longo do intervalo analisado (mai/07 a nov/08). Os asteriscos indicam correlações significativas em nível de probabilidade de 99% (*) e 95% (**). Os traços (-) indicam ausência do evento fenológico.101
- Tabela 6.3. Coeficientes de variação (%) para as medidas de incremento corrente mensal das espécies arbóreas analisadas na floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, nordeste de Goiás, Brasil Central.102
- Tabela 6.4. Coeficientes de correlação linear de *Pearson* (r) entre o incremento relativo acumulado por classes de diâmetro para as espécies estudadas, no auge das estações secas (set/2007 e ago/2008) e chuvosa (mar/2008 e abr/2008) no intervalo analisado. Os asteriscos indicam correlações significativas em nível de probabilidade de 99% (*) e 95% (**).105

RESUMO

Dinâmica da vegetação arbórea de uma floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no Brasil Central.

As florestas estacionais deciduais sobre afloramentos calcários ocorrem na forma de manchas e constituem uma das várias fisionomias florestais ocorrentes no bioma Cerrado. Estas florestas ocorrem em solos férteis e estão submetidas a um forte déficit hídrico sazonal e condições edáficas adversas (solos rasos e rochosos). O objetivo geral deste estudo foi analisar os aspectos da dinâmica da vegetação arbórea de uma floresta sobre afloramentos calcários no município de Iaciara (14°03'53"S; 46°29'15"O), Vale do Paranã, nordeste de Goiás, Brasil Central. No estudo da dinâmica da comunidade, as mudanças florísticas e estruturais foram analisadas a partir de comparações entre dois inventários realizados em parcelas permanentes (25 parcelas de 20 x 20 m alocadas aleatoriamente na floresta) nos anos de 2000 e 2006. Todos os indivíduos arbóreos com DAP \geq 5 cm foram amostrados, mensurados, e calculados os parâmetros fitossociológicos e diversidade das espécies. As espécies foram classificadas em três grupos funcionais definidos conforme a densidade da madeira: madeira leve (densidade de madeira $< 0,5 \text{ g.cm}^{-3}$); madeira média (0,5 a $0,8 \text{ g.cm}^{-3}$) e madeira pesada ($> 0,8 \text{ g.cm}^{-3}$). Foram calculadas as taxas de crescimento, recrutamento e mortalidade, assim como foram aplicadas análises de gradiente para testar a relação entre as taxas e algumas variáveis edáficas (rochosidade, declividade, macro e micro nutrientes do solo) e de luminosidade (abertura de dossel) coletadas nas parcelas. As taxas de crescimento (média $0,25 \text{ cm.ano}^{-1}$; mediana $0,21 \text{ cm.ano}^{-1}$), mortalidade ($2,77 \text{ \%.ano}^{-1}$) e recrutamento ($4,43 \text{ \%.ano}^{-1}$) foram elevadas e compatíveis com outras florestas estacionais tropicais de dinâmica intensa, incluindo florestas estacionais e matas de galeria do Cerrado. Na análise de gradientes, apenas o crescimento apresentou relação significativa com as variáveis ambientais rochosidade e abertura de dossel (CCA, autovalor do eixo 1 $> 0,3$). A dinâmica acelerada foi promovida principalmente pelo grupo funcional de madeira média, englobando espécies de características tipicamente pioneiras (ex. *Acacia tenuifolia* e *Combretum duarteanum*), com alta mortalidade e baixa longevidade. Espécies dos grupos de madeira leve (acumuladoras de água) e pesada (tecidos resistentes) apresentaram baixa mortalidade, maior longevidade, indicando estratégias mais eficientes de lidar com o déficit hídrico estacional. A dinâmica intensa não provocou mudanças qualitativas e quantitativas na composição arbórea, mostrando alta estabilidade florística da comunidade no intervalo. No estudo dos ritmos mensais

de crescimento, dendrômetros foram instalados nos troncos de indivíduos de duas espécies pertencentes aos três grupos funcionais: madeira leve (*Cavanillesia arborea* e *Commiphora leptophleos*), madeira média (*Acacia paniculata* e *Dilodendron bipinnatum*) e madeira pesada (*Myracruoduon urundeuva* e *Tabebuia impetiginosa*). As medidas de crescimento através dos dendrômetros, os aspectos fenológicos (folhação, floração e frutificação) e a pluviosidade foram tomados e correlacionados mensalmente, ao longo de 19 meses (maio/2007 a novembro/2008). Espécies pertencentes aos mesmos grupos funcionais tenderam a apresentar ritmos mensais de crescimento similares, influenciados pela estacionalidade na pluviosidade, porém com pequenas diferenciações devido à grande variabilidade intra-específica no crescimento e às flutuações climáticas no intervalo analisado. Foi observada uma tendência de que quanto maior a densidade da madeira, maior o decréscimo radial durante a seca. Espécies de madeira leve com troncos acumuladores de água apresentaram menores decréscimos radiais, ou estagnação, durante os meses secos, comportamento distinto das demais espécies, com maior decréscimo radial nos meses secos. A floresta apresentou uma dinâmica arbórea acelerada com comportamentos diferenciados entre os grupos funcionais em termos de crescimento, mortalidade e recrutamento, devido a suas estratégias de adaptação ao clima fortemente estacional.

Palavras-chave: Cerrado, floresta seca tropical, crescimento, mortalidade, recrutamento, grupos funcionais, densidade de madeira, dendrômetros, análises multivariadas.

ABSTRACT

Tree dynamics of a seasonally dry deciduous forest on limestone outcrops in Central Brazil

The seasonally dry deciduous forests on limestone outcrops occur as natural patches amongst various forest phytophysiognomies in the Cerrado biome. These forests occur on fertile soils and are subjected to strong seasonal rainfall deficits and stressful edaphic conditions (rock and shallow soils). The goal of this work was to investigate the aspects of the tree dynamics in a seasonally dry deciduous forest on limestone outcrops in the municipality of Iaciara (14°03'53"S; 46°29'15"W), Parana Valley, northeast Goiás, Central Brazil. Changes in floristics and structure were investigated within the analysis of community dynamics, through comparisons between two consecutive inventories in permanent plots (25 plots of 20 x 20 m randomly allocated in the forest) for the years 2000 and 2006. All trees with DBH \geq 5 cm were sampled, measured, and the phytosociological and diversity parameters were calculated. The species were classified in three functional groups according the stem wood density: lightwood (wood density $<$ 0.5 g.cm⁻³); softwood (0.5 to 0.8 g.cm⁻³) and hardwood ($>$ 0.8 g.cm⁻³). Rates of growth, mortality and recruitment were calculated, and gradient analyses were applied to test the relationships between these rates and some edaphic (rock cover, slope, soil macro and micro nutrients) and light (canopy opening) data collected in the plots. The rates of growth (mean 0.25 cm.year⁻¹; median 0.21 cm.year⁻¹), mortality (2.77 %.year⁻¹) and recruitment (4.43 %.year⁻¹) were high and compatible with the findings in other highly dynamic seasonally forests, including seasonal and gallery forests in the Cerrado domain. In gradient analysis, only growth showed a significant correlation with rock cover and canopy opening (CCA, eigenvalue of axis 1 $>$ 0.3). The softwood functional group that comprises typically pioneer species (eg. *Acacia tenuifolia* and *Combretum duarteanum*) with high mortality and low lifespan was the main contributor for the intense community dynamics. Lightwood (with stem water storage) and hardwood (with resistant tissues) groups presented low mortality and long lifespan, indicating more efficient seasonal water deficiency strategies. The intense dynamics did not promote qualitative and quantitative changes in floristic composition, therefore showing a highly floristic and structural stability in this community across the studied interval. For the monthly analysis of stem growth rhythms, dendrometers were placed on tree trunks (DBH \geq 4 cm) of two species belonging of each of three functional groups according the stem wood density, lightwood (*Cavanillesia arborea* and *Commiphora leptophleos*), softwood (*Acacia paniculata* and *Dilodendron bipinnatum*) and

hardwood (*Myracruoduon urundeuva* e *Tabebuia impetiginosa*). Measurements of growth by the dendrometers, phenology (foliar, flowering and fruiting) and rainfall were done monthly and correlated, during 19 months (from Mai/2007 to November/2008). Although some differences were detected due to the high intra-specific variability in growth, and to climatic fluctuations on the studied interval, species of the same groups are likely to present similar growth rhythms, influenced by the seasonality in the precipitation. The analysis showed a tendency for the denser the wood the higher the radial contractions in the dry seasons. Lightwood species had high stem water storage and presented low radial contractions, or radial stagnation, during dry months, while softwood and hardwood species presente high radial contractions in dry months. This forest subjected to an extremely seasonal climate presented intense tree dynamics with different strategic responses among the species functional groups promoting different patterns of growth, mortality and recrutement.

Key words: Cerrado, tropical dry forest, growth, mortality, recruitment, functional groups, wood density, dendrometers, multivariate analysis.

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO

1.1. INTRODUÇÃO GERAL

Os novos paradigmas do desenvolvimento humano voltam-se para noções de conservação da biodiversidade e sustentabilidade dos recursos naturais, intimamente relacionadas ao conhecimento das comunidades naturais (Stanley Jr. 1995). Em ecologia, os estudos de comunidades buscam entender os processos e mecanismos envolvidos no estabelecimento e manutenção das espécies em escalas espaciais e temporais, gerando informações sobre o funcionamento da natureza, e conseqüentemente, de quanto e como podemos utilizá-la sem prejudicar seu equilíbrio ecológico ou sem provocar seu comprometimento em longo prazo (Lawton 2000; Simberloff 2004).

O Brasil possui a maior reserva florestal natural do planeta, estando também dentre os maiores produtores e consumidores de produtos de origem florestal (FAO 2005). Setores estratégicos da economia brasileira, como a siderurgia, a indústria de celulose e a construção civil, são altamente dependentes do setor florestal (Brasil 2005). Por outro lado, a exploração desenfreada constitui o maior problema ambiental do país: o desmatamento de milhares de hectares por dia, principalmente nas fronteiras de expansão agrícola da Amazônia e Cerrado (Laurance et al. 2004; Fearnside 2005; Klink & Machado 2005). Muitas pesquisas vêm sendo realizadas para viabilizar o manejo sustentado e a conservação, mas a situação ainda está longe da ideal (ver Brandon et al. 2005). Portanto, faz-se necessária a busca por mais informações para subsidiar a sustentabilidade e a conservação das formações florestais remanescentes.

Os enfoques dos estudos da vegetação brasileira vêm mudando ao longo das últimas duas décadas. Até o final de 1980, grande ênfase era dada aos trabalhos descritivos da flora, como levantamentos florísticos e fitossociológicos, que contribuíram substancialmente para o entendimento fitogeográfico nacional (Rizzini 1997; Fernandes 2007). Durante as décadas seguintes os enfoques foram direcionados para os estudos relacionando os padrões da vegetação com fatores ambientais, bióticos e abióticos, buscando o entendimento da distribuição das espécies e comunidades em escalas locais (Felfili 1994; Oliveira-Filho et al. 1997a, 1998, 2001; Silva Junior 1997, 1998) e regionais (Oliveira-Filho & Ratter 1995; Torres et al. 1997; Oliveira-Filho & Fontes 2000; Felfili et al. 2004; Felfili & Silva Junior 2005; Silva et al. 2006). Paralelamente, surgiram também os estudos enfocando as mudanças das populações e comunidades em escalas temporais, através de análises de dinâmica da vegetação (Felfili 1995

a,b; 1997 a,b; Pagano et al. 1995; Oliveira-Filho et al. 1997b; Nascimento et al. 1999; Rolim et al. 1999) . Com o avanço destes conhecimentos, os estudos de dinâmica da vegetação voltaram-se para o entendimento das mudanças em escalas espaciais e temporais, ou seja, de como as mudanças da vegetação ao longo do tempo estão relacionadas com fatores ambientais.

O bioma Cerrado possui cerca de 15% de sua área coberta por fisionomias florestais, como matas de galeria, ciliares, e florestas estacionais, sendo que estas últimas formam uma parcela expressiva da vegetação em determinadas regiões, como no Vale do Paranã, nordeste do estado de Goiás (Felfili 2003). Nesta região ocorre um dos mais expressivos enclaves de floresta estacional decidual do Brasil (IBGE 2004; Felfili et al. 2007b), sobre relevos planos ou acidentados com solos férteis derivados de rochas de calcário (Ratter et al. 1978; Ribeiro & Walter 1998; Felfili 2003; Felfili et al. 2007b). Estudos descritivos da flora foram iniciados em 2000 e as informações geradas vêm contribuindo para um melhor entendimento florístico (Silva & Scariot 2003, 2004 a,b; Nascimento et al. 2004; Silva et al. 2004; Scariot & Sevilha 2005; Felfili et al. 2007a; Pereira 2008), elucidação de alguns padrões da vegetação relacionados a fatores ambientais (Sampaio 2001; Nascimento 2005; Nascimento et al. 2007; Pereira 2008), e aspectos da regeneração natural, recuperação e restauração (Vieira et al. 2006; Vieira & Scariot 2006a, 2008; Vieira et al. 2007; Meirelles 2008). Com o avanço destes conhecimentos, surge a necessidade de compreender como a vegetação se comporta em termos dinâmicos.

Neste contexto, este estudo pretende gerar informações que ampliem o entendimento dos processos que determinam a dinâmica da vegetação em florestas tropicais. Principalmente àquelas localizadas em ambientes estacionais associadas a afloramentos rochosos no Brasil Central, como é o caso da Floresta Estacional Decidual sobre afloramentos de calcário do Vale do Paranã, Nordeste do estado de Goiás, alvo do presente estudo. Há de se considerar que as informações geradas estarão engajadas na “Rede de Parcelas Permanentes do Cerrado e Pantanal”, no plano de Inventário Florestal Contínuo (IFC) do Sistema Nacional de Parcelas Permanentes (SisPP), que reúne diversas instituições de pesquisas brasileiras em parceria com o Ministério do Meio Ambiente (Felfili et al. 2005). Os dados, reunidos a outras informações sistematizadas da Rede, possibilitarão, no futuro, a construção de modelos que refletem a estrutura a dinâmica e processos relacionados às florestas nacionais, tal como realizado em outras regiões tropicais (ver Condit 1995), funcionando como importante instrumento para o manejo e o desenvolvimento florestal sustentáveis, e também para subsidiar políticas públicas e estratégias de conservação de áreas protegidas no Brasil. Iniciativas de bio-monitoramento como esta são importantes para o delineamento de políticas públicas nos vários níveis governamentais.

1.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.2.1. Estudos de dinâmica em florestas tropicais

Florestas tropicais caracterizam-se pela complexidade e diversidade biológica, resultantes da heterogeneidade de ambientes (mosaicos de vegetação) em função das mudanças ambientais em diferentes escalas temporais e espaciais (Whitmore 1990). Florestas tropicais são sistemas dinâmicos, onde ocorrem mudanças espaciais e temporais em nível individual, populacional e na comunidade. De acordo com os processos ecológicos locais, indivíduos são perdidos e repostos continuamente, em um balanço dinâmico dado pela razão mortalidade/recrutamento (Hartshorn 1990; Swaine et al. 1987; Swaine 1990). Este balanço dinâmico proporciona o estabelecimento e crescimento de novas espécies, mantendo assim o funcionamento refletido na diversidade vegetal das comunidades (Phillips et al. 1994; Rees et al. 2001).

O estudo de dinâmica das comunidades e/ou populações arbóreas refere-se, resumidamente, ao produto da interação espacial e temporal de diferentes fatores bióticos e abióticos, expresso por flutuações nos valores de mortalidade, recrutamento e crescimento (Swaine et al. 1987; Swaine 1990; Condit 1995; Rees et al. 2001). De acordo com Condit (1995), estudos de dinâmica podem ser organizados em três diretrizes: (1) elucidar os fatores envolvidos na regulação das populações e manutenção da diversidade – sendo este o seu objetivo original; (2) documentar as mudanças na composição de espécies – e no atual estágio de conhecimento, procurar relacioná-las com mudanças climáticas; e (3) desenvolver modelos demográficos de espécies individuais – cujo foco principal é subsidiar planos de manejo sustentável e conservação das populações e comunidades florestais.

Os estudos de dinâmica em florestas tropicais foram iniciados há não mais de um século, através da instalação de parcelas permanentes para monitoramento da vegetação, e, segundo Phillips & Gentry (1994), o primeiro estudo de longo prazo que satisfaz os critérios atuais de avaliação data de 1934, em Budongo, Uganda. Hoje, é inegável a enorme contribuição científica destes estudos, visto que a base teórica da moderna ecologia de florestas tropicais está calcada em informações advindas do monitoramento da vegetação em longo prazo. Através da evolução dos estudos, questões sobre os fatores determinantes na história de vida das plantas, composição de espécies, diversidade, produtividade e estabilidade – anteriormente consideradas áreas separadas de pesquisa – estão cada vez mais integradas e elucidadas (Rees et al. 2001).

Estudos de dinâmica em florestas tropicais foram e continuam sendo fundamentais para a caracterização e compreensão da diversidade e complexidade de populações e comunidades

vegetais (Condit 1995; Rees et al. 2001). A complexidade e a diversidade estão relacionadas à grande heterogeneidade de ambientes encontrados no interior das florestas, resultante de distúrbios naturais como a abertura de clareiras, de efeitos naturais como o efeito da densidade, predação, herbivoria, dispersão e competição intra e/ou interespecífica, bem como de fatores físicos, como variação da disponibilidade hídrica e características edáficas, que poderão determinar as condições do microambiente favorável ou não ao estabelecimento e desenvolvimento das espécies vegetais (Hartshorn 1980; Crawley 1997).

A interferência do homem nas florestas tropicais é uma realidade. Distúrbios antrópicos advindos de atividades extrativistas de recursos madeireiros e do solo, queimadas e caça provocam mudanças no regime de distúrbios e fatores naturais, modificando as condições físicas, as quais em conjunto induzem mudanças na estrutura e funcionamento da vegetação natural, afetando diretamente a dinâmica e a diversidade da floresta (Burslem & Whitmore 1999).

Neste sentido, os estudos de dinâmica em comunidades ou populações de espécies vegetais são necessários para poder direcionar os futuros estudos aplicados na biologia da conservação e no manejo de unidades de conservação, principalmente em ambientes perturbados por atividades antrópicas. A partir do conhecimento dos processos dinâmicos que atuam nas modificações da estrutura de uma comunidade florestal torna-se possível inferir qual a tendência futura de um determinado ecossistema florestal e qual a melhor forma de intervenção para manejo neste ecossistema (Hubbell & Foster 1992; Clark & Clark 1999).

1.2.2. Dinâmica de florestas estacionais tropicais

Grande parte da bagagem teórica existente para as florestas tropicais provém de estudos em florestas úmidas (pluviais ou ombrófilas), sendo comum a extrapolação das informações para fitofisionomias distintas, como para as florestas estacionais (ver Hytteborn & Skarpe 1992), que, no entanto, apresentam processos estruturais, funcionais e sucessionais distintos por estarem condicionadas à estacionalidade climática (Murphy & Lugo 1986), além de constituírem a maior fração da vegetação nas regiões tropicais do planeta (Miles et al. 2006).

As florestas estacionais diferem das úmidas, de forma generalizada, por ocorrerem em regiões tropicais submetidas à pronunciada sazonalidade na distribuição das chuvas, resultando em um longo período (3-7 meses) de baixa precipitação (<100 mm), onde se concentra menos de 10% da pluviosidade anual total (Murphy & Lugo 1986; Mooney et al. 1995; Pennington et al. 2006). A estacionalidade condiciona diversas características florísticas e estruturais nas comunidades, devido à sazonalidade dos processos ecológicos. Os reflexos nas comunidades

vegetais são: menor diversidade de espécies, menor estatura dos indivíduos arbóreos, menor área basal, maior abertura de dossel e espaçamento na conformação espacial, e menor produção primária líquida, em relação às florestas pluviais (Murphy & Lugo 1986; Mooney et al. 1995; Pennington et al. 2006).

Segundo Larcher (2000) a “seca”, ou seja, um período sem precipitação apreciável durante o qual o conteúdo da água no solo é reduzido, constitui um dos principais fatores de estresse para as plantas. A deficiência hídrica promove alterações nas propriedades físicas e químicas do solo, o que interfere nos processos de absorção, transporte e incorporação de água e nutrientes pelas plantas (Holbroock et al. 1995; Larcher 2000). Paralelamente, as plantas sofrem uma série de alterações fisiológicas e metabólicas, como por exemplo, diminuição do volume e turgência celular, limitação do metabolismo de proteínas e aminoácidos, e aumento de medidas osmorregulatórias, que desencadeiam alterações nos eventos de crescimento e reprodução (Mulkey & Wright 1996; Wright 1996; Crawley 1997; Larcher 2000).

A dinâmica das comunidades vegetais em florestas estacionais tropicais é diferenciada das florestas úmidas, uma vez que os principais processos ecológicos funcionais e sucessionais, como crescimento, reprodução e ciclagem de nutrientes, estão condicionados a um período de deficiência hídrica (Murphy & Lugo 1986; Borchert 1994a,b, 1999; Worbes 1999; Pennington et al. 2006). Em florestas estacionais decíduas tropicais, grande parte das árvores perde as folhas durante o período seco, e isto faz com que diminuam ou cessem seu crescimento, entrando em um período de dormência cambial. Paralelamente, a queda das folhas resulta em um grande acúmulo de serrapilheira no solo e na abertura do dossel, possibilitando uma maior penetração de luz no solo e maior incidência de ventos dentro da floresta. No entanto, o déficit hídrico retarda a ciclagem e a disponibilização de nutrientes. Muitos indivíduos, embora adaptados à seca, não suportam estas condições de estresse e morrem. Ao início da próxima estação chuvosa os indivíduos sobreviventes retomam seu crescimento, e a morte de alguns indivíduos abre espaços para que recrutas venham se estabelecer e desenvolver, e assim os processos dinâmicos continuam espaço-temporalmente promovendo a manutenção e funcionamento das comunidades (Murphy & Lugo 1986; Swaine et al. 1990; Crawley 1997).

1.2.3. Dinâmica de florestas estacionais no Brasil

No Brasil, a sazonalidade climática e as variações locais de solos e relevo condicionam a ocorrência de duas formas de florestas estacionais: a semidecidual e a decidual (Veloso et al. 1991). As duas diferem, basicamente, pelo grau de deciduidade foliar do estrato arbóreo, sendo

que na primeira forma, a porcentagem das árvores decíduas (no conjunto da floresta e não das espécies que perdem as folhas individualmente) situa-se entre 20% e 50%, enquanto na outra essa porcentagem é superior a 50% (Velooso et al. 1991). De acordo com IBGE (1992), as florestas semidecíduais ocorrem predominantemente em regiões mais próximas ao litoral, no domínio do bioma Mata Atlântica, com reentrâncias para o Brasil Central, ao passo que as florestas decíduais ocorrem predominantemente no Brasil Central, no domínio dos biomas Cerrado e Caatinga, onde ocorre estacionalidade climática anual mais pronunciada.

Estudos da dinâmica da vegetação arbórea em longo prazo em florestas estacionais no Brasil vêm sendo realizados através do monitoramento de parcelas permanentes, concentrados principalmente nos remanescentes de floresta estacional semidecidual da região Sudeste (Pagano et al. 1995; Oliveira-Filho et al. 1997b; Nascimento et al. 1999; Rolim et al. 1999; Chagas et al. 2001; Paula et al. 2002; Guilherme et al. 2004; Paula et al. 2004; Appolinário et al. 2005; Machado 2005; Souza 2005; Machado 2008), onde a sazonalidade não ocorre de forma tão pronunciada quanto em determinadas regiões do Brasil Central, onde predominam as florestas estacionais decíduais (IBGE 1992). No Brasil Central os estudos da dinâmica da vegetação arbórea vêm sendo conduzidos em florestas estacionais semidecíduais (Aquino et al. 1999; Schiavini et al. 2001; Pinto 2002; Pinto & Hay 2005; Marimon 2005; Paiva et al. 2007), matas de galeria (Felfili 1993; Felfili, 1995 a,b; Felfili 1997 a,b; Felfili 2000; Schiavini et al. 2001; Oliveira 2005; Lopes & Schiavini 2007) e formações savânicas de cerrado *sensu stricto* (Felfili et al. 2000; Líbano & Felfili 2006; Aquino et al. 2007 a,b; Roitman et al. 2008). Poucos são os estudos de dinâmica nas florestas estacionais decíduais do Brasil Central, destacando-se os de Werneck et al. (2000) e Werneck & Franceschinelli (2004) em uma floresta estacional decidual sobre afloramento de basalto no triângulo mineiro.

Estes estudos vêm examinando as mudanças nas populações e comunidades a partir de comparações entre um ou mais intervalos padronizados, sendo as informações sumarizadas basicamente na forma de taxas de crescimento, mortalidade e recrutamento. No entanto, as parcelas permanentes utilizadas possuem as mais variadas formas e tamanhos, o limite de inclusão diamétrica (DAP) e o critério de inclusão de formas de vida (ex. árvores, arbustos, palmeiras e lianas) não são padronizados, e os métodos de cálculo das taxas de dinâmica diferem entre os trabalhos. No mais, o histórico de perturbação das áreas é diferenciado, ou mesmo negligenciado em alguns estudos, o que, em conjunto com os demais fatores, resulta em ruídos e prejudica a interpretação dos resultados e detecção de padrões (Felfili et al. 2005).

Apesar de toda esta variabilidade, os estudos vêm indicando que a dinâmica das florestas estacionais brasileiras segue um determinado padrão, existindo certa constância dos parâmetros

dinâmicos flutuando em torno de valores próximos ao longo do tempo. Por exemplo, uma compilação dos valores das taxas anuais de mortalidade e recrutamento das comunidades arbóreas de algumas florestas brasileiras, considerando apenas os trechos florestais com baixo ou isento de distúrbio antrópico, sugere uma distinção dos padrões entre as florestas condicionadas a estacionalidade climática anual e as demais (florestas ombrófilas) (Figura 1.1).

Nas florestas estacionais e matas de galeria sujeitas a estacionalidade climática anual os valores de mortalidade e de recrutamento arbóreo são próximos ou superiores a $3\%.\text{ano}^{-1}$, ao passo que nas florestas úmidas os valores de mortalidade e recrutamento são mais balanceados e praticamente semelhantes, não ultrapassando $2\%.\text{ano}^{-1}$ (Figura 1.1). De maneira geral estes padrões revelam uma dinâmica mais acelerada para as florestas estacionais e matas de galeria sujeitas a estacionalidade climática anual, e concordam com o postulado na literatura de que a dinâmica destas comunidades é mais intensa do que a encontrada em formações florestais úmidas em função da sazonalidade dos processos ecológicos funcionais e sucessionais, como crescimento, reprodução e ciclagem de nutrientes, que estão condicionadas a um período de estresse devido a menor disponibilidade hídrica (Murphy & Lugo 1986; Swaine et al. 1990; Felfili 1993; Borchert 1994 a,b, 1999; Felfili 1995 a,b; Felfili 1997 a,b; Wright 1996; Worbes 1999; Pennington et al. 2006).

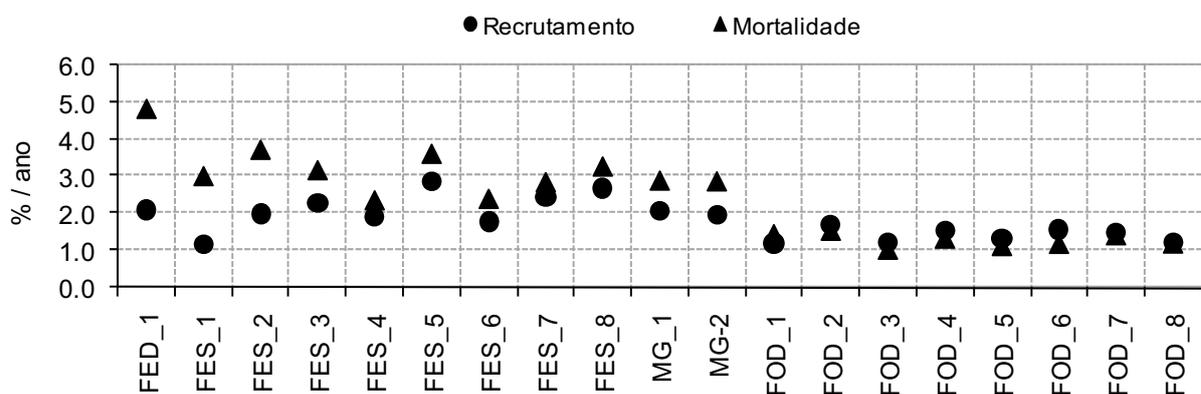


Figura 1.1. Valores das taxas anuais ($\%.\text{ano}^{-1}$) de recrutamento e mortalidade de indivíduos arbóreos ($\text{DAP} \geq 3,2 \text{ cm}$) extraídos de diferentes fitofisionomias no Brasil. Foram considerados apenas os estudos com intervalos de medições de até seis anos, em áreas preservadas ou com baixo impacto antrópico. FED = Floresta Estacional Decidual; FES = Floresta Estacional Semidecidual; MG = Mata de galeria; FOD = Floresta Ombrófila Densa; Refs: FED_1 (Werneck & Franceschinelli 2004); FES_1 (Guilherme et al. 2004); FES_2 (Apollinário et al. 2005); FES_3 (Oliveira-Filho et al. 1997b); FES_4 a FES_6 (Machado 2008); FES_7 (Souza 2005); FES_8 (Pinto 2002); MG_1 (Felfili 1995a; Oliveira 2005); MG_2 (Lopes & Schiavini 2007); FOD_1 a FOD_7 (Phillips et al. 2004).

Os fragmentos de floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários do Vale do Paranã encontram-se submetidos à forte estacionalidade climática, e embora estejam sobre solos eutróficos, desenvolvem-se sobre relevos íngremes e rochosos (Ratter et al. 1978; Ribeiro & Walter 1998; Silva & Scariot 2003, 2004 a,b; Nascimento et al. 2004; Felfili et al. 2007a; Pereira 2008). De acordo com Larcher (2000), plantas lenhosas que se desenvolvem nestas condições de estresse edáfico são perigosamente expostas à seca, uma vez que a rochosidade impede a retenção de água em longo prazo, e funciona como uma barreira à expansão subterrânea das raízes, potencializando o estresse hídrico da planta. O solo rochoso também tende a dificultar a sustentação dos indivíduos, aumentando a probabilidade de queda e conseqüentemente a mortalidade (Felfili et al. 2007a). Por outro lado, o relevo íngreme e rochoso proporciona maior espaçamento entre as árvores, e uma maior penetração da luminosidade nos estratos mais inferiores da floresta (Nascimento et al. 2007), o que vinculado a elevada fertilidade do solo tende a beneficiar o estabelecimento e crescimento de recrutas na presença da chuva. Desta forma, espera-se que estas florestas apresentem uma dinâmica arbórea acelerada, com elevado crescimento e elevadas taxas de mortalidade e recrutamento.

1.2.4. Grupos funcionais em florestas estacionais

Conforme exposto anteriormente, as florestas tropicais caracterizam-se por possuírem alta complexidade e diversidade vegetal, resultantes da heterogeneidade da vegetação em diferentes escalas temporais e espaciais (Whitmore 1990). Lidar com os diversos aspectos desta complexidade é uma tarefa difícil, e uma prática comumente adotada em análise de vegetação é classificar as plantas em grupos ou tipos funcionais, buscando simplificar a complexidade existente e melhorar a detecção de padrões ecológicos (Gitay et al. 1999; Köhler et al. 2000; Westoby et al. 2002; Reich et al. 2003; Gourlet-Fleury et al. 2005; Westoby & Wright 2006; Lavorel et al. 2007; Wright et al. 2007; Deng et al. 2008).

Por definição, um grupo funcional refere-se a “uma classificação não filogenética que agrupa organismos que respondem de maneira similar a um único fator ou a um conjunto de fatores ambientais”, com a restrição de que “as respostas aos fatores sejam mediadas pelos mesmos mecanismos”, restrição esta que diferencia meros “grupos ecológicos subjetivos” dos reais “grupos funcionais” (Gitay & Noble 1997; Gourlet-Fleury et al. 2005); ou seja, definir grupos funcionais em determinada vegetação implica em agrupar plantas que compartilham as mesmas características (ou tratos) funcionais, onde os membros presentes em um grupo devem diferir consistentemente dos membros presentes nos demais grupos, seja por um único trato, ou

pelo conjunto de atributos ou respostas funcionais (Gourlet-Fleury et al. 2005; Wright et al. 2007). Desta forma, a classificação das espécies em grupos funcionais busca auxiliar na elucidação dos processos ecológicos de forma mais integrada, sendo considerado um importante elo entre aspectos evolutivos e adaptativos das plantas e suas respostas à heterogeneidade espacial e temporal no ambiente (Reich et al. 2003; Gourlet-Fleury et al. 2005).

Considerando que as florestas estacionais tropicais apresentam padrões estruturais peculiares, determinados pelo período de déficit hídrico ao qual estão sujeitas, muitos dos grupos funcionais normalmente utilizados para florestas tropicais úmidas podem não refletir os aspectos funcionais da vegetação estacional. Por exemplo, certos grupos funcionais aplicados para florestas úmidas que envolvem aspectos de posição estratigráfica e sua relação com a luminosidade (ex. espécies de dossel e sub-bosque tolerantes a luz ou sombra, *sensu* Swaine & Whitmore 1988; Whitmore 1989) podem não ser adequados para florestas estacionais, devido a sua menor estrutura vertical (altura de dossel), menor número de estratos, estrutura de dossel mais aberta e maior incidência luminosa nos estratos mais inferiores em relação às florestas úmidas (Murphy & Lugo 1986; Mooney et al. 1995). Ou seja, em se tratando de florestas estacionais, o ideal é utilizar grupos funcionais que se adéquem a sua estrutura e aos principais aspectos funcionais de suas espécies.

Por estarem submetidas a um período de déficit hídrico sazonal, as plantas presentes nas florestas estacionais dependem de mecanismos fisiológicos de controle hídrico para sua existência no meio, mecanismos estes que envolvem diferentes custos e benefícios, e que influenciam na capacidade de crescimento, propagação (reprodução), competição e sobrevivência (Larcher 2000). Portanto, os tratos funcionais comumente utilizados para agrupar espécies em florestas estacionais tropicais são baseados em aspectos ecofisiológicos que denotam sua capacidade adaptativa em relação ao déficit hídrico. Neste contexto, os principais grupos funcionais adotados para as florestas estacionais são: a densidade da madeira (ex. madeira pesada, intermediária e leve) e a fenologia foliar (ex. sempre-verdes, brevidecíduas e decíduas), que denotam aspectos de controle hídrico das plantas (Reich & Borchert 1984; Sobrado 1991; Borchert 1994 a,b, 1999; Reich et al. 1997; Eamus 1999; Worbes 1999; Larcher 2000; Baker et al. 2002; Prior et al. 2004 a,b; Singh & Kushwaha 2005; King et al. 2006 a,b; February et al. 2007; Goldstein et al. 2008).

Em florestas estacionais decíduas a quase totalidade das árvores descarta suas folhas na estação seca, e os grupos funcionais baseados em aspectos fenológicos apresentam menor importância, uma vez que as espécies decíduas predominam (Murphy & Lugo 1986; Singh & Kushwaha 2005). Nestas florestas, as estratégias convergem principalmente para a capacidade da

planta de estocar água nos tecidos do lenho para ‘evitar’ ou ‘tolerar’ o déficit hídrico, refletido nas características da densidade da madeira (Borchert 1994 a,b, 1999; Larcher 2000; Reich et al. 2003; Wright et al. 2007). Estudos em florestas estacionais decíduais tropicais vêm indicando que o enquadramento das espécies de plantas em grupos funcionais pela densidade da madeira é adequado, pois este é um importante parâmetro que reflete processos ecofisiológicos e que mantém relações com o crescimento, mortalidade e longevidade arbórea (Borchert 1994 a,b; Reich et al. 1997; Baker et al. 2003; Reich et al. 2003; Rowe & Speck 2005; Chazdon et al. 2007; Wright et al. 2007).

A definição de grupos funcionais pela densidade de madeira é feita pelo enquadramento das espécies ao longo de uma escala, ou gradiente, cuja amplitude normalmente varia de 0,05 g.cm⁻³ para madeiras muito leves, a 1,2 g.cm⁻³ para madeiras muito pesadas (Paula & Alves 2007). Em um extremo deste gradiente estão as espécies do grupo funcional de madeira leve (*lightwoods*), que apresentam madeira de baixa densidade (<0,5 g.cm⁻³), de menor resistência física e mecânica, contendo grande proporção de tecido fibroso e parenquimal, permitindo um maior armazenamento de água durante a estação chuvosa (Schulze et al. 1988; Borchert 1994 a,b). As espécies enquadradas neste grupo ‘evitam’ a seca justamente por acumularem água nos tecidos durante a estação chuvosa. Um exemplo típico destas espécies é o baobá (*Adansonia digitata*) no Quênia, que estoca quantidades consideráveis de água no xilema e no córtex, que pode ser redistribuída para os ramos e folhas durante o período de estiagem (Fenner 1980). Já no outro extremo do gradiente estão as espécies do grupo funcional de madeira pesada (*hardwoods*), que possuem madeira dura, de alta densidade (> 0,8 g.cm⁻³), mais resistentes, com grande quantidade de tecido lignificado, cuja saturação de água é muito baixa no período seco, implicando em uma suspensão ou decréscimo no crescimento (Schulze et al. 1988; Borchert 1994 a,b). As espécies enquadradas neste grupo funcional ‘toleram’ a seca a partir da transição para o estado de dormência cambial na estação seca, aproveitando-se da maior resistência da madeira (Borchert 1994 a,b). Em meio a este gradiente estão presentes as espécies com madeira de densidade intermediária (*softwoods*), com densidade de madeira entre 0,5 e 0,8 g.cm⁻³, cujos padrões funcionais são relativamente pouco explorados na literatura (Borchert 1994 a,b), mas que geralmente apresentam comportamentos tendendo a se aproximar de um dos dois extremos (Worbes 1999; Baker et al. 2002). As florestas estacionais decíduais tropicais normalmente apresentam uma mistura de espécies pertencentes a tais grupos funcionais coexistindo no ambiente, cujos aspectos funcionais conferem respostas diferenciadas às influências ambientais (Sobrado 1991; Borchert 1994 a,b).

1.2.5. Estudos da relação entre crescimento e estacionalidade

Segundo Baker et al. (2002), é importante correlacionar o crescimento arbóreo com medidas de disponibilidade hídrica em florestas estacionais tropicais, pois tais correlações permitem elucidar padrões de desenvolvimento individual das espécies e levantar hipóteses sobre diferenciações inter-específicas no uso da água, possibilitando inferir sobre mecanismos que promovem a coexistência das espécies no ambiente.

Medidas precisas de crescimento arbóreo podem ser obtidas a partir do uso de dendrômetros permanentes para monitoramento periódico do incremento do tronco (Keeland & Sharitz 1993), visto que o incremento da circunferência do tronco é resultante da combinação do aumento na matéria seca proveniente da divisão celular do câmbio e das flutuações sazonais promovidas pelas mudanças na quantidade de água nos tecidos do tronco (Larcher 2000). Tais medidas permitem correlações com dados de disponibilidade hídrica local, como, por exemplo, medidas mensais de pluviosidade, sendo amplamente utilizadas em estudos florestais (Borchert 1994 a,b; Worbes 1999; Pélissier & Pascal 2000; Baker et al. 2002; Prior et al. 2004a; López-Ayala et al. 2006; February et al. 2007; O'Brien et al. 2008).

Estudos de periodicidade de crescimento arbóreo utilizando dendrômetros ainda são escassos em florestas brasileiras, e vêm sendo conduzidos em áreas de florestas na Amazônia Central (Silva et al. 2002; Dünish et al. 2003; Silva et al. 2003), de floresta estacional em São Paulo (Ferreira-Fedele et al. 2004; Lisi 2006), de floresta de Araucária no Paraná (Figueiredo-Filho et al. 2003), e de cerrado *sensu stricto* (Hoffman 2002; Bucci et al. 2004; Scholz et al. 2008) e mata de galeria (Rossato 2008; Rossato et al. 2009) no Distrito Federal. Uma síntese dos principais resultados destes estudos mostra que o desenvolvimento do tronco das árvores nas florestas úmidas e estacionais difere em função da sazonalidade. Enquanto que nas florestas úmidas o incremento do tronco é relativamente constante, nas florestas estacionais são encontrados dois padrões distintos: (1) paralisação ou mesmo decréscimo no incremento do tronco durante a época seca, resultado da redução e/ou dormência da atividade cambial e perda de água, e (2) retomada do incremento do tronco em resposta as primeiras chuvas, pelo intumescimento celular, reativação da atividade cambial e formação de novas camadas celulares no tronco. Tais padrões estão de acordo com os encontrados para outras florestas tropicais estacionais no mundo (Borchert 1994 a,b; Worbes 1999; Baker et al. 2002; Prior et al. 2004a; López-Ayala et al. 2006).

As florestas estacionais decíduais sobre afloramentos calcários do Brasil Central estão submetidas a uma forte sazonalidade na precipitação anual (Scariot & Sevilha 2005), com um

período seco (<50 mm) de cinco a seis meses de duração (ANA 2008). Diversos estudos vêm demonstrando que estas florestas apresentam comunidades arbóreas compostas por espécies pertencentes a grupos funcionais distintos quanto à densidade da madeira (Silva & Scariot 2003, 2004a 2004b; Nascimento et al. 2004; Felfili et al. 2007a), sendo encontradas tanto espécies com madeira pesada que, presumivelmente, sejam capazes de ‘tolerar’ a seca (ex.: os ipês, *Tabebuia* spp., e a aroeira, *Myracruodun urundeuva*), quanto espécies de madeira leve, teoricamente capazes de ‘evitar’ a seca (ex.: a barriguda-lisa, *Cavanillesia arborea*, e a falsa-amburana, *Commiphora leptophloeos*), onde espera-se que apresentem ritmos de crescimento diferenciados em função da resposta à estacionalidade.

1.2.6. Aspectos das florestas estacionais em afloramentos calcários

Vegetações sobre afloramentos rochosos ocorrem em diversas regiões nos trópicos, vinculadas a áreas onde o solo é inexistente, ou incipiente, restrito e descontínuo, cujas superfícies são constituídas basicamente por rochas. Os afloramentos rochosos podem possuir tamanhos e conformações variadas, mas sempre constituindo espaços diferenciados na paisagem dominante, e geralmente contendo comunidades vegetais diferentes daquelas das áreas circundantes (Scarano 2007; Porembski 2007).

De acordo com Thomas (1974), os afloramentos rochosos são originários de movimentos epirogenéticos que elevam camadas rochosas sub-superficiais, ou de processos erosivos que removem o solo sobre as camadas rochosas. No Brasil, vegetações sobre afloramentos rochosos encontram-se vinculadas principalmente a rochas de granito, gnaiss, arenito, quartzito e calcário (Porembski 2007), sendo este último considerado o tipo de afloramento mais comum no planeta (Thomas 1974; Trudgill 1985; Gerrard 1988).

O termo afloramento de calcário é utilizado para designar um conjunto heterogêneo de rochas sedimentares, formadas em ambientes marinhos ou lagunares, desde o Pré-Cambriano (\pm 4,5 bilhões de anos A.P.) ao Holoceno (\pm 11 mil anos A.P.), que têm como componente fundamental o mineral calcita, formado pelo carbonato de cálcio (Thomas 1974; Trudgill 1985; Gerrard 1988). Tais rochas são referidas como carbonáticas ou carbonatadas, e podem conter outros minerais, como a dolomita, pela presença do elemento magnésio, comumente associado a essas rochas e cujos teores são usados na classificação química das mesmas (Ham & Pray 1962).

Os estudos da vegetação realizados nos afloramentos calcários ao longo do planeta indicam que estes variam consideravelmente em termos florísticos e estruturais, podendo apresentar desde fisionomias tipicamente campestres, como as encontradas em algumas regiões

temperadas da América do Norte (Baskin & Baskin 2000) e Europa (Escudero 1996), até fisionomias predominantemente florestais, como as presentes em regiões tropicais na Ásia (Cao & Zhang 1997; Zhu et al. 2003) e Américas Central e do Sul (Trejo-Torres & Ackerman 2002; Pérez-García & Meave 2004; Pennington et al., 2006). A maior parte dos afloramentos calcários na América do Sul está situada nas regiões de climas sazonalmente secos, apresentando florestas estacionais como cobertura vegetal predominante (Pereira 2008).

No Brasil, as superfícies ocupadas por afloramentos calcários variam consideravelmente em forma e extensão. Segundo estimativas de Karmann & Sanchez (1979), a área de ocorrência de calcários no Brasil varia entre 425.000 e 600.000 km². As regiões cársticas, ou seja, áreas de rochas carbonáticas compostas principalmente por calcários e dolomitos, estão concentradas ao longo de determinadas porções do Brasil Central, englobando desde o centro-norte de Minas Gerais até o centro-oeste da Bahia, passando pelo nordeste de Goiás e sudeste de Tocantins (Carste 2007). Uma sobreposição entre a distribuição destas regiões cársticas e a distribuição da vegetação brasileira (IBGE 2004) indica uma grande presença de florestas estacionais decíduais nestas regiões, concordando com os padrões encontrados para a América tropical. Segundo estimativas de Felfili (2003) e Silva et al. (2006) as florestas estacionais ocorrem em forma de disjunções ou fragmentos naturais ocupando aproximadamente 15% da superfície do bioma Cerrado, e os estudos realizados no âmbito do Projeto Radambrasil no Brasil Central (Dambrós et al. 1981; Silva et al. 1982; Magnago et al. 1983) indicaram que a maior parte destas disjunções é formada por florestas decíduais associadas aos afloramentos ou solos férteis oriundos de calcários.

Um aspecto relevante a respeito dos afloramentos calcários é a fragilidade das suas rochas, sendo altamente susceptíveis à dissolução pelo ácido carbônico contido nas águas pluviais e nas substâncias liberadas pelas raízes e detritos orgânicos superficiais (Trudgill 1985; Gerrard 1988). Isto faz com que os afloramentos calcários sejam intemperizados de forma mais acelerada em comparação a outras formas de afloramento, e acarreta na formação de superfícies muito heterogêneas sob o ponto de vista micro-topográfico (Thomas 1974; Trudgill 1985; Gerrard 1988). Conseqüentemente, os afloramentos de calcários são considerados sistemas altamente dinâmicos, pois além de sofrerem desagregações rochosas pela ação da chuva e presença da vegetação, também são mais susceptíveis a desmoronamentos e desabamentos naturais (Thomas 1974).

Por outro lado, esta dinâmica acelerada de desagregação rochosa os tornam ambientes extremamente ricos em nutrientes, pela elevada disponibilidade de elementos básicos, principalmente Ca e Mg, promovendo elevada fertilidade natural (Thomas 1974). Além disso, o

dinamismo dos afloramentos de calcário leva à formação de diversos microhabitats e gradientes nesses sistemas, promovendo o estabelecimento de espécies com diferentes habilidades no aproveitamento dos recursos (Furley & Newey 1979). Em ambientes tropicais sazonais, esta elevada fertilidade favorece o estabelecimento das plantas, porém, a limitação é dada pelo período de déficit hídrico, uma vez que o tempo de permanência de água na superfície rochosa é reduzido, selecionando as espécies de acordo com sua tolerância a seca (Furley & Newey 1979; Larcher 2000; Pérez-García & Meave 2004).

Considerando todas as condições supracitadas, as florestas estacionais associadas a afloramentos calcários ocupam lugar de destaque entre as formações vegetais tropicais, por serem consideradas relictuais (Prado & Gibbs 1993; Prado 2000; Pennington et al. 2000, 2006), conterem espécies endêmicas ou pouco comuns às vegetações circundantes (Crowther 1982; Pérez-García & Meave 2004; Silva et al. 2004) e concentrarem recursos naturais (madeireiros e minerais) importantes para o ser humano (Murphy & Lugo 1986; Felfili 2003; Scariot & Sevilha 2005; Felfili et al. 2007b).

1.2.7. Aspectos das florestas estacionais no Vale do Paranã e a necessidade de estudos de dinâmica

Ocupado em sua grande maioria por formações savânicas e áreas de transição savana-floresta, o bioma Cerrado apresenta parte de sua extensão coberta por fisionomias florestais, dentre as quais estão as florestas estacionais (Felfili 2003), vulgarmente conhecidas como “matas secas”. Embora tais florestas representem uma pequena parcela do bioma, elas formam uma parcela expressiva da vegetação em determinadas regiões, como na microrregião do Vale (ou Vão) do Paranã, no nordeste do estado de Goiás, ocorrendo sobre relevos planos a acidentados com solos férteis derivados de rochas básicas como calcário (Ratter et al. 1978; Ribeiro & Walter 1998; Felfili 2003; Scariot & Sevilha 2005; Pereira 2008).

As florestas que ocorrem nas áreas de afloramento rochoso, em geral, perdem quase que totalmente as folhas (>90%) na época seca e são denominadas decíduas (Scariot & Sevilha 2005; Nascimento et al. 2007; Felfili et al. 2007a). As florestas estacionais deciduais sobre afloramentos calcários do Brasil Central apresentam uma estrutura onde predominam árvores mesofanerófitas, segundo classificação de Raunkier (Kent & Coker 1992), cujas árvores emergentes do dossel atingem de 20 a 30 m de altura, e os maiores diâmetros ficam entre 50 cm e 100 cm, com algumas espécies ultrapassando os 100 cm, como no caso da barriguda-lisa (*Cavanillesia arborea*) (Felfili et al., 2007a). Os troncos da maioria das espécies lenhosas são

retilíneos, com as copas formando-se após os 6 m de altura, mas algumas espécies de florestas decíduas como a barriguda-de-espinho (*Ceiba speciosa*), e a barriguda-lisa (*Cavanillesia arborea*) apresentam troncos com uma protuberância central do tipo “barriga”. A riqueza considerando o limite de inclusão de indivíduos de 5 cm à altura do peito, está na faixa de 40 a 60 espécies e a densidade, na faixa de 500 a 900 indivíduos por hectare (Silva & Scariot 2003, 2004 a,b; Felfili 2003; Nascimento et al. 2004; Nascimento 2005; Scariot & Sevilha 2005; Felfili et al., 2007 a,b; Pereira 2008).

A vegetação destas florestas estacionais é rica em espécies produtoras de madeiras nobres como a aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) e os ipês (*Tabebuia* spp.), além de algumas outras que de tão nobres já se encontram fora do mercado comercial, como o cedro (*Cedrela fissilis*) e a amburana (*Amburana cearensis*) (Felfili 2003). A falta de métodos racionais de manejo torna a atividade madeireira predatória, e o cenário se agrava quando, após a exploração seletiva de madeira, as florestas sofrem corte raso para produção de carvão, que é exportado a baixo custo para a siderurgia mineira, deixando a região depredada em sua biodiversidade (Felfili 2003). Além disso, a exploração de calcário para subsidiar atividades agrícolas e construção civil é outra atividade predatória que vem contribuindo para a remoção destas florestas (Felfili 2003; Scariot & Sevilha 2005; Felfili et al. 2007b).

Devido à rápida destruição da vegetação natural, estudos de caracterização da vegetação das florestas do Vale do Paranã foram iniciados neste milênio por meio do projeto “Conservação e Manejo das Florestas Estacionais do Vale do Paranã” com apoio do Programa PROBIO-MMA. As informações geradas permitem afirmar que estas florestas apresentam uma flora peculiar, distinta das demais áreas de floresta (matas de galeria, ciliares, cerradão) e savana (cerrado *sensu stricto*) adjacentes, incluindo espécies arbóreas da Caatinga, como a barriguda-lisa (*Cavanillesia arborea*), a amburana (*Amburana cearensis*) e a falsa-amburana (*Commiphora leptophleas*), e espécies presentes na Lista Oficial de Espécies Brasileiras Ameaçadas de Extinção (Portaria nº 06-N/1992 do IBAMA), como a amburana (*Amburana cearensis*), a aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) e a braúna (*Schinopsis brasiliensis*) (Silva & Scariot 2003, 2004a, 2004b; Felfili 2003; Nascimento et al. 2004; Silva et al. 2004; Nascimento 2005; Scariot & Sevilha 2005; Felfili et al., 2007 a,b).

O levantamento regional da flora do Vale do Paranã realizado por Silva et al. (2004), a partir da compilação de dados da literatura e do material botânico depositado no herbário do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, Brasília), revelou um total de 1121 espécies distribuídas em 514 gêneros e 124 famílias, onde os elementos arbustivos e arbóreos possuem alta representatividade, correspondendo a 40% do total de espécies. As florestas estacionais

contribuíram consideravelmente na riqueza regional, com 429 espécies (38,3% do total), fato atribuído a sua alta representatividade na região e ao maior esforço de coleta. Dentre as famílias e gêneros arbóreos mais representativos nas florestas estacionais estão Fabaceae, Malvaceae, Bignoniaceae, Anacardiaceae, Apocynaceae, e *Machaerium*, *Aspidosperma* e *Tabebuia*, que são elementos florísticos comuns em outras florestas estacionais neotropicais (Andrade-Lima 1981; Oliveira-Filho & Ratter 1995; Pennington et al. 2000; Prado 2000; Oliveira-Filho et al. 2006). As famílias Cactaceae e Bromeliaceae também são ricas e suas espécies abundantes, o que confere similaridades com fisionomias arbóreas da Caatinga (Andrade-Lima 1981). A flora arbórea das florestas estacionais sobre afloramentos calcários do Vale do Paranã apresenta fortes afinidades com o padrão florístico descrito por Andrade-Lima (1981) para as florestas estacionais sobre afloramentos calcários da Caatinga no norte de Minas Gerais e Bahia, reconhecida pelo autor como uma forma de floresta decidual com associação das espécies pertencentes aos gêneros *Tabebuia-Aspidosperma-Astronium-Cavanillesia*, classificada fisionomicamente como Caatinga Densa.

Os padrões florísticos encontrados por Silva et al. (2004), associados a outros estudos que buscaram gerar informações em nível regional sobre a origem e a importância fitogeográfica das florestas estacionais do Brasil Central (Ratter et al. 1978; Andrade-Lima 1981; Eiten 1992; Prado & Gibbs 1993; Oliveira-Filho & Ratter 1995; Pennington et al. 2000; Prado 2000; Silva et al., 2004; Oliveira-Filho et al. 2006; Pereira 2008), vem indicando que as florestas estacionais do Vale do Paranã são áreas de conexão florística e rota migratória de espécies florestais entre dois grandes centros de florestas estacionais da América do Sul, a Caatinga (no Nordeste brasileiro, estendendo-se até o norte de Minas Gerais) e o Chaco (cobrindo a maior parte do território argentino, sul da Bolívia, Centro-Oeste do Paraguai e Sul do Mato Grosso do Sul, Brasil), além de possuírem floras compartilhadas com outras regiões úmidas no domínio Amazônico e da Mata Atlântica. Assim, as florestas estacionais do Vale do Paranã, há até pouco tempo desconhecidas, agora são reconhecidas como um importante componente da vegetação brasileira.

Outros estudos sobre a vegetação das florestas estacionais deciduais do Vale do Paranã foram desenvolvidos buscando elucidar aspectos sobre a regeneração natural, recuperação e restauração. Vieira et al. (2006), Vieira & Scariot (2006a), Vieira et al. (2007) e Vieira & Scariot (2008) desenvolveram uma série de estudos sobre as consequências de distúrbios antrópicos como corte seletivo, pastagens e presença de lianas na regeneração arbórea (plântulas, mudas e arvoretas) de florestas deciduais sobre terrenos planos, e encontraram uma alta capacidade de regeneração por rebrota, por dispersão anemocórica e por resiliência nas áreas com maior intensidade de perturbação, onde algumas das espécies mais exploradas economicamente na

região (ex. *Myracrodruon urundeuva*, *Tabebuia impetiginosa* e *Astronium fraxinifolium*) apresentaram elevada densidade de regenerantes. Por outro lado, as áreas mais perturbadas apresentaram ausência ou baixa densidade de espécies típicas destas florestas (ex. *Cavanillesia arborea*, *Eugenia dysenterica* e *Swartzia multijuga*), representando uma ameaça ao futuro de suas populações. Em três florestas decíduais sobre afloramentos calcários isentas de perturbações, Meirelles (2008) analisou a dinâmica da regeneração de espécies arbóreas no intervalo de cinco anos, encontrando poucas alterações na composição, riqueza e diversidade florística, e uma alta relação com os estratos arbóreos correspondentes. Em síntese, estes estudos vêm mostrando que as florestas estacionais decíduais do Vale do Paranã possuem alta resiliência, e quando isentas de distúrbios, tendem a manter-se floristicamente estáveis.

Os estudos desenvolvidos até o momento nas florestas sobre afloramentos calcários do Vale do Paranã buscaram caracterizar a vegetação, por meio de inventários florísticos e fitossociológicos (Silva & Scariot 2003, 2004 a,b; Nascimento et al. 2004; Silva et al. 2004; Nascimento 2005; Scariot & Sevilha 2005; Felfili et al. 2007a; Pereira 2008). Parcelas permanentes foram estabelecidas por ocasião dos inventários apoiados pelo programa PROBIO de modo a possibilitar as primeiras análises de dinâmica das florestas estacionais sobre afloramentos calcários. No bioma cerrado, as análises de dinâmica ainda são escassas em relação à sua vasta extensão. Estas foram realizadas em algumas áreas de cerrado *sensu stricto* (Felfili et al. 2000; Libano & Felfili, 2006; Aquino et al. 2007 a,b; Roitman et al. 2008), matas de galeria (Felfili 1993; Felfili 1995a, 1995b; Felfili 1997 a,b; Felfili 2000; Schiavini et al., 2001; Libano & Felfili, 2006; Lopes & Schiavini 2007), e em alguns tipos distintos de florestas estacionais, como nas florestas semidecíduais (Aquino et al. 1999; Schiavini et al. 2001; Paiva et al. 2007) e decíduais (Werneck et al. 2000; Werneck & Franceschinelli 2004) do triângulo mineiro, e na floresta de vale da Chapada dos Guimarães (Pinto 2002; Pinto & Hay 2005).

Especificamente nas florestas estacionais do Vale do Paranã, o conhecimento dos processos dinâmicos que atuam nas modificações da estrutura arbórea permitirá inferir qual a tendência futura e as melhores formas de intervenção (Hubbell & Foster 1992; Clark & Clark 1999). Portanto, as informações originadas poderão subsidiar no futuro, juntamente com as demais informações já levantadas, a elaboração de planos de manejo sustentado, onde a extração será regulada de acordo com as mudanças naturais da floresta.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo geral

Analisar a dinâmica da vegetação arbórea de uma floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, microrregião do Vale do Paraná, Nordeste do estado de Goiás, Brasil Central.

1.3.2. Objetivos específicos e hipóteses

A presente tese foi estruturada em capítulos. O **capítulo 1** apresenta a introdução geral, revisão bibliográfica, hipóteses e objetivos gerais da tese. O **capítulo 2** apresenta a descrição (localização, relevo, solos, clima e vegetação) da floresta estudada. Os demais capítulos buscaram atingir os seguintes objetivos específicos e suas hipóteses:

Capítulo 3 – Analisar os principais parâmetros de dinâmica (crescimento, mortalidade e recrutamento) da comunidade e principais populações arbóreas, e sua relação com gradientes ambientais e tendências de grupos funcionais (conforme a densidade da madeira) na floresta no intervalo de seis anos (2000 – 2006). Parte-se da premissa que a floresta apresentará uma dinâmica acelerada, com altas taxas de mortalidade e recrutamento, por estar estabelecida em clima estacional e sob condições edáficas adversas (solos rasos, rochosos e íngremes).

Capítulo 4 – Analisar as mudanças na composição florística, diversidade e estrutura fitossociológica da vegetação arbórea e sua relação com gradientes ambientais e grupos funcionais na floresta no intervalo de seis anos (2000 – 2006). Parte-se da hipótese de que mesmo apresentando uma dinâmica arbórea intensa, esta não implicará em mudanças significativas na composição e estrutura florística.

Capítulo 5 – Avaliar a precisão dos dendrômetros artesanais utilizados na análise dos ritmos mensais de crescimento (capítulo 6), a partir da comparação com dendrômetros industriais importados. Parte-se da hipótese que os dendrômetros artesanais apresentarão a mesma precisão nas medidas mensais de crescimento em relação aos dendrômetros industriais (controle).

Capítulo 6 – Analisar, a partir de leituras mensais dos dendrômetros artesanais, a influência da pluviosidade nos ritmos mensais de crescimento e fenologia de algumas espécies arbóreas pertencentes aos três grupos funcionais adotados (conforme densidade de madeira). Parte-se da hipótese que espécies arbóreas pertencentes a grupos funcionais distintos com relação à densidade da madeira apresentarão ritmos mensais de crescimento diferenciados, inter-relacionados com os eventos fenológicos e condicionados pela estacionalidade.

CAPÍTULO 2. ÁREA DE ESTUDO

2.1. LOCALIZAÇÃO

Este estudo foi desenvolvido em um fragmento de floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários localizado nos município de Iaciara (Fazenda Sabonete, coordenadas no ponto central 14°03'53"S; 46°29'15"O) (Figura 2.1). O fragmento possui aproximadamente 93 hectares, e encontra-se inserido na área central da microrregião do Vale do Paranã, no nordeste do estado de Goiás, Brasil (Figura 2.1). Esta microrregião está inserida na Reserva da Biosfera do Cerrado Fase 2 (UNESCO 2002), sendo também considerada como um corredor ecológico prioritário para conservação da vegetação natural do Cerrado (Felfili 2003).

2.2. RELEVO E SOLOS

O fragmento estudado encontra-se em relevo de encosta de morro sobre afloramentos de rochas de calcário com declividade acentuada (10-24°), em altitude variando de 600 m em sua base a 720 m em seu topo. O calcário dos afloramentos desta região é oriundo de rochas do Meso/Neoproterozóico, sendo tipicamente dolomítico, formado por lentes de calcário e dolomitos com alta concentração de Mg e Ca, pertencente ao grupo Bambuí (Fernandes et al. 1982; Finatec 2001). No fragmento, as rochas de calcário ocorrem tanto na forma de pequenas rochas no solo quanto na forma de grandes blocos de tamanhos variados (Figura 2.2).

Os solos presentes nos afloramentos de calcário desta região são variados, predominando os solos dos tipos Cambissolo e Neossolo Litólico Eutrófico (Krejci et al. 1982; IBGE 1995), com horizonte B incipiente e elevada saturação de bases (Embrapa 2006). No fragmento estudado o solo possui elevada fertilidade (vide capítulo 3), cujas camadas superiores são rasas, raramente ultrapassando 20 cm de profundidade, e estão restritas a camadas de folhas e matéria orgânica entre as rochas (Nascimento 2005; Felfili et al. 2007a).

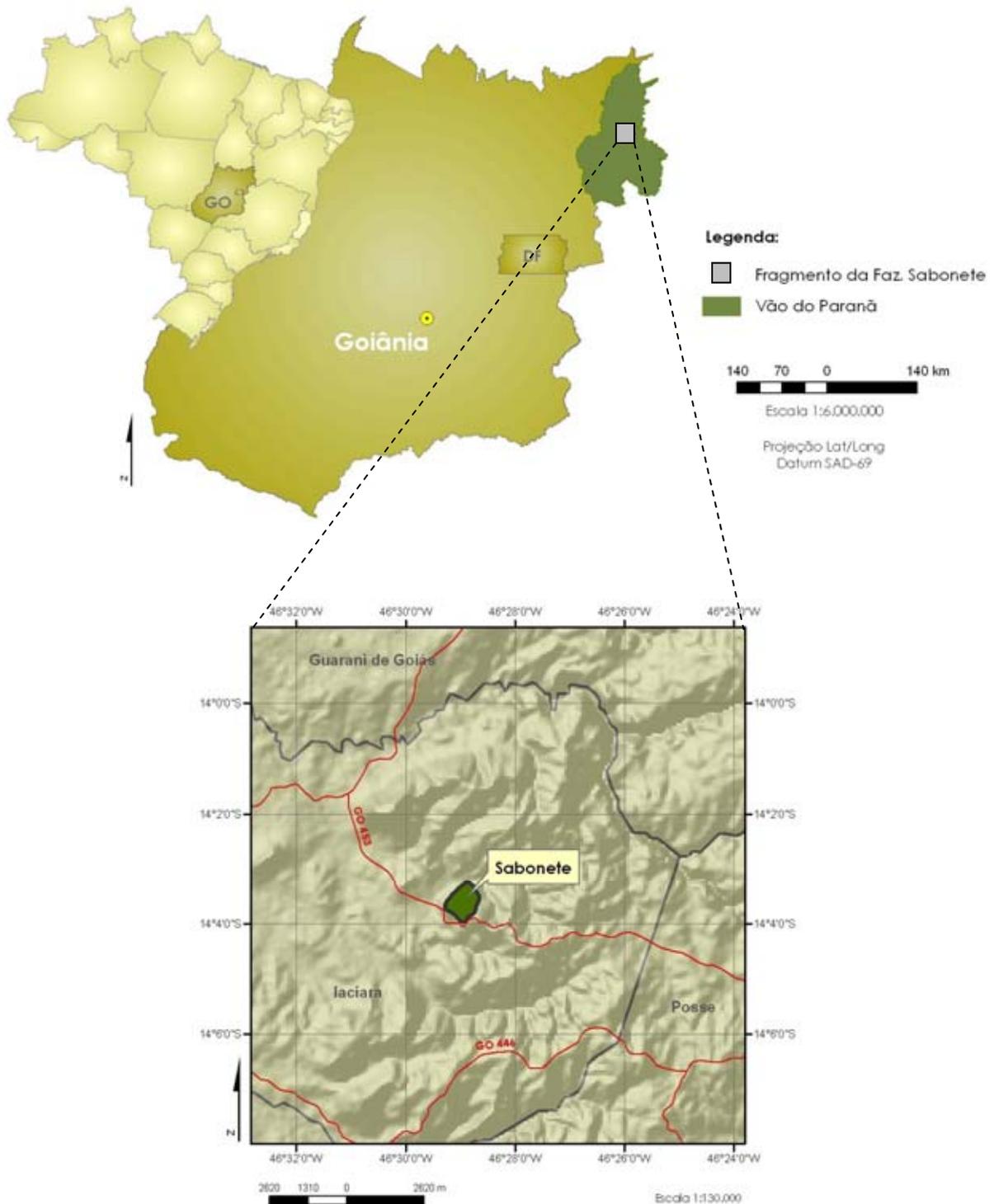


Figura 2.1. Localização geográfica da microrregião do Vale do Paranã, no nordeste do Estado de Goiás, Brasil Central, e indicação da floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários estudada (Fazenda Sabonete), no município de Iaciara.

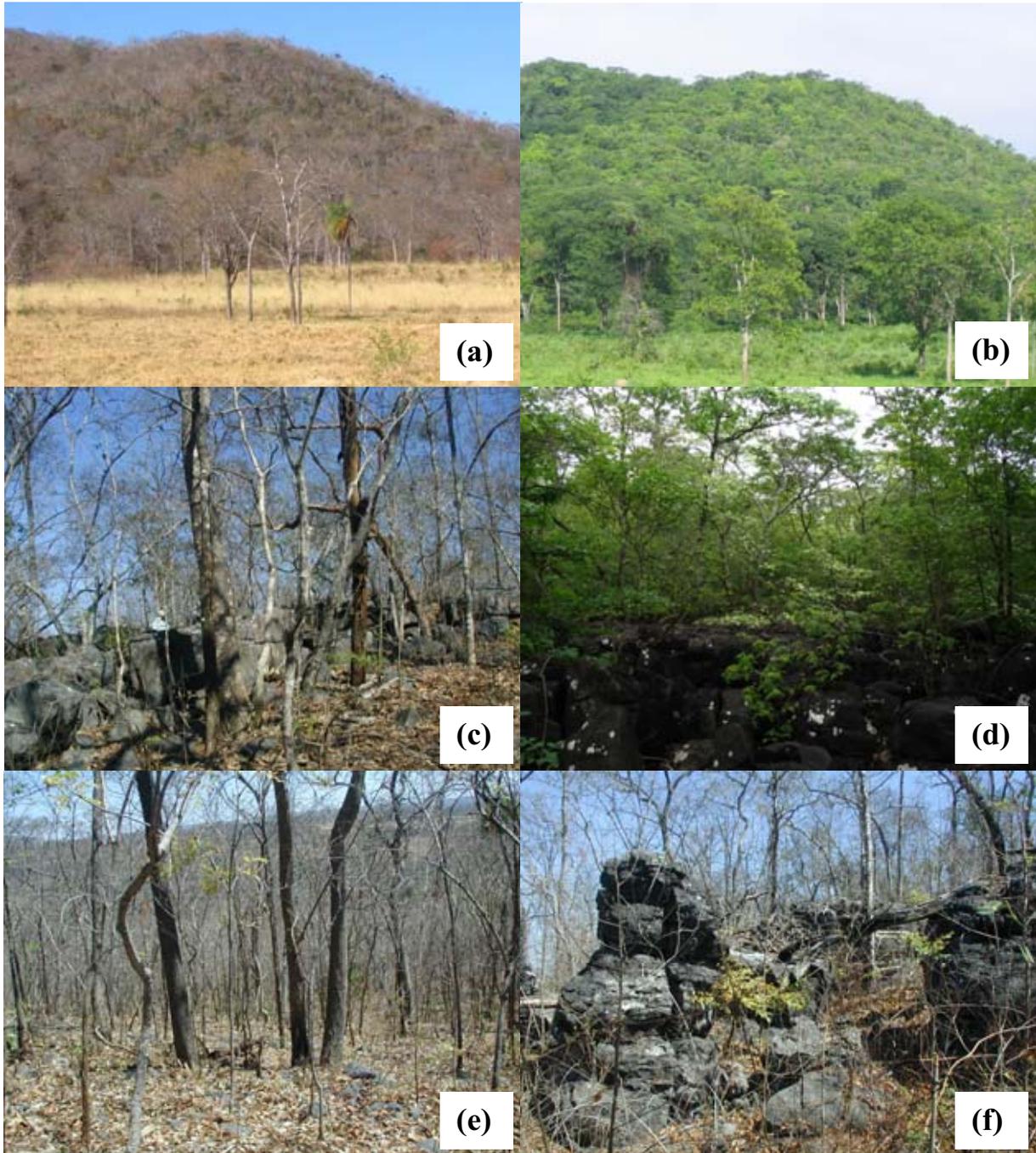


Figura 2.2. Aspectos fisionômicos da floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários estudada no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil. Registro da vegetação (no mesmo ponto) no exterior (a e b) e interior (c e d) da floresta durante os períodos de seca e chuva, respectivamente. Presença de rochas de calcário no solo da floresta sob a forma de pequenas rochas (e) e grandes blocos (f). Fotos: (a) R.F. Haidar, (c, e, f) J.M. Felfili, (b,d) E.L. Meirelles

2.3. CLIMA

O clima predominante na região, segundo classificação de Koeppen, é o Aw (tropical quente com duas estações bem definidas), com temperatura média anual em torno de 23°C, sendo julho o mês de menor temperatura (18°C) (IBGE 1995). A análise da série histórica de precipitação no período de 1970 a 2008 na estação pluviométrica da Fazenda Ingazeiro, no município de São Domingos (ANA 2008), em altitude de 677m e distante cerca de 50 km do fragmento estudado, indica uma pluviosidade anual com totais superiores a 800 mm e inferiores a 2000 mm, apresentando grande oscilação anual, com alternância de períodos de maior ou menor pluviosidade (Figura 2.3a). A distribuição das chuvas é sazonal, apresentando um período de cinco meses tipicamente secos, onde os valores das isoietas são inferiores a 50 mm, entre os meses de maio a setembro (Figura 2.3b).

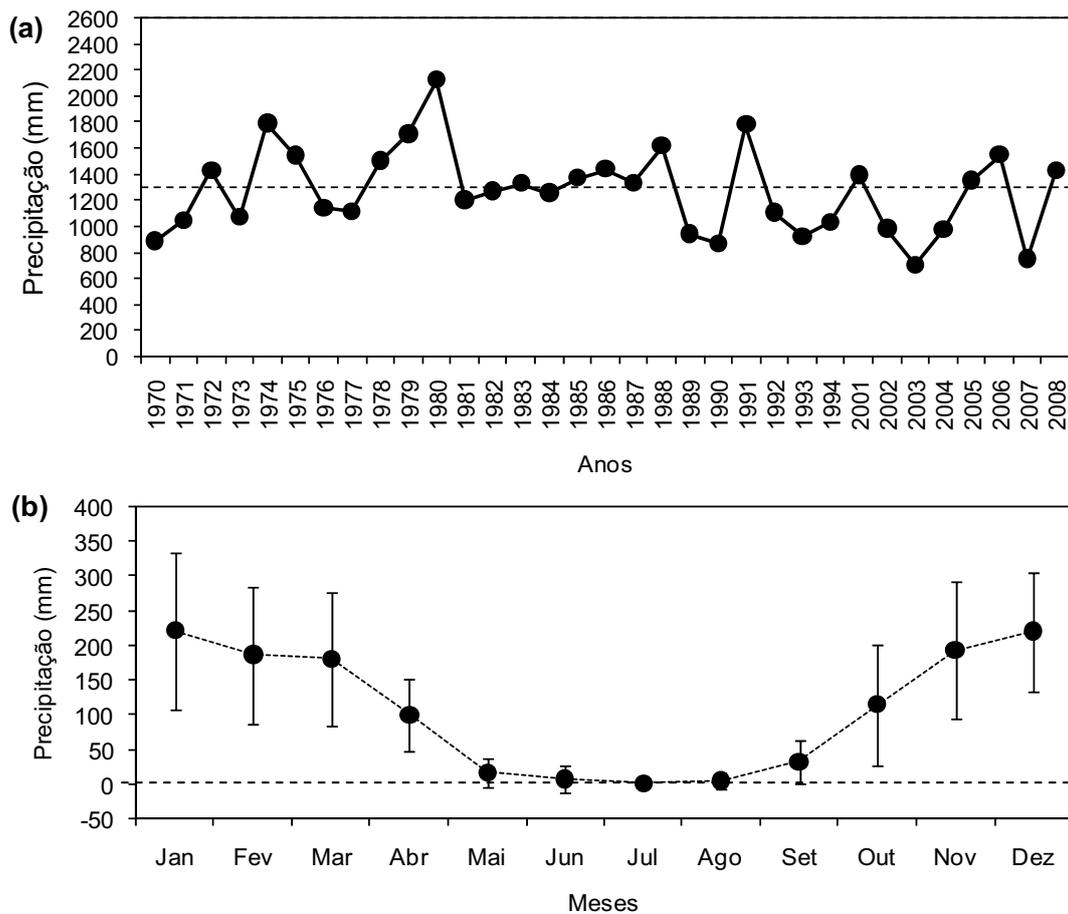


Figura 2.3. Variação (a) anual e (b) mensal média (\pm desvio padrão) da precipitação na estação pluviométrica da Fazenda Ingazeiro, município de São Domingos, GO, distante cerca de 50 km (em linha reta) da área de estudo (floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários, município de Iaciara, GO). A linha pontilhada na figura (a) se refere à média da precipitação na série (1276 mm). Anos de 1995 a 2000 indisponíveis. Fonte: adaptado de ANA (2008).

2.4. VEGETAÇÃO

A cobertura vegetal da microrregião do Vale do Paranã, onde se insere o fragmento estudado, compreende um mosaico de fisionomias de cerrado *sensu stricto*, cerradão, florestas estacionais (deciduais e semideciduais), matas de galeria e matas ciliares (IBGE 2004; Felfili et al. 2007b). A vegetação natural desta região encontra-se enquadrada na unidade de paisagem nº 3, segundo classificação da paisagem do Cerrado de Silva et al. (2006), que corresponde às áreas de depressão dominadas por florestas estacionais e com vegetação savânica (cerrado *sensu stricto*) como fisionomia secundária. Nos locais de declividade acentuada e com presença de afloramento calcário ocorrem as florestas estacionais deciduais, circundadas por uma matriz de cerrado e pastagens.

A vegetação do fragmento estudado está enquadrada no sistema de classificação da vegetação brasileira como Floresta Estacional Decidual (Veloso et al. 1991), onde a maioria das árvores (> 50%) perde totalmente as folhas na estação seca. Estudos desenvolvidos no fragmento indicam que o número de indivíduos decíduos ultrapassa os 90% (Nascimento et al. 2007; Felfili et al. 2007a) (vide Figura 2.2).

O fragmento apresenta uma comunidade predominantemente arbórea, composta por espécies mesofanerófitas capazes de se desenvolver sobre os solos rasos e fendas das rochas (Felfili et al. 2007a) (Figura 2.4). Os troncos são retilíneos em sua maioria, com copas formando-se após os 6 m de altura e dossel atingindo de 20 a 25 m de altura, cujos maiores diâmetros ficam entre 50 e 100 cm, embora algumas espécies possuam troncos com protuberância do tipo “barriga” (ex. *Cavanillesia arborea* e *Ceiba speciosa*), cujos diâmetros ultrapassam os 100 cm (Figura 2.4). A riqueza está na faixa de 40 a 60 espécies, e a densidade na faixa de 500 a 900 indivíduos arbóreos por hectare (Felfili et al. 2007a). Epífitas são pouco abundantes, enquanto Bromeliáceas e Cactáceas são freqüentes, uma vez que a limitação hídrica no solo favorece espécies destas famílias (Felfili 2001; Felfili et al. 2007a).

Por ocorrer em relevo acidentado, o fragmento ainda apresenta bom estado de conservação. Observações de campo ao longo dos últimos oito anos, acrescidas de informações obtidas do proprietário, indicam pouca ou nenhuma perturbação antrópica no local a pelo menos 20 anos, embora existam evidências de extração de madeira e queimadas antigas em alguns trechos do fragmento, especialmente nas proximidades das bordas, que estão circundadas quase que exclusivamente por pastagens com gramíneas exóticas.

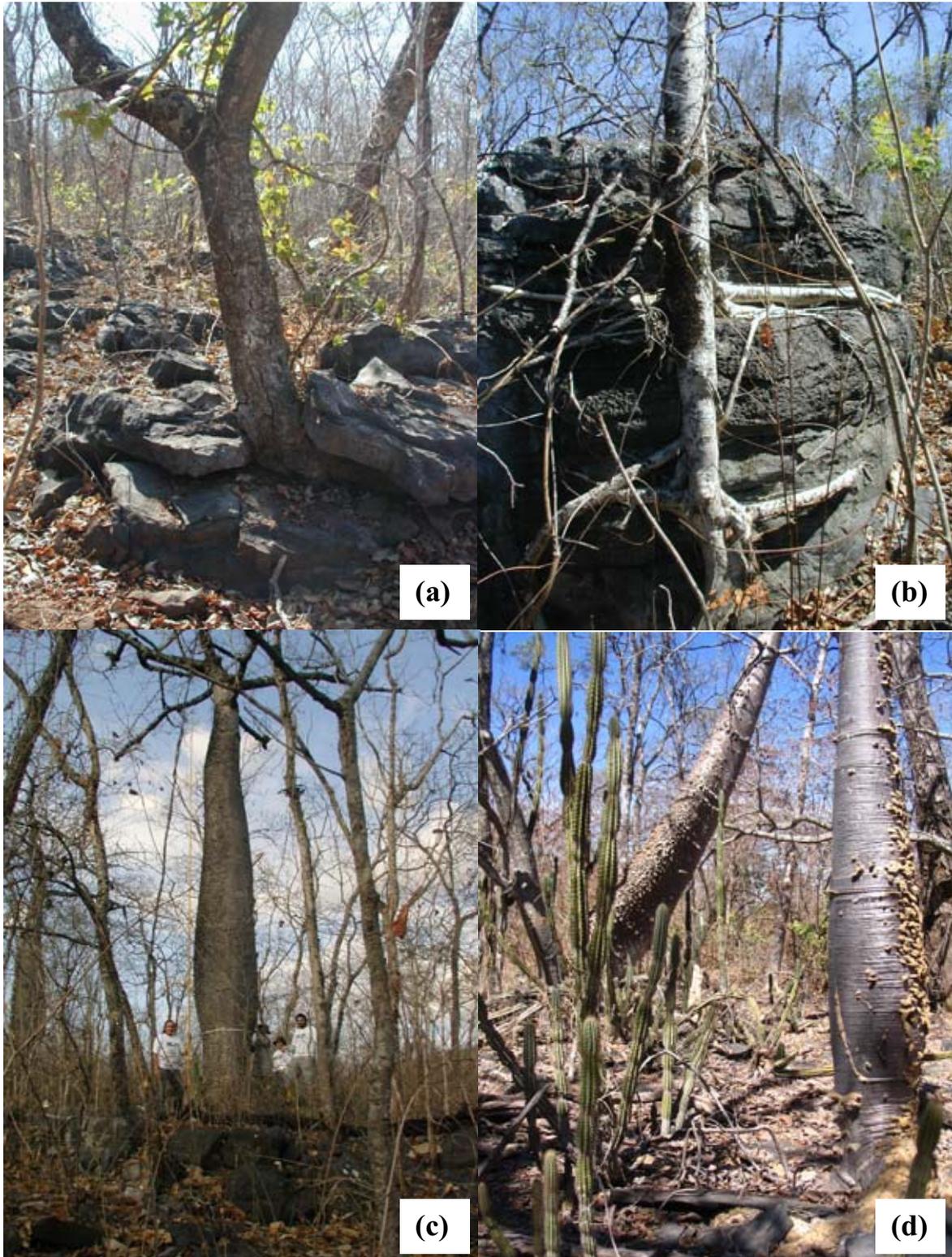


Figura 2.4. Aspectos da estrutura arbórea da floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários estudada no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil. Registro de árvores estabelecidas nas (a) fendas das rochas ou (b) sobre as rochas. (c) Visualização da estrutura vertical tendo como base uma vara telescópica de 12 m (em amarelo, a esquerda). (d) Árvores com tronco do tipo “barriga” e presença de cactáceas. Fotos: (a,b,c) J.M. Felfili, (d) R.F. Haidar.

CAPÍTULO 3. CRESCIMENTO, RECRUTAMENTO E MORTALIDADE DA COMUNIDADE ARBÓREA EM UMA FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL SOBRE AFLORAMENTOS CALCÁRIOS NO BRASIL CENTRAL, APÓS PERÍODO DE SEIS ANOS (2000 – 2006)

3.1. INTRODUÇÃO

As florestas tropicais são sistemas dinâmicos que sofrem constantes mudanças espaciais e temporais em nível individual, populacional e de comunidade. Através dos processos dinâmicos os indivíduos são perdidos e repostos continuamente, cujo balanço reflete no funcionamento e na complexidade local. A dinâmica de uma floresta está relacionada com a heterogeneidade de ambientes, resultante de distúrbios naturais (ex. abertura de clareiras, predação, herbivoria, dispersão, competição intra e interespecífica, efeito da densidade) ou de fatores físicos (ex. disponibilidade hídrica, características edáficas) que determinam as condições apropriadas para o estabelecimento e desenvolvimento das espécies (Hartshorn 1980; Swaine et al. 1987; Swaine 1990; Condit 1995; Crawley, 1997; Rees et al. 2001).

A maior parte dos estudos de dinâmica em florestas tropicais foi realizada em florestas úmidas, sendo comum a extrapolação dos padrões dinâmicos para as florestas em ambientes estacionais, que, no entanto, apresentam características estruturais e dinâmicas diferenciadas por estarem submetidas a um forte déficit hídrico sazonal (Murphy & Lugo 1986; Mooney et al. 1995; Pennington et al. 2006). As árvores presentes nas florestas estacionais possuem adaptações fisiológicas para superar o período de déficit hídrico, promovendo eventos de crescimento e reprodução diferenciados em relação às florestas úmidas (Mulkey & Wright 1996; Wright 1996; Crawley 1997; Larcher 2000). Estudos de dinâmica em florestas estacionais decíduais indicam que embora adaptadas à seca, muitas árvores não suportam as condições de estresse hídrico e morrem, abrindo espaços para que novos indivíduos se estabeleçam, e que os recrutados e sobreviventes se desenvolvam, promovendo uma dinâmica mais intensa (Swaine et al. 1990; Sukumar et al. 1992; Werneck & Franceschinelli 2004; Marín et al. 2005).

Estudos de dinâmica de comunidades lenhosas vêm sendo conduzidos no bioma Cerrado em áreas de cerrado *sensu stricto* (Felfili et al. 2000; Líbano & Felfili 2006; Aquino et al. 2007 a,b; Roitman et al. 2008), matas de galeria (Felfili 1993; Felfili, 1995 a,b; Felfili 1997 a,b; Felfili 2000; Schiavini et al. 2001; Oliveira 2005; Lopes & Schiavini 2007) e florestas estacionais (Aquino et al. 1999; Werneck et al. 2000; Schiavini et al. 2001; Pinto 2002; Werneck &

Franceschinelli 2004; Pinto & Hay 2005; Marimon 2005; Paiva et al. 2007). Seus resultados vêm indicando que nos ambientes florestais (matas de galeria e florestas estacionais) o crescimento arbóreo é compatível com o encontrado em formações florestais úmidas, mas as taxas de mortalidade e recrutamento, na ordem de 3% ao ano, são mais intensas do que as encontradas nas florestas úmidas, normalmente na ordem de 1 a 2% ao ano (Hartshorn 1990; Lewis et al. 2004a; Phillips et al. 2004). Estes padrões conferem às florestas do bioma Cerrado o caráter de altamente dinâmicas. Devido à grande extensão e número de fitofisionomias do Cerrado, existe a necessidade de se conhecer os padrões de outras vegetações pouco estudadas em termos dinâmicos, como as florestas estacionais decíduais sobre afloramentos calcários.

As vegetações sobre afloramentos calcários ocorrem em diversas regiões tropicais, em áreas onde o solo é incipiente, cujas superfícies são constituídas por rochas e camadas rasas de solos e matéria orgânica (Furley & Newey 1979; Crowther 1982; Pérez-García & Meave 2004). No Brasil, os afloramentos calcários ocorrem predominantemente em regiões de climas estacionais, desde o centro-norte de Minas Gerais até o centro-oeste da Bahia, passando pelo nordeste de Goiás e sudeste de Tocantins (Carste 2007), tendo como vegetações predominantes as florestas estacionais decíduais (IBGE 2004). Seus solos apresentam grande disponibilidade de nutrientes, principalmente Ca e Mg, promovendo elevada fertilidade natural (Felfili 2003; Scariot & Sevilha 2005; Felfili et al. 2007 a,b), e a rochosidade forma microhabitats que promovem o estabelecimento de espécies com diferentes habilidades no aproveitamento dos recursos (Furley & Newey 1979; Felfili et al. 2007a). A maior limitação é dada pelo déficit hídrico sazonal, selecionando as espécies de acordo com sua tolerância a seca (Furley & Newey 1979; Larcher 2000; Pérez-García & Meave 2004), implicando na presença de grupos de espécies que possuem características funcionais semelhantes de adaptação à seca (Borchert 1994 a,b; Larcher 2000).

Partindo-se da hipótese que a comunidade arbórea da floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários apresentará uma dinâmica acelerada, o objetivo deste capítulo foi analisar os diferentes parâmetros de dinâmica (crescimento, mortalidade e recrutamento) em uma floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região nordeste de Goiás, no intervalo de seis anos (2000-2006).

3.2. MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1. Área de estudo

Vide capítulo 2.

3.2.2. Inventários (2000 e 2006)

A amostragem da vegetação foi realizada pelo método aleatório. O segundo os critérios adotados nos estudos realizados nas florestas estacionais decíduais sobre afloramentos calcários no Vale do Paranã, Goiás, no âmbito do Projeto Conservação e Manejo de Florestas Estacionais (Silva & Scariot 2003, 2004 a,b; Nascimento et al. 2004; Felfili et al. 2007a). Esta amostragem é a recomendada no manual para o monitoramento de parcelas permanentes nos biomas Cerrado e Pantanal (Felfili et al. 2005), para áreas de florestas estacionais de pequenas dimensões e com forte gradiente ambiental (neste caso, a encosta é considerada o principal gradiente ambiental).

Na floresta foi delimitado um universo amostral de 50 ha de acordo com as características do relevo, seguindo uma das vertentes da encosta e englobando cerca de metade da área total do fragmento (Figura 3.1). O universo amostral foi dividido em faixas de 20 m perpendiculares ao gradiente longitudinal (encosta), subdivididas em parcelas de 20 x 20 m (400 m²). Em seguida foi realizado o sorteio das faixas e das 25 parcelas distribuídas aleatoriamente nas faixas, totalizando uma área amostral de um hectare (10.000 m²). As parcelas foram demarcadas de forma permanente com estacas de ferro pintadas com tinta acrílica amarela em seus vértices (Felfili et al. 2005). A delimitação do universo amostral e a distribuição das unidades amostrais constam na Figura 3.1.

O primeiro inventário do fragmento foi realizado no ano de 2000, durante a estação seca (setembro) onde todos os indivíduos arbóreos (lenhosos) com diâmetro a altura do peito (DAP, 1,30 cm acima do nível do solo) maior ou igual a 5 cm presentes nas parcelas tiveram seus diâmetros e alturas medidas, foram marcados com plaquetas de alumínio numeradas seqüencialmente, e identificados. O material testemunho coletado foi depositado no Herbário do IBGE, em Brasília.

O segundo inventário foi realizado no ano de 2006, também durante a estação seca (setembro), onde todos os indivíduos com DAP \geq 5 cm previamente amostrados tiveram seus diâmetros e alturas remeidos. Os indivíduos mortos caídos foram registrados, e os indivíduos

mortos em pé tiveram seus diâmetros remeidos. Os indivíduos recrutados, ou seja, aqueles que atingiram o limite de inclusão de DAP ≥ 5 cm neste inventário, foram medidos quanto ao diâmetro e altura, e marcados com plaquetas de alumínio numeradas sequencialmente a partir da numeração do primeiro inventário em 2000. Materiais botânicos (férteis ou vegetativos) de espécies em dúvida quanto à identificação no inventário anterior (2000) foram coletados durante os meses de setembro a dezembro de 2006, para nova identificação. O material testemunho foi depositado no Herbário do IBGE, em Brasília. Uma lista dos indivíduos que sofreram alterações quanto à identificação consta no Anexo 1.

A sinonímia, a grafia e a autoria dos nomes das espécies foram conferidas através do banco de dados do Missouri Botanical Garden (<http://mobot.mobot.org/W3T/Search/vast.html>) e da obra de Brummitt & Powell (1992). A classificação das espécies de acordo com as famílias botânicas seguiu o sistema do 'Angiosperm Phylogeny Group II' (APG 2003).

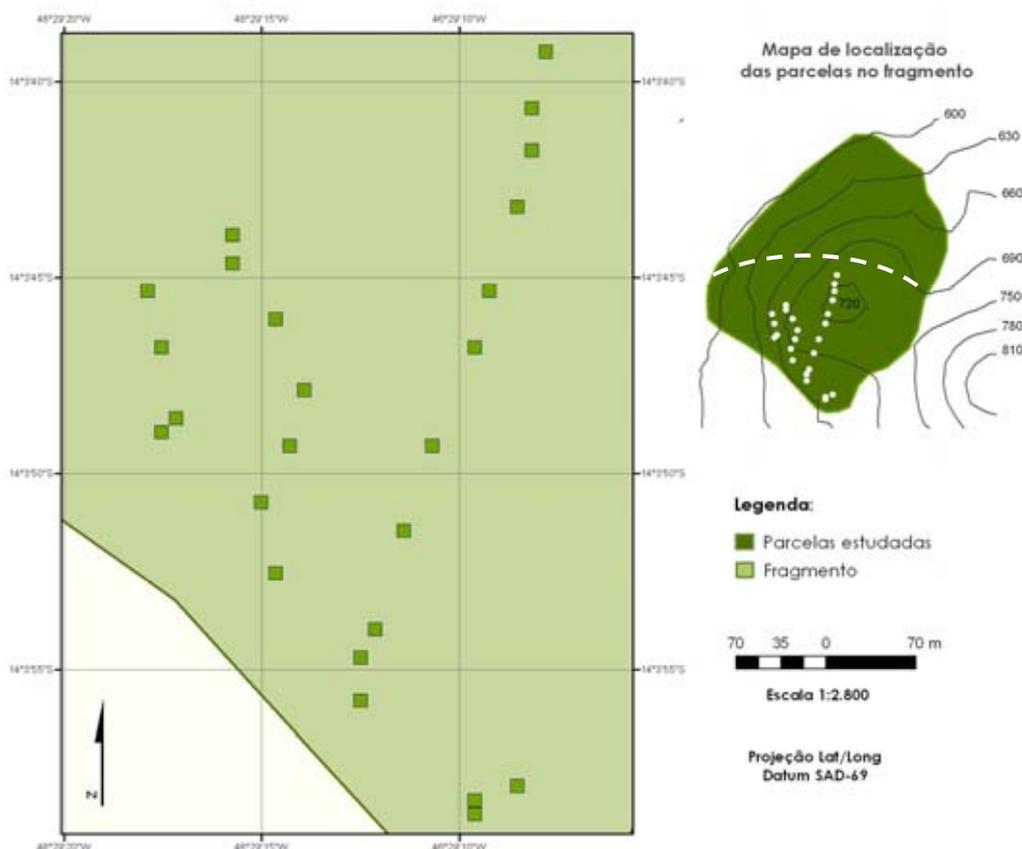


Figura 3.1. Distribuição das unidades amostrais (parcelas permanentes de 20 x 20 m) na floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil. A linha pontilhada indica a delimitação do universo amostral na encosta da vertente sul do fragmento, os pontos brancos as unidades amostrais (parcelas) e as linhas sólidas as curvas de nível (m).

3.2.3. Parâmetros de dinâmica

Durante o tratamento dos dados, foi observado que alguns indivíduos ($n = 33$) apresentaram decrementos diamétricos no segundo inventário, variando de $-0,02$ a $-0,42$ cm. As características de cada tronco foram tomadas no segundo inventário, indicando que os decrementos ocorreram tanto por causas naturais desconhecidas ($n = 7$) quanto por anomalias no tronco ($n = 26$). Conforme sugerido por Felfili (1995a), indivíduos cujos decrementos foram provocados por causas naturais foram mantidos nas análises de dinâmica, porém considerados como sem crescimento (incremento = zero). Os indivíduos com anomalias foram eliminados das análises, segundo sugerido por Whitmore (1989b) e Sheil (1995a) para estudos em parcelas permanentes. A lista dos indivíduos eliminados e suas características está no Anexo 2.

Os parâmetros de dinâmica foram calculados para a comunidade e para as principais populações, que apresentaram no mínimo 10 indivíduos no primeiro inventário (2000). Este critério de corte foi adotado para a eliminação das espécies pouco abundantes, que aumentam consideravelmente o volume de cálculos, contribuem pouco para o entendimento da dinâmica da comunidade, podem mascarar padrões, e dificultam as análises comparativas (Felfili 1995 a,b).

O incremento diamétrico anual, expresso em cm.ano^{-1} , foi calculado como medida de crescimento, através da diferença do diâmetro do indivíduo na segunda e na primeira medição, dividida pelo tempo transcorrido em anos (Loethsch & Haller 1973). As taxas anuais de mortalidade (perda de indivíduos por morte) e recrutamento (ganho via ingresso de indivíduos que atingiram o limite de inclusão) foram calculadas com base na densidade dos indivíduos arbóreos. Para a área basal foram calculadas as taxas de decréscimo (perda via mortalidade) e de acréscimo (ganho via incremento dos sobreviventes mais os recrutados). As taxas de mortalidade (M) e recrutamento (R) dos indivíduos, e decréscimo (D) e acréscimo (A) em área basal foram calculadas através do modelo logarítmico, expressas em $\%.\text{ano}^{-1}$ (Sheil & May 1996) Lewis et al. (2004a) sugerem que este é o modelo que melhor se ajusta à intervalos acima dos cinco e abaixo de 25 anos, pois assume que as mudanças ocorrerão em proporção constante (logarítmica) ao longo do tempo, além de ser amplamente utilizado em análises de dinâmica em florestas tropicais, permitindo comparações mais amplas e seguras. As taxas foram calculadas a partir das seguintes fórmulas:

$$(1) \quad M(R) = \frac{(\ln(n_0) - \ln(n_1)) * 100}{t}$$

$$(2) \quad A(D) = \frac{(\ln(Ab_0) - \ln(Ab_1)) * 100}{t}$$

Onde:

M = taxa de mortalidade (se > 0)

R = taxa de recrutamento (se < 0)

A = taxa de acréscimo em área basal (se > 0)

D = taxa de decréscimo em área basal (se < 0)

n_0 = número de indivíduos na primeira medição

n_1 = número de indivíduos na segunda medição

(Para R = $N_i + N_{recrutadas}$)

Ab_0 = área basal dos indivíduos na primeira medição

Ab_1 = área basal dos indivíduos na segunda

medição (Para A = $Ab_i + Ab_{recrutadas}$)

t = tempo (número de anos) entre as medições

As taxas de M e R foram utilizadas para o cálculo do tempo de meia-vida ($T_{0,5}$) e tempo de duplicação (T_2). O $T_{0,5}$ corresponde ao tempo estimado para que a floresta reduza sua densidade à metade em função da taxa de mortalidade, sendo que quanto menor o valor de $T_{0,5}$, mais acelerada será a dinâmica em razão da alta mortalidade. Já o T_2 corresponde ao tempo necessário para que a floresta duplique sua densidade em função da taxa atual de recrutamento, sendo que quanto menor o valor de T_2 , mais acelerada será a dinâmica em função do alto recrutamento. O $T_{0,5}$ e o T_2 são expressos em anos, e foram calculados a partir das seguintes equações (Korning & Baslslev 1994a):

$$(3) \quad T_{0,5} = \frac{\ln(0,5)}{M * (0,01)}$$

$$(4) \quad T_2 = \frac{\ln(2)}{R * (0,01)}$$

Onde:

$T_{0,5}$ = tempo de meia vida

T_2 = tempo de duplicação

M = taxa de mortalidade

R = taxa de recrutamento

Os valores de $T_{0,5}$ e o T_2 foram utilizados para o cálculo do tempo de estabilidade e tempo de rotatividade (*turnover*), ambos expressos em anos. O tempo de estabilidade é dado pela diferença entre $T_{0,5}$ e o T_2 , sendo considerado mais estável quanto mais próximo de zero for o valor gerado, representando um maior equilíbrio entre mortalidade e recrutamento. Já o tempo de rotatividade é dado pela média entre $T_{0,5}$ e o T_2 , e quanto menor o valor, mais dinâmica é a vegetação, indicando um menor equilíbrio entre mortalidade e recrutamento (Korning & Baslev 1994b).

3.2.4. Definição dos grupos funcionais

Os grupos funcionais foram determinados de acordo com a densidade da madeira do tronco, visto que este é um importante parâmetro relacionado com as propriedades morfológicas, fisiológicas, mecânicas, estruturais e ecológicas das espécies (Larcher 2000). As espécies foram enquadradas em três grupos funcionais, segundo adotado por Borchert (1994 a,b):

- (1) espécies de madeira leve (*lightwoods*): possuem lenho fibroso, de densidade baixa ($< 0,5 \text{ g.cm}^{-3}$), de baixa resistência física e estrutural, que presumivelmente ‘evitam’ a seca através de uma maior produção de tecidos de reserva no lenho capazes de acumular e reter água durante a estação chuvosa;
- (2) espécies de madeira pesada (*hardwoods*): com lenho lignificado, de densidade alta ($> 0,8 \text{ g.cm}^{-3}$), de alta resistência física e estrutural, que teoricamente são capazes de ‘tolerar’ o período de seca devido à grande resistência conferida pelos tecidos do lenho;
- (3) espécies de madeira média (*softwoods*): com lenho moderadamente lignificado, de densidade intermediária (de $0,5$ a $0,8 \text{ g.cm}^{-3}$), de baixa a média resistência física e estrutural, cujos padrões ecológicos ainda não são bem esclarecidos na literatura, mas que presumivelmente estariam em um estágio intermediário entre os dois primeiros grupos.

Informações sobre a densidade das madeiras foram extraídas de trabalhos desenvolvidos em florestas estacionais no bioma Cerrado (Paula 1979; Mainieri & Chimelo 1989; Paula & Alves 2007), sendo consultado também o banco de dados suplementar disponibilizado por Chave et al. (2006), que fornece a densidade de madeira média de 2456 espécies arbóreas distribuídas ao longo das florestas tropicais (úmidas e estacionais) das Américas do Sul e Central. Em todos estes trabalhos as coletas de amostras do tronco foram feitas em nível de DAP, por meio de trado dendrométrico, e a densidade da madeira foi determinada a partir da razão entre massa seca final (105°C) e o volume saturado inicial da amostra.

3.2.6. Análises estatísticas

Foram determinadas as médias, desvios padrão, medianas e coeficientes de variação dos valores de incremento diamétrico anual dos indivíduos sobreviventes ($n = 542$), tanto para a comunidade toda ($\text{DAP} \geq 5 \text{ cm}$), quanto separadamente por classes de diâmetro fixas em intervalos de 5 cm. Os 27 indivíduos (5% do total) com diâmetros acima de 30 cm foram agrupados em uma única classe ($> 30,1 \text{ cm}$), visto que a amplitude entre seus diâmetros era muito elevada (de 30,9 a 127,3 cm), o que resultava no acréscimo de mais 20 classes, que

prejudicariam a análise (Felfili 1995a). A normalidade dos valores de incremento foi testada pelo teste de Shapiro-Wilk, e como os dados não apresentaram normalidade, os valores de mediana foram utilizados para expressar os resultados, tendo em vista o grande número de valores extremos que fogem da tendência central e interferem na média, podendo provocar sub ou superestimativa das análises (Zar 1999). As médias dos valores de incremento foram mantidas para comparações com outros estudos.

Conforme realizado por Felfili (1995a), uma análise de Qui-quadrado (χ^2) foi aplicada para avaliar se as distribuições dos indivíduos mortos e recrutados nas parcelas ocorriam de forma agrupada ($P < 0,05$) ou estocástica ($P > 0,05$). Complementarmente, correlações de Spearman (r_s) foram aplicadas para avaliar se as densidades dos indivíduos mortos e recrutados nas parcelas no intervalo final (2006) eram dependentes da densidade de indivíduos vivos no intervalo inicial (2000). Esta análise foi realizada para a comunidade. As análises foram desenvolvidas no *software* PAST versão 1.81 (Hammer et al. 2001).

3.2.7. Análise de gradientes

As relações entre os parâmetros de dinâmica da vegetação e as variáveis ambientais foram avaliadas através da análise de correspondência canônica (CCA). Esta técnica de análise direta de gradientes é aplicada em estudos ecológicos de comunidades para ordenar de forma integrada os dados de espécies e as variáveis ambientais, e seu resultado expressa o produto da variabilidade da relação das espécies com cada variável ambiental (Palmer 1993). O *software* Canoco for Windows versão 4.5 (ter Braak & Šmilauer 2002) foi utilizado para as análises.

Para a realização das CCAs foram elaboradas quatro matrizes de dados por parcelas, sendo três de espécies, cada uma contendo cada parâmetro de dinâmica separadamente (crescimento, recrutamento e mortalidade), e uma contendo as variáveis ambientais. Na matriz de crescimento foram incluídas as taxas de incremento diamétrico anual. Como as espécies que ocorrem em menor densidade influenciam pouco nos resultados da ordenação (Felfili et al. 2007c), foram incluídas somente as espécies com densidade maior ou igual a 10 indivíduos no primeiro intervalo (2000), totalizando 12 espécies na matriz. Nas matrizes de mortalidade e recrutamento as taxas não foram utilizadas, visto que estas são baseadas na densidade, implicando em uma superestimação para as espécies com baixa densidade. Na matriz de mortalidade foram incluídas somente as espécies que sofreram mortalidade ($n = 22$) e sua densidade de mortos no segundo intervalo (2006). Na matriz de recrutamento foram incluídas somente as espécies que haviam sofrido recrutamento ($n = 22$) e sua densidade de recrutados no

segundo intervalo (2006). Os dados de espécies não sofreram padronização ou transformação uma vez que estiveram na mesma escala.

Na matriz de variáveis ambientais foram incluídos parâmetros edáficos (nutrientes do solo, grau de rochoso e declividade) e de luminosidade (abertura de dossel e índice de área foliar). Para a determinação dos parâmetros do solo foram coletadas quatro amostras de aproximadamente 0,5 kg de solo superficial (0-20 cm de profundidade) nos pontos médios entre os vértices e o centro de cada uma das 25 parcelas permanentes utilizadas para amostragem da vegetação. As amostras foram coletadas com enxada, homogeneizadas e fracionadas, gerando uma amostra composta para cada parcela. As 25 amostras compostas foram analisadas no Laboratório Soloquímica Análise de Solo Ltda., em Brasília (DF), através da metodologia preconizada pela EMBRAPA (1997) para análise química de solo. Os parâmetros de solo analisados e a descrição dos métodos laboratoriais constam na Tabela 3.1.

Tabela 3.1. Variáveis de solo e métodos laboratoriais empregados na análise das 25 amostras compostas de solo (0-20 cm) coletadas nas parcelas da floresta estacional decidual sobre afloramento calcário estudada no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil.

Propriedades	Sigla	Unidade	Método de extração	Método de análise/determinação
Potencial hidrogeniônico	pH	-	Água	Suspensão solo-água 1:2,5
*Cálcio trocável	Ca ²⁺	cmolc.dm ⁻³	Solução de KCl 1N	Absorção atômica
*Magnésio trocável	Mg ²⁺	cmolc.dm ⁻³	Solução de KCl 1N	Absorção atômica
Potássio trocável	K ⁺	cmolc.dm ⁻³	HCl 0,05 N + H ₂ SO ₄ 0,025N	Fotometria de chama
Fósforo disponível	P	mg.dm ⁻³	HCl 0,05 N + H ₂ SO ₄ 0,025N	Espectrocolorimétrico
Sódio trocável	Na ⁺	cmolc.dm ⁻³	HCl 0,05 N + H ₂ SO ₄ 0,025N	Fotometria de chama
Alumínio trocável	Al ³⁺	cmolc.dm ⁻³	Solução de KCl 1N	Volumétrico NaOH 0,01 N
Acidez total	H ⁺ + Al ³⁺	cmolc.dm ⁻³	CaOAc 1 N	Volumétrico NaOH 0,0606 N
Matéria orgânica	MO	%	K ₂ Cr ₂ O ₇ + H ₂ SO ₄ concentrado	Volumétrico [Fe(NH ₄) ₂ (SO ₄) ₆ H ₂ O após oxidação com K ₂ Cr ₂ O ₇
Soma de bases	SB	cmolc.dm ⁻³	-	= (Ca ²⁺ + Mg ²⁺ + K ⁺ + Na ⁺)
Capacidade de troca catiônica	CTC	cmolc.dm ⁻³	-	= SB + (H ⁺ + Al ³⁺)
Saturação por bases	V%	%	-	= (SB * 100)/CTC

* As variáveis Ca²⁺ e Mg²⁺ foram utilizadas de forma conjunta, através da soma (Ca + Mg)

O grau de rochosidade (porcentagem da superfície do solo ocupada por rocha calcária exposta) foi avaliado visualmente, dentro de intervalos de porcentagem definidos através de uma adaptação do método de avaliação de cobertura vegetal de ‘*Braun-Blanquet*’ (Kent & Coker 1992). Os intervalos adotados e as categorias foram: 0% (categoria 1: ausência de rochosidade); 1-25% (categoria 2: rochosidade baixa), 26-50% (categoria 3: rochosidade média), 51-75% (categoria 4: rochosidade alta) e 76-100% (categoria 5: rochosidade muito alta).

A declividade foi medida utilizando-se um Clinômetro Suunto (Pm-5/1520), através da escala numérica de 1/20 metros [$m(1/20) \leftrightarrow \alpha$], que corresponde ao comprimento da parcela de 20 x 20 m. Estas estimativas foram tomadas no ponto central inicial de cada parcela, e representam a declividade do terreno, expresso em graus.

Os parâmetros de luminosidade (abertura de dossel e índice de área foliar) nas parcelas do fragmento foram extraídos do estudo de Nascimento (2005) e Nascimento et al. (2007), definidos a partir de análises de fotografias hemisféricas. Em cada uma das 25 parcelas, nos mesmos pontos de coleta de declividade, foram tiradas, a altura correspondente ao DAP (1,30 m acima do nível do solo), duas fotografias hemisféricas, sendo uma na estação seca (agosto 2002) e outra na estação chuvosa (abril 2003). As fotografias foram digitalizadas e a partir do *software* Winphot 5.0 foram definidos os valores de abertura de dossel (quantidade de espaço sem copas, em porcentagem) e índice de abertura foliar (quantidade de espaço coberto pelas copas, em $m^2 \cdot m^{-2}$). Partindo-se da premissa de que os processos biológicos nesta floresta são dependentes da estacionalidade e ocorrem predominantemente na presença de água, ou seja, durante a estação chuvosa, foram utilizados apenas os valores de abertura de dossel e índice de área foliar da estação chuvosa.

Conforme sugerido por Felfili et al. (2007c), as variáveis ambientais normalmente apresentam unidades distintas e necessitam de padronização para tornar o conjunto de dados comparável. Os dados foram padronizados para média zero e variância igual à unidade, a fim de remover disparidades nas unidades de medida entre as variáveis e tornar-los comparáveis. A padronização foi realizada segundo procedimentos preconizados em Gauch (1982), Palmer (2005), Lepš & Šmilauer (2005) e Felfili et al. (2007c).

Os autovalores (*eigenvalues*) são os valores que representam a contribuição relativa de cada componente para a explicação do total da variação nos dados, e foram utilizados como parâmetro de correlação entre as variáveis, adotando-se como critério de significância ecológica autovalores maiores ou iguais a 0,3 e menores ou iguais a -0,3 (Felfili et al. 2007c). Variáveis ambientais que apresentaram alta redundância (fator de inflação > 20), fraca correlação com os

dois primeiros eixos de ordenação (autovalores $< 0,3$), e coeficientes de correlação ponderada não significativos (correlação $< 0,3$), foram eliminadas gradativamente da matriz durante os procedimentos analíticos, segundo procedimentos descritos em Felfili et al. (2007c). O teste de permutação de Monte Carlo foi aplicado *a posteriori* para avaliar a significância das correlações canônicas no primeiro e no conjunto de todos os eixos da ordenação, adotando nível de significância de 95% ($P < 0,05$) (ter Braak 1987; Palmer 1993; Felfili et al. 2007c).

3.3. RESULTADOS

3.3.1. Variáveis ambientais

Os valores dos parâmetros ambientais são apresentados na Tabela 3.2. Os teores de alumínio trocável (Al^{3+}) do solo foram extremamente baixos ou praticamente nulos, e por isto não foram incluídos na análise. O valor médio do pH foi 6,64, com valores mínimos e máximos de 5,9 e 7,6, respectivamente, indicando um solo praticamente neutro (EMBRAPA 2006). A acidez total apresentou média de 4,38, com valor máximo de 5,2, podendo ser considerada baixa (EMBRAPA 2006). Os teores médios de cálcio e magnésio ($Ca^{2+} + Mg^{2+}$), potássio (K^{2+}) e Sódio (Na^{+}) também estiveram na faixa dos valores considerados elevados (EMBRAPA 2006), resultando em altos valores para soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V%). Os teores de fósforo sofreram grande variação, com média de 21,44 e elevado coeficiente de variação (144,4%). O teor médio de matéria orgânica foi de 5,8%, valor considerado baixo (EMBRAPA 2006). Trata-se de um solo tipicamente eutrófico, com alta concentração de bases trocáveis, e com elevada fertilidade.

A rochosidade das parcelas foi considerada elevada, e das 25 parcelas analisadas, 21 (84% do total) apresentaram rochosidade acima dos 50%, e 12 (48% do total) apresentaram rochosidade superior a 75%. Apenas uma parcela (4% do total) apresentou rochosidade inferior a 25%. Já a variável de declividade apresentou valor médio de 10,8°, com mínimos e máximos de 2° e 20° respectivamente, e um coeficiente de variação um pouco superior às demais variáveis analisadas (50,4%). Os resultados indicam uma elevada rochosidade em seu conjunto, que se reflete em condições moderadamente diferenciadas de declividade do terreno.

Os parâmetros de abertura de dossel variaram pouco entre as parcelas, com valor médio da abertura de dossel de 42,2%, e mínimos e máximos de 28,5% e 54,5% respectivamente. Já o índice de área foliar apresentou valor médio de $0,95 \text{ m}^{-2} \cdot \text{m}^{-2}$, com mínimos e máximos de 0,60 e $1,41 \text{ m}^{-2} \cdot \text{m}^{-2}$, respectivamente. Segundo Nascimento (2005), os valores de abertura de dossel podem ser considerados altos e os de IAF baixos em relação às florestas tropicais úmidas, mas similares aos valores encontrados para outras florestas estacionais decíduais nos trópicos.

Tabela 3.2. Variáveis de amostras do solo superficial (0-20 cm), rochosidade, declividade e parâmetros de luminosidade (abertura de dossel e índice de área foliar) nas parcelas permanentes da floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil. Siglas: C.V. = coeficiente de variação; I.C. = intervalo de confiança (5% de probabilidade). Siglas dos parâmetros vide Tabela 3.1.

Parâmetros	Média (\pm D.P.)	Mínimo	Máximo	C.V. (%)	I.C.
pH	6,64 \pm 1,12	5,90	7,60	16,9	0,15
Ca ²⁺ + Mg ²⁺ (cmolc.dm ⁻³)	20,46 \pm 3,93	11,98	27,01	19,2	1,54
P (mg.dm ⁻³)	21,44 \pm 30,96	1,51	125,79	144,4	12,14
K ⁺ (cmolc.dm ⁻³)	0,43 \pm 0,14	0,23	0,64	32,5	0,05
Na ⁺ (cmolc.dm ⁻³)	0,10 \pm 0,02	0,06	0,15	20,8	0,01
H ⁺ + Al ³⁺ (cmolc.dm ⁻³)	4,38 \pm 0,50	3,20	5,20	11,4	0,20
MO (%)	5,80 \pm 1,76	2,38	9,53	30,3	0,69
SB (cmolc.dm ⁻³)	20,99 \pm 3,94	12,29	27,65	18,8	1,54
CTC (cmolc.dm ⁻³)	25,37 \pm 3,79	16,69	31,53	14,9	1,49
V (%)	82,27 \pm 3,83	73,64	88,20	4,7	1,50
Declividade (°)	10,80 \pm 5,44	2,00	20,00	50,4	2,13
AD (%)	42,22 \pm 7,42	28,47	54,49	17,6	2,91
IAF (m ⁻² .m ⁻²)	0,95 \pm 0,21	0,60	1,41	22,1	0,08

3.3.2. Crescimento

O incremento diamétrico anual calculado para a comunidade apresentou média de 0,25 cm.ano⁻¹ e mediana de 0,21 cm.ano⁻¹ (Tabela 3.3). A análise dos incrementos por classes de diâmetros indicou um maior incremento na primeira e na última classe, devido a uma maior concentração de valores superiores à mediana expressas pelos quartis superiores e pelos valores destoantes (*outliers*) (Figura 3.2). Altas variabilidades foram registradas tanto para a comunidade (CV = 74,4%), quanto separadamente para as classes diamétricas (CVs > 60%), sendo maior na maior classe de diâmetro (CV = 90,3%; Tabela 3.3).

Cerca de metade das espécies (21 das 41 espécies) apresentou incrementos acima ou no limite da mediana obtida para a comunidade (Tabela 3.4). Os incrementos das principais espécies também apresentaram elevadas variabilidades (CVs de 50,7% a 122,5%, Tabela 3.4), evidenciando fortes variações intra e inter específicas no crescimento.

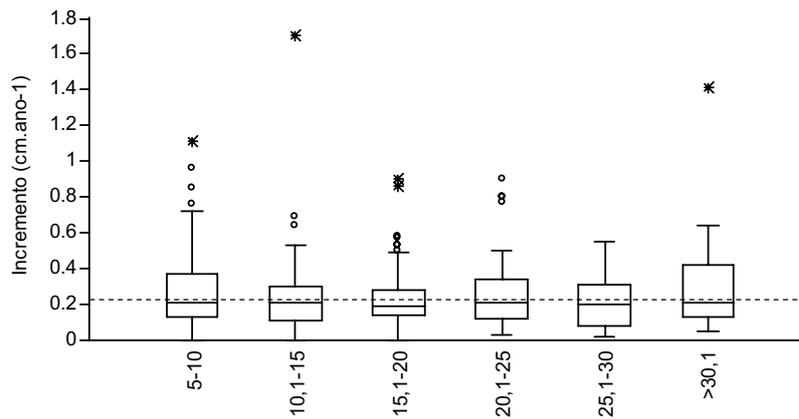


Figura 3.2. *Box plot* do incremento diamétrico anual, por classes de diâmetro, da comunidade arbórea na floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil, no intervalo de seis anos (2000-2006). Mediana, quartis, erro padrão e valores destoantes (*outliers*) são apresentados. A linha pontilhada se refere à mediana do incremento de todos os indivíduos da comunidade.

Tabela 3.3. Incremento diamétrico anual, por classes de diâmetro, da comunidade arbórea da floresta estacional decidual sobre afloramento calcário no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil, no intervalo de seis anos (2000-2006).

	Comunidade	Classe de diâmetro (cm)					
		5,0-10	10,1-15	15,1-20	20,1-25	25,1-30	>30,1
Número de indivíduos	542	225	113	91	54	32	27
Mediana (cm.ano ⁻¹)	0,21	0,21	0,21	0,19	0,21	0,20	0,21
Mínimo (cm.ano ⁻¹)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,02	0,11
Máximo (cm.ano ⁻¹)	1,70	1,11	1,70	0,90	0,90	0,55	1,41
Média (cm.ano ⁻¹)	0,25	0,27	0,24	0,23	0,27	0,21	0,31
Desvio padrão (cm.ano ⁻¹)	0,19	0,18	0,20	0,16	0,20	0,15	0,28
Coefficiente de Variação (%)	74,4	68,7	83,3	70,2	74,0	68,0	90,3

Conforme observado na Tabela 3.4 e Figura 3.3, dentre as espécies de maior densidade ($n \geq 30$), *Acacia tenuifolia* foi a que apresentou o maior incremento (mediana de 0,32 cm.ano⁻¹), concentrado nas primeiras classes diamétricas (DAP ≤ 20 cm). Em seguida vieram as espécies *Tabebuia impetiginosa* (0,27 cm.ano⁻¹) e *Myracrodruon urundeuva* (0,24 cm.ano⁻¹), cujos maiores incrementos ocorreram de forma mais distribuída entre as classes. As espécies *Pseudobombax tomentosum* e *Dilodendron bipinnatum* apresentaram incrementos no limite da comunidade (0,21 cm.ano⁻¹), e mostraram incrementos diferenciados, com *P. tomentosum* apresentando maiores incrementos nas últimas classes (DAP ≥ 25 cm) e *D. bipinnatum* na primeira classe (DAP ≤ 10 cm). Das espécies de maior densidade, apenas *Combretum duarteanum* apresentou incremento inferior ao da comunidade (0,19 cm.ano⁻¹), com maiores incrementos na segunda classe diamétrica (DAP ≤ 15 cm).

A Figura 3.4 compara a distribuição do incremento dos grupos funcionais pelas classes de diâmetro. O grupo funcional de madeira leve apresentou maiores incrementos nas duas últimas classes diamétricas, indicando maior crescimento dos indivíduos maiores; ao contrário, o grupo de madeira média apresentou maiores incrementos na primeira classe diamétrica, indicando maior crescimento dos indivíduos menores. Já o grupo de madeira pesada apresentou maiores incrementos nas classes intermediárias, comportamento distinto dos demais grupos.

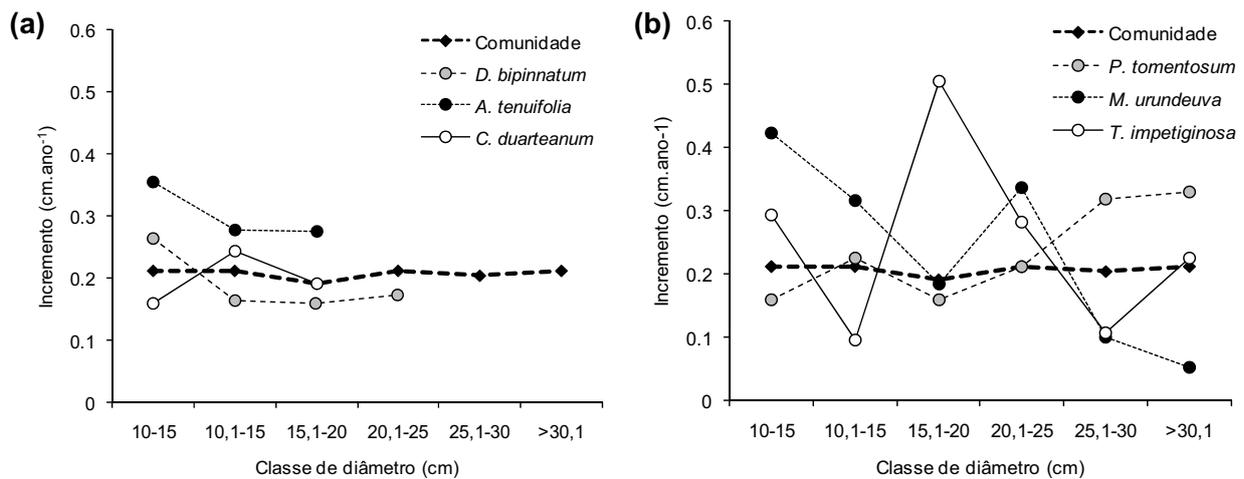


Figura 3.3. Incremento diamétrico anual, por classes de diâmetro, das populações arbóreas mais abundantes ($n \geq 30$) na floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil, no intervalo de seis anos (2000-2006). (a) espécies que atingem pequeno porte *Dilodendron bipinnatum*, *Acacia tenuifolia* e *Combretum duarteanum*; (b) espécies que atingem grande porte *Pseudobombax tomentosum*, *Myracruodruon urundeuva* e *Tabebuia impetiginosa*.

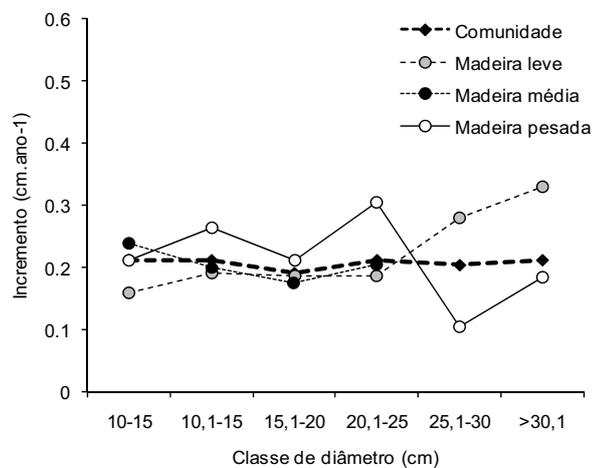


Figura 3.4. Incremento diamétrico anual, por classes de diâmetro, dos grupos funcionais na floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil, no intervalo de seis anos (2000-2006).

Tabela 3.4. Incremento médio anual das espécies arbóreas da floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil, no intervalo de seis anos (2000-2006). Espécies ordenadas segundo valores decrescentes do IMA. Espécies de maior densidade ($N \geq 10$) no primeiro inventário (2000) estão em negrito. Siglas: GF: grupo funcional (L: madeira leve; M: madeira média; P: madeira pesada); CV: coeficiente de variação (%); Máx.: IMA máximo (cm.ano^{-1}). *CVs calculados apenas para as espécies de maior densidade ($N \geq 10$)

Espécies	GF	N	Mediana	Média	CV*	Máx.
Espécies com IMA acima ou igual à mediana da comunidade ($\geq 0,21 \text{ cm.ano}^{-1}$)						
<i>Cavanillesia arborea</i> (Willd.) K.Schum.	L	4	0,61	0,67	-	1,41
<i>Machaerium scleroxylon</i> Tul.	P	2	0,48	0,48	-	0,53
<i>Ximenia americana</i> L.	P	2	0,46	0,46	-	0,50
<i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart.	P	7	0,35	0,33	-	0,49
<i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil.	P	2	0,33	0,33	-	0,42
<i>Acacia tenuifolia</i> (L.) Willd.	M	54	0,32	0,35	50,7	0,76
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott ex Spreng.	P	13	0,29	0,30	74,2	0,90
<i>Jacaranda brasiliana</i> (Lam.) Pers.	M	3	0,28	0,25	-	0,45
<i>Callisthene fasciculata</i> Mart.	M	1	0,27	0,27	-	0,27
<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel var. <i>acutifolium</i>	P	1	0,27	0,27	-	0,27
<i>Tabebuia impetiginosa</i> (Mart. ex A.DC.) Standley	P	31	0,27	0,27	69,7	0,80
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan var. <i>colubrina</i>	P	5	0,24	0,30	-	0,53
<i>Casearia rupestris</i> Eichler	M	1	0,24	0,24	-	0,24
<i>Micropholis venulosa</i> (Mart. & Eichler) Pierre	M	1	0,24	0,24	-	0,24
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemao	P	56	0,24	0,29	66,5	0,90
<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltdl.) K.Schum.	M	2	0,24	0,24	-	0,28
<i>Machaerium stipitatum</i> (DC.) Vogel	P	6	0,22	0,22	-	0,34
<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B.Gillett	L	10	0,21	0,25	56,4	0,55
<i>Dilodendron bipinnatum</i> Radlk.	M	98	0,21	0,24	76,0	1,11
<i>Pseudobombax tomentosum</i> (Mart. & Zucc.) A.Robyns	L	69	0,21	0,24	64,8	0,80
Espécies com IMA abaixo da mediana da comunidade ($< 0,21 \text{ cm.ano}^{-1}$)						
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam. var. <i>ulmifolia</i>	M	25	0,20	0,21	56,5	0,42
<i>Luehea divaricata</i> Mart. & Zucc.	M	4	0,20	0,20	-	0,37
<i>Combretum duarteanum</i> Cambess.	M	43	0,19	0,19	52,6	0,42
<i>Diptychandra aurantiaca</i> Tul. subsp. <i>aurantiaca</i>	P	2	0,19	0,19	-	0,34
<i>Guettarda viburnoides</i> Cham. & Schltdl.	M	1	0,19	0,19	-	0,19
<i>Lonchocarpus montanus</i> Azevedo-Tozzi	P	9	0,19	0,18	-	0,40
<i>Sterculia striata</i> A.St.-Hil. & Naudin	L	27	0,19	0,21	54,6	0,51
<i>Tabebuia roseo-alba</i> (Ridley) Sandwith	P	8	0,19	0,24	-	0,64
<i>Aspidosperma subincanum</i> Mart. ex A.DC.	P	20	0,18	0,31	122,5	1,70
<i>Ptilochaeta bahiensis</i> Turcz.	P	11	0,14	0,12	76,1	0,28
<i>Ceiba speciosa</i> (A.St.-Hil.) Ravenna	L	2	0,13	0,13	-	0,16
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) Macbr.	M	5	0,13	0,30	-	0,85
<i>Rhamnidium elaeocarpum</i> Reissek	P	2	0,13	0,13	-	0,21
<i>Aspidosperma parvifolium</i> A.DC.	P	5	0,12	0,20	-	0,57
<i>Lonchocarpus guillemianus</i> (Tul.) Malme	P	1	0,12	0,12	-	0,12
<i>Erythroxylum daphnites</i> Mart.	M	2	0,11	0,11	-	0,19
<i>Oxandra reticulata</i> Maas	M	1	0,11	0,11	-	0,11
<i>Luehea candicans</i> Mart. & Zucc.	M	3	0,04	0,15	-	0,42
<i>Bauhinia unguolata</i> L. var. <i>ungulata</i>	M	1	0,03	0,03	-	0,03
<i>Machaerium aculeatum</i> Raddi	M	1	0,02	0,02	-	0,02

3.3.3. Mortalidade e recrutamento

Ao todo foram registrados 98 indivíduos mortos após o intervalo analisado (2000-2006), dentre os quais, 66 (67,3% do total) estavam caídos, e 32 (32,7%) permaneceram em pé. A mortalidade total foi de 15,3%, e a taxa de mortalidade média foi de 2,8%.ano⁻¹ registrada para a comunidade (Tabela 3.5). Os indivíduos mortos apresentaram área basal total de 1,17 m².ha⁻¹, representando uma perda de 7,5% em relação à área basal inicial, e uma taxa de decréscimo em área basal de 1,4%.ano⁻¹ na comunidade (Tabela 3.5). A elevada taxa de mortalidade média resultou em curtos tempos de meia-vida (25,0 anos) e de rotatividade (20,3 anos) para a comunidade (Tabela 3.5).

A análise da mortalidade pelas classes de diâmetro indicou maiores mortalidades totais e taxas de mortalidade média anuais nas menores classes, com valores decrescendo gradativamente ao longo das classes subseqüentes, resultando em conformações do tipo de J-reverso (Figura 3.5). A grande maioria (66,3% do total) dos indivíduos mortos esteve concentrada na primeira classe de diâmetro, cuja taxa de mortalidade média foi de 5,6%.ano⁻¹, ao passo que a mortalidade média da última classe foi somente 0,55%.ano⁻¹ (Figura 3.5a).

Tabela 3.5. Parâmetros da dinâmica da comunidade arbórea da floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil, no intervalo de seis anos (2000-2006).

Parâmetros	Comunidade	Grupos funcionais		
		Leve	Média	Pesada
Densidade				
Número de indivíduos – Inicial (.ha ⁻¹)	640	122	317	201
Número de indivíduos – Mortos (.ha ⁻¹)	98	10	70	18
Número de indivíduos – Mortos (%)	15,31	8,20	22,08	8,96
Número de indivíduos – Recrutadas (.ha ⁻¹)	195	7	167	21
Número de indivíduos – Final (.ha ⁻¹)	737	119	414	204
Ganho em número de indivíduos (%)	15,16	-2,52	23,43	1,47
Taxa de mortalidade média anual (%.ano ⁻¹)	2,77	1,43	4,16	1,56
Taxa de recrutamento médio anual (%.ano ⁻¹)	4,43	0,93	7,05	1,66
Meia-vida (anos)	25,02	48,63	16,67	44,33
Tempo de duplicação (anos)	15,64	74,54	9,83	41,85
Rotatividade (anos)	20,33	61,59	13,25	43,09
Estabilidade (anos)	9,39	25,91	6,84	2,48
Área basal				
Área basal total – Inicial (m ² .ha ⁻¹)	14,874	7,138	3,108	4,629
Área basal total – Mortos (m ² .ha ⁻¹)	1,166	0,345	0,488	0,333
Área basal total – Mortos (%)	7,50	4,83	15,70	7,19
Área basal total – Recrutadas (m ² .ha ⁻¹)	0,653	0,020	0,565	0,069
Área basal total – Incremento (m ² .ha ⁻¹)	2,098	0,705	0,621	0,771
Área basal total – Final (m ² .ha ⁻¹)	16,459	7,518	3,806	5,135
Ganho em área basal (%)	10,65	5,33	22,43	10,94
Taxa de decréscimo em área basal (%.ano ⁻¹)	1,36	0,83	2,85	1,25
Taxa de acréscimo em área basal (%.ano ⁻¹)	2,83	1,61	5,39	2,78

Tabela 3.6. Parâmetros de dinâmica das populações arbóreas da floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil, no intervalo de seis anos (2000-2006). Espécies ordenadas segundo valores decrescentes do ganho em indivíduos (recrutamento > mortalidade). Siglas: GF: grupo funcional madeira (L: leve; M: média; P: pesada); N: número de indivíduos (ha^{-1}), M: mortos (ha^{-1}); R: recrutadas (ha^{-1}); AB: área basal ($\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$); G/P: ganho (recrutamento > mortalidade) / perda (mortalidade > recrutamento).

Espécies	Sigla	GF	Densidade				Área basal					
			N ₂₀₀₀	M	R	N ₂₀₀₆	G/P	AB ₂₀₀₀	M	R	AB ₂₀₀₆	G/P
Espécies com balanço positivo (Ganho: recrutamento > mortalidade)												
<i>Acacia tenuifolia</i> (L.) Willd.		M	86	32	73	127	41	0,485	0,195	0,235	0,685	0,200
<i>Combretum duarceanum</i> Cambess.		M	62	19	47	90	28	0,350	0,091	0,156	0,485	0,136
<i>Dilodendron bipinnatum</i> Radlk.		M	106	8	17	115	9	1,825	0,151	0,066	2,033	0,208
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam. var. <i>ulmifolia</i>		M	26	1	10	35	9	0,154	0,003	0,034	0,229	0,075
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) Macbr.		M	12	7	12	17	5	0,068	0,034	0,047	0,094	0,027
<i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart.		P	7	0	3	10	3	0,092	0,000	0,008	0,131	0,040
<i>Jacaranda brasiliana</i> (Lam.) Pers.		M	4	0	3	7	3	0,019	0,000	0,009	0,036	0,017
<i>Tabebuia impetiginosa</i> (Mart. ex A.DC.) Standley		P	34	3	5	36	2	1,202	0,145	0,018	1,228	0,025
<i>Sterculia striata</i> A.St.-Hil. & Naudin		L	29	2	4	31	2	1,058	0,017	0,013	1,179	0,121
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan var. <i>colubrina</i>		P	6	1	3	8	2	0,144	0,010	0,006	0,169	0,025
<i>Sapium glandulatum</i> (Vell.) Pax		M	0	0	2	2	2	0,000	0,000	0,005	0,005	0,005
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemao		P	59	3	4	60	1	1,224	0,043	0,012	1,426	0,202
<i>Aspidosperma parvifolium</i> A.DC.		P	5	0	1	6	1	0,111	0,000	0,005	0,131	0,020
<i>Luehea divaricata</i> Mart. & Zucc.		M	4	0	1	5	1	0,044	0,000	0,003	0,056	0,012
<i>Bauhinia membranacea</i> Benth.		M	1	1	2	2	1	0,003	0,003	0,007	0,007	0,005
<i>Machaerium oblongifolium</i> Vogel		P	0	0	1	1	1	0,000	0,000	0,003	0,003	0,003
<i>Pseudobombax longiflorum</i> (Mart. & Zucc.) A.Robyns		L	0	0	1	1	1	0,000	0,000	0,002	0,002	0,002
<i>Randia armata</i> (Sw.) DC.		M	0	0	1	1	1	0,000	0,000	0,004	0,004	0,004
Espécies com balanço neutro (recrutamento = mortalidade)												
<i>Ptilochaeta bahiensis</i> Turcz.		P	11	0	0	11	0	0,078	0,000	0,000	0,093	0,014
<i>Luehea candicans</i> Mart. & Zucc.		M	3	0	0	3	0	0,020	0,000	0,000	0,026	0,006
<i>Ceiba speciosa</i> (A.St.-Hil.) Ravenna		L	2	0	0	2	0	0,398	0,000	0,000	0,411	0,013
<i>Diptychandra aurantiaca</i> Tul. subsp. <i>aurantiaca</i>		P	2	0	0	2	0	0,061	0,000	0,000	0,069	0,009
<i>Guettarda viburnoides</i> Cham. & Schltdl.		M	2	1	1	2	0	0,008	0,005	0,003	0,008	0,000
<i>Machaerium scleroxylon</i> Tul.		P	2	0	0	2	0	0,121	0,000	0,000	0,147	0,025
<i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil.		P	2	0	0	2	0	0,015	0,000	0,000	0,021	0,007

Continua...

Tabela 3.6. Continuação

Espécies	Sigla	GF	Densidade					Área basal				
			N ₂₀₀₀	M	R	N ₂₀₀₆	G/P	AB ₂₀₀₀	M	R	AB ₂₀₀₆	G/P
<i>Rhamnidium elaeocarpum</i> Reissek	Rham elae	P	2	0	0	2	0	0,008	0,000	0,000	0,010	0,002
<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltdl.) K.Schum.	Toco form	M	2	0	0	2	0	0,010	0,000	0,000	0,014	0,004
<i>Ximena americana</i> L.	Xime amer	P	2	0	0	2	0	0,035	0,000	0,000	0,049	0,014
<i>Callisthene fasciculata</i> Mart.	Call fasc	M	1	0	0	1	0	0,005	0,000	0,000	0,007	0,002
<i>Casearia rupestris</i> Eichler	Case rupe	M	1	0	0	1	0	0,003	0,000	0,000	0,004	0,001
<i>Lonchocarpus guilleminianus</i> (Tul.) Malme	Lonc guil	P	1	0	0	1	0	0,019	0,000	0,000	0,021	0,002
<i>Machaerium aculeatum</i> Raddi	Mach acul	M	1	0	0	1	0	0,060	0,000	0,000	0,061	0,000
<i>Micropholis venulosa</i> (Mart. & Eichler) Pierre	Micr venu	M	1	0	0	1	0	0,020	0,000	0,000	0,024	0,004
<i>Oxandra reticulata</i> Maas	Oxan reti	M	1	0	0	1	0	0,011	0,000	0,000	0,012	0,001
Espécies com balanço negativo (Perda: mortalidade > recrutamento)												
<i>Aspidosperma subincanum</i> Mart. ex A.DC.	Aspi subi	P	23	3	2	22	-1	0,426	0,057	0,009	0,467	0,041
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott ex Spreng.	Astr frax	P	15	2	1	14	-1	0,573	0,024	0,003	0,629	0,056
<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B.Gillett	Comm lept	L	11	1	0	10	-1	0,504	0,095	0,000	0,467	-0,037
<i>Lonchocarpus montanus</i> Azevedo-Tozzi	Lonc mont	P	10	1	0	9	-1	0,260	0,010	0,000	0,273	0,013
<i>Machaerium stipitatum</i> (DC.) Vogel	Mach stip	P	7	1	0	6	-1	0,126	0,010	0,000	0,136	0,010
<i>Cavanillesia arborea</i> (Willd.) K.Schum.	Cava arbo	L	5	1	0	4	-1	2,890	0,089	0,000	2,999	0,109
<i>Erythroxylum daphnites</i> Mart.	Eryt dafi	M	3	1	0	2	-1	0,013	0,004	0,000	0,010	-0,003
<i>Bauhinia unguilata</i> L. var. <i>ungulata</i>	Bauh ungu	M	2	1	0	1	-1	0,011	0,005	0,000	0,006	-0,005
<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel var. <i>acutifolium</i>	Mach acut	P	2	1	0	1	-1	0,021	0,005	0,000	0,020	-0,001
<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. ex Mart.	Acro acul	L	1	1	0	0	-1	0,028	0,028	0,000	0,000	-0,028
<i>Tabebuia roseo-alba</i> (Ridley) Sandwith	Tabe rose	P	11	3	1	9	-2	0,114	0,026	0,002	0,110	-0,004
<i>Pseudobombax tomentosum</i> (Mart. & Zucc.) A.Robyns	Pseu tome	L	73	4	0	69	-4	2,256	0,113	0,000	2,455	0,199

Cerca de metade das espécies (23 das 43 espécies) amostradas no primeiro inventário sofreu mortalidade (Tabela 3.6). A maior parte da mortalidade esteve concentrada em algumas poucas espécies, mas principalmente nas das espécies *Acacia tenuifolia* e *Combretum duarteanum*, que apresentaram o maior número de indivíduos mortos, 32 e 19, respectivamente. Juntas estas espécies foram responsáveis por 52% do total de indivíduos mortos na comunidade.

O recrutamento foi superior à mortalidade, sendo registrados ao todo 195 recrutas (versus 98 mortos) (Tabela 3.6). Cerca de metade das espécies (21 das 43 espécies) do primeiro inventário apresentou recrutas, além de mais três novas que ingressaram na comunidade no segundo inventário, todas com um recruta cada (Tabela 3.6). A maior parte do recrutamento também esteve concentrada em algumas poucas populações, e assim como encontrado para a mortalidade, as espécies *A. tenuifolia* e *C. duarteanum* apresentaram o maior número de recrutas, 73 e 47, respectivamente, sendo responsáveis por 61,5% do total de recrutas na comunidade.

O equilíbrio em razão do recrutamento resultou em um ganho (em relação ao primeiro inventário) de 15,2% na densidade e em uma taxa de recrutamento médio de $4,43\%.\text{ano}^{-1}$, quase o dobro da encontrada para a mortalidade ($2,77\%.\text{ano}^{-1}$; Tabela 3.5). Além disso, a área basal dos recrutas juntamente com a dos sobreviventes resultou em um ganho de 10,7%, com taxa de acréscimo de $2,83\%.\text{ano}^{-1}$ (Tabela 3.5).

A maior parte das espécies que sofreu mortalidade apresentou recrutamento que recompensasse a perda, mantendo o balanço positivo (ganho) em favor do recrutamento (Tabela 3.6). Isto ocorreu de forma muito pronunciada para as espécies *A. tenuifolia* e *C. duarteanum*, cujos ganhos de indivíduos favoreceram um acréscimo em mais de 40% na densidade de suas populações (Tabela 3.6). Estas duas espécies foram as que mais contribuíram na dinâmica da comunidade, principalmente nas menores classes de diâmetro, onde se concentravam grande parte dos seus indivíduos. Uma comparação da mortalidade por classes de diâmetro na comunidade sem estas duas espécies indica uma redução de mais da metade no número de mortos e na taxa de mortalidade média anual nas duas primeiras classes de diâmetro da comunidade, sem alterações nas classes subseqüentes (Figura 3.5b). Além disso, a exclusão destas espécies da análise acarretou em alterações significativas nos parâmetros da dinâmica local, levando a um aumento da longevidade da comunidade (Figura 3.6).

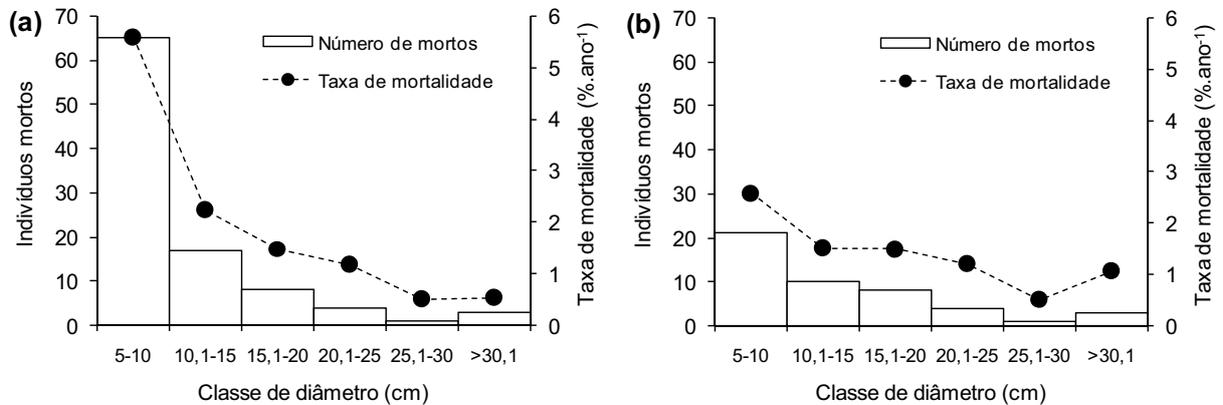


Figura 3.5. Distribuição do número de indivíduos arbóreos mortos e das taxas de mortalidade médias anuais pelas classes de diâmetro na floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil, no intervalo de seis anos (2000-2006). Análises em nível de (a) comunidade total (n=640) e (b) comunidade sem as espécies *Acacia tenuifolia* e *Combretum duarleanum* (n=492).

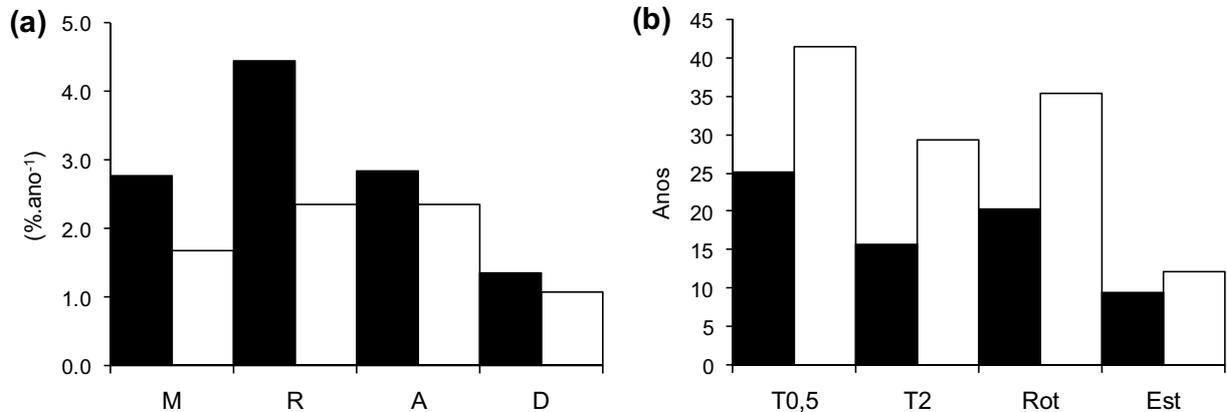


Figura 3.6. Comparação entre os parâmetros da dinâmica da comunidade arbórea da floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil, no intervalo de seis anos (2000-2006). (■) comunidade total (n=640); (□) comunidade sem as espécies *Acacia tenuifolia* e *Combretum duarleanum* (n=492). (a) taxas médias anuais de mortalidade (M), recrutamento (R), acréscimo (A) e decréscimo (D); (b) tempos anuais de meia-vida (T_{0,5}), duplicação (T₂), rotatividade (Rot) e estabilidade (Est).

A análise em nível de grupos funcionais indicou que o grupo das espécies de madeira média foi o que mais contribuiu na dinâmica da comunidade, detendo 71,4% da densidade e 41,8% da área basal total dos mortos, e 85,6% da densidade e 86,5% da área basal total dos recrutas. A mortalidade total (22,1%), a taxa de mortalidade média anual ($4,16\%.\text{ano}^{-1}$), e a perda (15,7%) e taxa de decréscimo ($2,85\%.\text{ano}^{-1}$) em área basal deste grupo foram excepcionalmente mais elevadas que as dos demais grupos, e consideravelmente superiores às encontradas para a comunidade (Tabela 3.5). Como consequência, o tempo de meia-vida (16,7 anos) e a rotatividade (13,3 anos) foram bastante reduzidos em relação à comunidade (Tabela 3.5). O recrutamento neste grupo também ocorreu de forma muito pronunciada, cuja taxa média anual ($7,05\%.\text{ano}^{-1}$) superou a da mortalidade, resultando em um ganho de 23,4% tanto na densidade quanto na área basal, com uma taxa de acréscimo em área basal de $5,39\%.\text{ano}^{-1}$ (Tabela 3.5).

Os grupos de madeira leve e de madeira pesada, por outro lado, apresentaram um maior equilíbrio entre os valores dos parâmetros, em sua maioria inferiores aos encontrados para a comunidade (Tabela 3.5). Um maior balanço entre a mortalidade e o recrutamento foi encontrado para estes grupos, sendo que para o grupo de madeira leve este balanço foi levemente negativo, dado pela maior taxa de mortalidade em relação à de recrutamento (1,43 e $0,93\%.\text{ano}^{-1}$, respectivamente), resultando em perda de indivíduos de 2,52%, no entanto, sem implicar em perda de área basal, que apresentou ganho de 5,33% (Tabela 3.5). Já para o grupo de madeira pesada as taxas de mortalidade e recrutamento foram praticamente equivalentes (1,47 e $1,56\%.\text{ano}^{-1}$, respectivamente), resultando em um ganho em indivíduos de apenas 1,47% (Tabela 3.5). No entanto, o ganho em área basal (10,94%) foi próximo ao encontrado para a comunidade, indicando uma grande capacidade de desenvolvimento dos seus indivíduos. Como resultado do maior equilíbrio entre mortalidade e recrutamento, ambos os grupos de madeira leve e pesada apresentaram tempos de meia-vida, duplicação, rotatividade e estabilidade superiores aos da comunidade (Tabela 3.5), indicando uma dinâmica menos acelerada e uma maior longevidade no ambiente.

3.3.4. Distribuição espacial das mortas e recrutadas

Indivíduos mortos foram registrados em 24 das 25 parcelas amostradas, variando de um a oito nas parcelas. Já os indivíduos recrutados foram registrados em todas as parcelas, com densidade variando de um a 23. Indivíduos mortos e recrutados estavam distribuídos nas parcelas de forma não-agrupada (Mortos: $\chi^2 = 2,04$, $P = 0,15$; Recrutados: $\chi^2 = 1,08$, $P = 0,29$), não sendo detectadas relações com a densidade de indivíduos vivos nas parcelas (Mortos: $r_s = 0,04$, $P = 0,85$; Recrutados: $r_s = 0,16$, $P = 0,46$). Estes resultados indicam que os processos de mortalidade e recrutamento na comunidade após o período analisado ocorreram de forma estocástica e não foram dependentes de densidade.

3.3.5. Relação entre a dinâmica e os gradientes ambientais

A ordenação dos dados de crescimento das principais espécies e das variáveis ambientais pela CCA resultou em autovalores de 0,32 para o primeiro e de 0,23 para o segundo eixo (Tabela 3.7), indicando as respostas das espécies a um gradiente ambiental relativamente curto, pelo autovalor significativo ($> 0,3$) apenas do primeiro eixo. Os dois primeiros eixos responderam por 15,3% e 24,2% da variância cumulativa das espécies, sugerindo grande quantidade de ruído na análise. ter Braak (1987) e Palmer (2005) comentaram que baixas porcentagens de variância para dados de espécies em florestas nativas são comuns e não prejudicam a detecção das relações espécies-ambiente. De fato, as porcentagens de variância explicadas pelas variáveis ambientais foram de 44,0% no primeiro e de 25,9% no segundo eixo (acumulado de 65,9%), valores considerados elevados, porém significativos apenas para o primeiro eixo, segundo o teste de significância de Monte Carlo (Tabela 3.7).

A rochosidade foi a variável de correlação mais forte com o primeiro eixo de ordenação, seguida da abertura de dossel e do pH, ao passo que no segundo eixo as variáveis P e o Ca+Mg foram as mais correlacionadas (Tabela 3.8). As correlações ponderadas mostraram inter-relações fracas entre as variáveis (Tabela 3.8), reforçando a presença de um gradiente ambiental curto.

As relações significativas obtidas apenas para o primeiro eixo indicam que o gradiente encontrado para o crescimento ocorre em função principalmente da rochosidade e da abertura de dossel. Cinco das 12 espécies incluídas na análise apresentaram forte relação com a rochosidade: *Commiphora leptophleas*, *Dilodendron bipinnatum*, *Pitlochaeta bahiense*, *Pseudobombax tomentosum* e *Tabebuia impetiginosa* (Figura 3.7), que juntas somaram 40% do total de

indivíduos da comunidade. Por outro lado, apenas duas espécies estiveram relacionadas com a abertura de dossel: *Acacia tenuifolia* e *Combretum duarteanum*, que, conforme resultados das análises anteriores, apresentaram grande contribuição na dinâmica da comunidade.

A ordenação dos dados de mortalidade e recrutamento das principais populações e das variáveis ambientais pela CCA não resultou em relações significativas, indicando ausência de gradiente para estes parâmetros. Para a mortalidade foram encontrados autovalores do primeiro (0,28) e segundo (0,21) eixos abaixo do limite aceitável ($> 0,3$), e o teste de Monte Carlo não detectou significância tanto para o primeiro ($P = 0,98$) quanto para o conjunto ($P = 0,77$) dos eixos canônicos. O mesmo ocorreu para o recrutamento, com autovalores do primeiro e segundo eixos de 0,27 e 0,21, respectivamente, e sem significância pelo teste de Monte Carlo para o primeiro ($P = 0,52$) e para o conjunto ($P = 0,24$) dos eixos canônicos.

Tabela 3.7. Estimadores dos dois primeiros eixos de ordenação canônica (CCA) entre o incremento diamétrico anual das populações arbóreas de maior densidade ($n \geq 10$) e as principais variáveis ambientais na floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil.

Estimadores	Eixo1	Eixo2
Autovalores	0,318	0,228
% cumulativa da variância das espécies	15,3	24,2
% da variância explicada pelas variáveis ambientais	44,0	69,9
Teste de permutação de Monte Carlo (P)	0,02	0,12*

*Todos os eixos canônicos

Tabela 3.8. Correlações das principais variáveis ambientais nos dois primeiros eixos de ordenação canônica (CCA) do incremento diamétrico anual das populações arbóreas de maior densidade ($n \geq 10$) na floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil. Valores significativos ($> 0,3$) em negrito.

Variáveis ambientais	Coeficientes de correlação		Correlações ponderadas					
	Eixo1	Eixo2	PH	Ca+Mg	P	K	Roch	AD
pH	0,3008	-0,2555	-					
Cálcio + Magnésio (Ca+ Mg)	-0,0186	-0,3398	0,3288	-				
Fósforo (P)	-0,0886	0,3481	0,0403	0,2862	-			
Rochosidade (Roch)	-0,7395	-0,2625	-0,2812	0,0585	0,1794	0,1870	-	
Abertura de dossel (AD)	0,4143	0,0043	0,2479	-0,0775	0,2644	0,0275	-0,2855	-

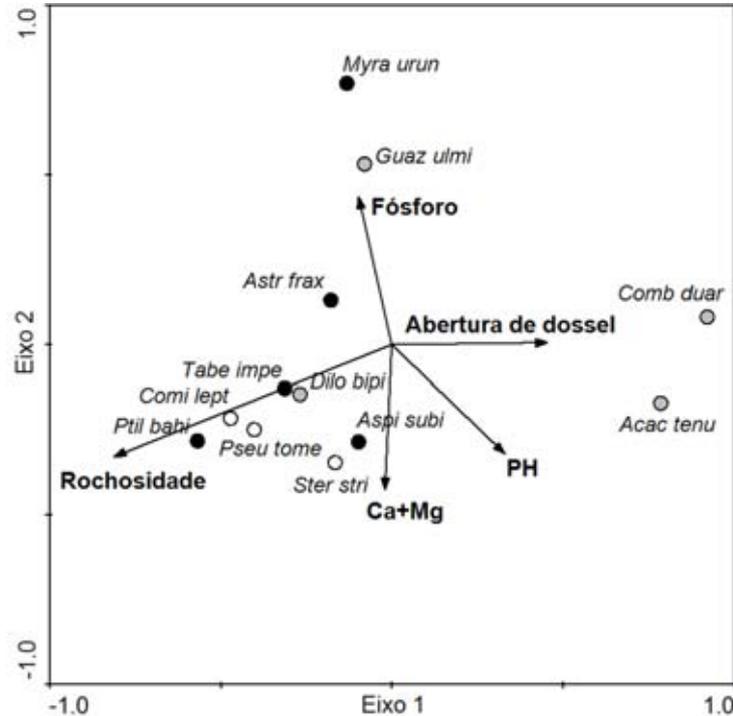


Figura 3.7. Diagrama de ordenação 'biplot' resultante da análise de correspondência canônica (CCA) mostrando a relação entre o incremento médio anual (IMA) das principais populações arbóreas ($n \geq 10$) e as principais variáveis ambientais na floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil. Grupos funcionais: (○) madeira leve; (●) madeira pesada; (○) madeira média. Siglas das espécies vide Tabela 3.6. Siglas das variáveis ambientais vide Tabela 3.8.

3.4. DISCUSSÃO

3.4.1. Crescimento

O valor do incremento diamétrico anual obtido para a comunidade estudada (média de 0,25 e mediana de 0,21 cm.ano^{-1}) foi compatível com os obtidos para comunidades arbóreas de outras florestas estacionais tropicais, como por Nath et al. (2006) em uma floresta decidual na Índia (média de 0,17 a 0,37 cm.ano^{-1}), e por Losos & Leigh Jr (2004) em uma floresta decidual na Tailândia (média de 0,25 a 0,31 cm.ano^{-1}) e em uma floresta mista de Dipterocarpaceae na Malásia (média de 0,14 a 0,38 cm.ano^{-1}). Os valores também foram próximos aos obtidos em algumas florestas do bioma Cerrado, como por Pinto (2002) em uma floresta estacional (vale) na Chapada dos Guimarães, MT (média de 0,21 cm.ano^{-1}), e por Felfili (1993, 1995a) e Oliveira (2005), em uma mata de galeria em Brasília, DF, em sucessivos intervalos ao longo de 19 anos (média de 0,21 a 0,26 e mediana de 0,16 a 0,21 cm.ano^{-1}). A proximidade com os valores obtidos para estas florestas, consideradas pelos autores como de crescimento acelerado, em contraposição com os incrementos mais baixos obtidos para algumas florestas tropicais úmidas na Amazônia (média de 0,10 a 0,16 cm.ano^{-1} ; Uhl et al. 1988; Laurance et al. 1998; Silva et al. 2002) corrobora a hipótese de que a presente floresta apresenta uma dinâmica acelerada, vinculada ao crescimento arbóreo elevado.

As taxas de incremento registradas tanto para a comunidade como para as principais populações da floresta apresentaram alta variabilidade ($CVs > 50\%$), mostrando grandes diferenciações no crescimento dos indivíduos. Elevada variabilidade intra e inter específica no crescimento arbóreo é uma característica frequentemente encontrada em florestas tropicais (Swaine et al. 1987; Felfili et al. 1995a; Clark & Clark 1999; Baker et al. 2003; Brienen et al. 2006; King et al. 2005, 2006; Chao et al. 2008), como consequência da elevada heterogeneidade genética e ambiental típica destes ambientes (Hubbell et al. 1999). De acordo com Felfili (1995b), cada árvore possui características genéticas próprias e está estabelecida sob condições ambientais únicas ao longo da floresta, e mesmo espécies com indivíduos de tamanhos semelhantes podem variar consideravelmente em termos de crescimento devido às diferenças na intensidade de competição por recursos (ex. luz, nutrientes, água) e efeitos de densidade, herbivoria e patógenos em seus micro-sítios. Dentre as principais causas da elevada variabilidade no crescimento arbóreo, Felfili (1995a) cita a competição por luz, que está diretamente relacionado com a capacidade fotossintética da planta.

O padrão de aumento do incremento anual nas classes extremas de diâmetro (Figura 3.2) aparece como um indicativo da influência da luz no crescimento dos indivíduos nesta floresta. Diversos estudos em florestas tropicais (Felfili 1995a; Clark & Clark 1999; Baker et al. 2003, King et al. 2005, 2006; Chao et al. 2008) mostram que o crescimento tende a ser maior para as árvores com diâmetros maiores, pelo fato de ocuparem o dossel e apresentarem maiores taxas fotossintéticas pela maior disponibilidade de luz, explicando assim o maior crescimento obtido aqui para os indivíduos da maior classe diamétrica. Por outro lado, o elevado crescimento observado na menor classe diamétrica pode estar vinculado ao fato desta ser uma floresta mais aberta, visto que Nascimento et al. (2007) encontraram um dossel aberto nas parcelas estudadas, mesmo durante a estação chuvosa (abertura de dossel = $42,2 \pm 7,2\%$; média \pm DP), período em que todas as árvores estão com folhas e onde ocorre o pulso de crescimento nas florestas decíduais tropicais (Murphy & Lugo 1986; Borchert 1994b; Prior et al. 2004a), e Felfili et al. (2007a) observaram que a elevada rochosidade no solo desta floresta propicia um maior espaçamento entre as árvores, cuja densidade por hectare foi inferior às encontradas em outras florestas estacionais tropicais. Esta maior abertura de dossel associada a uma estrutura horizontal mais espaçada permite uma maior entrada de luz nos estratos inferiores, o que pode estar beneficiando o crescimento dos indivíduos nas menores classes de diâmetro, onde ocorre grande densidade de espécies tipicamente de pequeno porte, como *Dilodendron bipinnatum* e *Acacia tenuifolia*, que apresentaram elevados incrementos nas menores classes. Felfili (1995a) enfatiza que é preciso cautela ao interpretar dados de crescimento em relação às classes de diâmetro, pois devido à estrutura das florestas tropicais, os valores de crescimento nas maiores classes de diâmetro vêm de um número muito menor de indivíduos em relação às classes inferiores, gerando padrões que podem não representar adequadamente a realidade da comunidade.

A análise de correspondência canônica (CCA) mostrou que a rochosidade foi o fator mais importante no gradiente de crescimento da comunidade, apresentando a mais forte correlação com o eixo canônico principal e agrupando o maior número de espécies ao longo do seu eixo. As cinco espécies (*Commiphora leptophlebos*, *Dilodendron bipinnatum*, *Pseudobombax tomentosum*, *Ptilochaeta bahiense* e *Tabebuia impetiginosa*) cujos crescimentos estiveram vinculados à rochosidade foram responsáveis por 40% da densidade total da comunidade, e nenhuma destas é considerada preferencialmente rupícula ou de ocorrência restrita a esta fisionomia no bioma Cerrado (Mendonça et al. 1998; Pereira 2008). Todas possuem distribuição relativamente ampla pelas regiões estacionais na América do Sul, e, no Cerrado, encontram-se presentes também em outras fisionomias, tais como florestas semidecíduais, matas de galeria e cerradões (Ratter et al. 1978; Mendonça et al. 1998; Pereira 2008). Supõe-se que o seu sucesso no desenvolvimento

neste ambiente provenha da capacidade de superação das condições estressantes proporcionadas pela rochosidade.

A rochosidade implica em uma série de restrições ao desenvolvimento arbóreo, principalmente por conduzir a uma maior limitação hídrica, visto que o tempo de permanência da água na superfície rochosa é reduzido (Larcher 2000). De acordo com Holbroock et al. (1995), a deficiência hídrica interfere nos processos de absorção, transporte e incorporação de água e nutrientes pelas plantas, o que leva a uma grande limitação no crescimento. Além disso, a rochosidade implica em uma barreira física para as raízes, limitando sua expansão, e, conseqüentemente, reduzindo a capacidade de absorção de água e nutrientes pela planta (Larcher 2000). Por outro lado, uma vez adaptadas, as plantas que se desenvolvem sobre as rochas calcárias lidam com algumas vantagens competitivas. A acelerada desagregação das rochas calcárias promove uma elevada disponibilidade de elementos básicos, principalmente Ca e Mg, tornando-os ambientes ricos em nutrientes (Thomas 1974). A disponibilidade de alguns nutrientes pode conferir tolerância à seca, melhorando a capacidade osmorregulatória da planta (Larcher 2000). A rochosidade, por sua vez, proporciona o aumento de micro-habitats, por exemplo, nas fendas das rochas, onde o depósito de folhas e galhos promove uma maior concentração de matéria orgânica, podendo levar a uma maior atividade microbiana, potencializando a disponibilidade de nutrientes (Singh et al. 1989). E, claro, impõem uma forte barreira física para expansão radicular e sustentação de outras espécies (Larcher 2000), reduzindo a competição por água e nutrientes. Muitos destes aspectos precisam ser melhor investigados nas florestas sobre afloramentos calcários, mas é muito provável que o sinergismo entre alguns destes fatores seja determinante para promover uma maior eficiência no crescimento das espécies supracitadas.

A CCA também detectou a influência da luminosidade no crescimento, sendo encontrada uma significativa relação entre a abertura de dossel e o crescimento dos indivíduos de duas populações importantes na dinâmica da comunidade, das espécies *Acacia tenuifolia* e *Combretum duarteanum*. Esta relação foi associada ao caráter pioneiro destas espécies. Segundo Cházaro-Bazáñez (1977), Timberlake et al. (1999) e Fagg & Haridasan (2005), grande parte das espécies arbóreas do gênero *Acacia* possui comportamento pioneiro, por serem heliófilas preferenciais de áreas abertas (bordas, clareiras e capoeiras), de rápido crescimento, com baixa longevidade, e produzindo propágulos em grande quantidade. Já *C. duarteanum* foi indicada como espécie útil para recuperação de florestas estacionais no Brasil Central, pelo seu caráter pioneiro e preferência por áreas de elevada luminosidade (IBGE 2002). Vieira et al. (2006a) mostraram que *C. duarteanum* é uma das cinco espécies de maior regeneração em áreas abertas

(pastos e capoeiras) nas florestas decíduais planas do Vale do Paranã, reforçando seu caráter pioneiro. Além disso, observações de campo (F.A. Carvalho, observação pessoal) tomadas ao longo de mais de 30 excursões na região do Vale do Paranã mostraram que as árvores de ambas as espécies são freqüentemente encontradas em pastos abandonados e capoeiras sobre afloramentos calcários, aonde chegam a formar estandes com grande dominância. Esta tendência de preferência de crescimento das espécies pioneiras em sítios de maior luminosidade foi observado em outras florestas do Cerrado, como por Felfili et al. (1995a; 1997a) e Oliveira (2005) em matas de galeria, por Pinto (2002) em floresta estacional semidecidual, e por Werneck & Francheschinelli (2004) em floresta estacional decidual, estando de acordo com diversos estudos desenvolvidos em florestas tropicais (Denslow 1980; Swaine et al. 1987; Condit 1995; Clark & Clark 1999; Rees et al. 2001; Chazdon et al. 2007). Estes resultados mostram que mesmo em florestas estruturalmente abertas, a luminosidade exerce importante influência no crescimento da comunidade, conforme já evidenciado em algumas florestas estacionais tropicais (Swaine et al. 1990; Sukumar et al. 1992; Nath et al. 2006).

3.4.2. Mortalidade e recrutamento

Conforme a hipótese levantada, as elevadas taxas de mortalidade ($2,77\%.\text{ano}^{-1}$) e recrutamento ($4,43\%.\text{ano}^{-1}$) indicaram que a floresta estudada apresenta uma comunidade arbórea altamente dinâmica. As taxas de mortalidade e recrutamento registradas estão dentre as mais elevadas em relação a outras florestas tropicais úmidas (Phillips et al. 1994; Lewis et al. 2004 a,b; Phillips et al. 2004), matas de galeria (Felfili 1995a, 1997a; Oliveira 2005; Lopes & Schiavini 2007), florestas estacionais semidecíduais (Nascimento et al. 1999; Pinto 2002; Guilherme et al. 2004; Appolinário et al. 2005; Silva et al. 2007; Paiva et al. 2007; Higuchi et al. 2008; Machado 2008; Machado & Oliveira-Filho 2009) e florestas estacionais decíduais (Hubbell & Foster 1990; Swaine et al. 1990; Sukumar et al. 1992; Werneck & Franceschinelli 2004; Marín et al. 2005), cujos maiores valores, encontrados para florestas estacionais, giram em torno de $4,0\%.\text{ano}^{-1}$ (Hubbell & Foster 1990; Marín et al. 2005; Paiva et al. 2007). As elevadas taxas e o forte balanço em favor do recrutamento resultaram em baixos tempos de meia-vida (25,0 anos) e de duplicação (15,6 anos), implicando em uma das mais baixas rotatividades (tempo de reposição dos indivíduos; 20,3 anos) dentre as florestas supracitadas, sendo menor inclusive do que a encontrada para uma floresta decidual com elevada mortalidade natural na Nicarágua (21,5 anos; Marín et al. 2005), e para uma floresta decidual em fase de recuperação de distúrbios antrópicos no Brasil Central (22,8 anos; Werneck & Franceschinelli 2004). Estes

resultados demonstram tratar-se de uma das florestas tropicais mais dinâmicas estudadas até o momento.

O balanço positivo em favor do recrutamento e o significativo acréscimo em área basal, encontrados tanto para a comunidade quanto para as principais espécies, indicaram tratar-se de uma floresta em franca fase de construção, padrão normalmente atribuído a florestas estruturalmente instáveis e que sofreram distúrbios pretéritos (Whitmore & Burslem 1998; Chazdon et al. 2007). Diversos estudos em florestas tropicais vêm demonstrando que os distúrbios naturais (ex. secas severas, tempestades, alagamentos) ou antrópicos (ex. fragmentação, bordas, queimadas, corte seletivo) influenciam na mortalidade, e, conseqüentemente, no recrutamento, agindo como fortes determinantes na dinâmica florestal (Condit et al. 1995; Oliveira-Filho et al. 1997b; Laurance et al. 1998; Werneck & Franceschinelli 2004; Baker et al. 2005; Higuchi et al. 2008). Como a floresta estudada encontra-se relativamente preservada (vide Capítulo 2), é coerente afirmar que o padrão obtido esteja associado a aspectos naturais, dentre os quais, muito provavelmente à pluviosidade. Embora não tenham sido evidenciados períodos de secas severas nas últimas décadas, que influenciam significativamente na dinâmica florestal (Condit et al. 1995; Nakagawa et al. 2000; Slik 2004), a pluviosidade anual na região apresenta, naturalmente, grande oscilação, com freqüente alternância de épocas de maior ou menor precipitação (Figura 2.3a, Capítulo 2). Considerando a disponibilidade hídrica como o fator mais importante na dinâmica das florestas estacionais (Larcher 2000), é provável que esta alternância na precipitação anual exerça forte influência na dinâmica, intercalando períodos de maior ou menor mortalidade, ocasionando flutuações no balanço entre mortalidade e recrutamento. Tais flutuações são comuns em florestas tropicais (Phillips et al. 1994; Sheil et al. 1995b; Rees et al. 2001; Lewis et al. 2004a,b), e já foram registradas em vários estudos de dinâmica em longo prazo em vegetações estacionais (Felfili 1995 a,b; Oliveira 2005; Higuchi et al. 2008).

Neste sentido, o elevado número de indivíduos mortos caídos (67,3% do total de mortos) surge como um forte indicativo da influência dos eventos climáticos na dinâmica desta comunidade. Embora as causas da mortalidade sejam difíceis de determinar, pela interação entre diversos aspectos exógenos e endógenos, estudos em florestas tropicais normalmente registram uma maior concentração de indivíduos mortos em pé, relacionado à senescência via competição, doenças, ataques de insetos, ou estresses ambientais (secas, alagamentos, abertura de clareiras, limitação de nutrientes) (Carey et al. 1994; Condit et al. 1995; Laurance et al. 1998; Gale & Badford 1999; Arriaga 2000; Bloor & Grubb 2003; Chao et al. 2008). Ao passo que a mortalidade pela queda do indivíduo reflete uma maior instabilidade estrutural, como pela ação

provocada pela incidência de fortes ventos (Brokaw & Walker 1991; Arriaga 2000). Fortes ventanias associadas a chuvas intensas ocorrem durante as épocas chuvosas no Cerrado, e já foram observadas na floresta estudada diversas vezes (out/07, dez/07, jan/08, dez/08, fev/09; F.A. Carvalho, observação pessoal). Adiciona-se o fato desta floresta estar em terreno íngreme sobre solos rasos e rochosos, que propiciam uma menor capacidade de sustentação das árvores (Figura 3.8), e o fato da estrutura arbórea ser mais espaçada, possibilitando que os ventos penetrem com maior intensidade pela floresta. Fatores semelhantes conduziram a uma elevada mortalidade (86% das árvores mortas) por queda em uma floresta Montana sobre relevo íngreme no México (Arriaga 2000).



Figura 3.8. Detalhes de um indivíduo arbóreo (*Sterculia striata*) morto por queda na floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil. Observar o espaçamento do estrato arbóreo e os solos rochosos e rasos que proporcionam menor capacidade de sustentação das raízes. Foto: J.M. Felfili (set/06).

No entanto, a influência da interferência antrópica na mortalidade não deve ser ignorada. Mesmo que a floresta estudada seja considerada preservada, baseado no histórico dos últimos 20 anos e nas informações dos antigos moradores locais, ela já sofreu, ainda que em baixa intensidade, distúrbios no passado, como corte seletivo, queimadas e fragmentação pela conversão da vegetação adjacente em pastagens. Este é um padrão comum nas florestas do Vale do Paranã (Felfili 2003; Scariot & Sevilha 2005), e assim como observado por Clark (1996) em seu panorama mundial, é muito provável que nenhum dos remanescentes florestais da região alcance o status de “clímax” (ou “matas virgens”) na atualidade. Muitos estudos mostram que ações de corte seletivo, queimadas e fragmentação agem de forma sinérgica potencializando a mortalidade, e seus efeitos na estrutura da comunidade arbórea podem persistir por décadas (Terborgh et al. 1997; Laurance et al. 2002; Chazdon et al. 2007). Por outro lado, a distribuição

dos indivíduos mortos pelas classes de diâmetro (Figura 3.5a) apresentou conformação do tipo J-invertido, um padrão atribuído às florestas naturais preservadas, que expressam uma maior competição de recursos nos estratos inferiores (Hartshorn 1980; Swaine 1990; Felfili 1995a). De fato, o elevado número de recrutas registrados ao final do intervalo analisado, todos pertencentes à primeira classe diamétrica (DAP 5-10 cm), corroboram esta afirmação.

O expressivo balanço em favor do recrutamento para as principais espécies surgiu como um importante indicativo da estabilidade estrutural da comunidade. Das 14 espécies de maior densidade (≥ 10 indivíduos) no primeiro inventário, oito apresentaram ganhos de indivíduos, e apenas seis apresentaram perdas, a maioria destas com densidades inferiores (≤ 20 indivíduos) às das espécies mais dominantes. Desta forma a comunidade vem mostrando ser capaz de se manter estruturalmente estável, visto que as populações dominantes apresentaram aportes de indivíduos capazes de substituir aqueles senis ou em decrepitude. Portanto, conclui-se que embora apresente uma comunidade altamente dinâmica, inclusive com tempo de rotatividade reduzido em comparação com outras florestas estacionais tropicais, a instabilidade estrutural normalmente reportada em outras florestas tropicais muito dinâmicas aparenta não se aplicar à floresta estudada, visto que suas principais populações vêm se mantendo resilientes no ambiente, possibilitando que a comunidade permaneça com as suas características estruturais atuais em curto e médio prazo.

A acelerada dinâmica da comunidade pode ser atribuída, em grande parte, a expressiva influência das espécies *Acacia tenuifolia* e *Combretum duarteanum*, que foram responsáveis por 52% do total de indivíduos mortos e 61,5% dos recrutas na comunidade. A exclusão destas espécies levaria a uma redução de mais da metade no número de mortos e na taxa de mortalidade média anual nas duas primeiras classes de diâmetro, acarretando em alterações significativas nos parâmetros da dinâmica, resultando, praticamente, na duplicação da longevidade da comunidade. Sob este ponto de vista, a floresta apresentaria a dinâmica menos acelerada ($M = 1,67\%.\text{ano}^{-1}$; $R = 2,36\%.\text{ano}^{-1}$) e o maior tempo de rotatividade (35,4 anos) em relação às outras florestas estacionais comparadas, com padrões compatíveis com os encontradas nas florestas tropicais ombrófilas, que apresentam dinâmicas menos intensas (Phillips et al. 1994; Lewis et al. 2004 a,b; Phillips et al. 2004).

Conforme comentado anteriormente, *A. tenuifolia* e *C. duarteanum* são espécies tipicamente pioneiras, e como tal, apresentaram baixas rotatividades (7,9 e 9,4 anos, respectivamente), mostrando baixa longevidade no ambiente. Por outro lado, o elevado recrutamento indica um equilíbrio favorável à sua expansão no ambiente. Existem poucos indícios de que seu sucesso esteja relacionado a distúrbios antrópicos, conforme normalmente

relacionado a espécies pioneiras em florestas tropicais (Hubbell et al. 1999). Estas informações levam a crer que estas espécies ocorrem naturalmente neste ambiente, estando adaptadas às condições estressantes provocadas pela rochosidade e estacionalidade, e utilizando-se dos recursos para sua manutenção, especialmente da alta disponibilidade de luz e da fertilidade do solo. Outros estudos em florestas sobre afloramentos calcários no Vale do Paranã, igualmente preservadas, encontraram estas espécies dentre as mais abundantes em suas comunidades (Silva & Scariot 2003, 2004 a,b; Nascimento et al. 2004), mostrando serem componentes comuns a esta fisionomia. Aparentemente, sua expansão não vem comprometendo a estrutura das demais populações. Análises futuras serão fundamentais para elucidar até que ponto esta expansão continuará, ou se não se trata apenas de uma flutuação populacional momentânea (devido a suas baixas longevidades), e se esta expansão não interferirá na dinâmica das demais populações pela maior competição por recursos, o que poderia implicar em uma gradativa alteração florística e estrutural da comunidade.

A análise de correspondência canônica (CCA) não detectou gradientes ambientais relacionados à mortalidade e ao recrutamento, ao contrário do observado para o crescimento. Esta ausência de gradientes foi corroborada pelas análises de distribuição espacial dos indivíduos mortos e recrutas e da sua relação com a distribuição dos indivíduos vivos nas parcelas, mostrando que os eventos de mortalidade e recrutamento durante o intervalo analisado ocorreram de forma estocástica no ambiente e não foram dependentes da densidade. Volkov et al. (2005) e Hubbell (2005) comentaram que estes são fatores intimamente correlacionados pois os gradientes ambientais em florestas tropicais ocorrem em função da distribuição espacial das plantas, e vice-versa. Possíveis explicações para esta ausência de gradientes em relação à mortalidade e recrutamento seriam: (1) embora a rochosidade conduza a um aumento no número de micro-ambientes, ela é elevada (> 50%) ao longo de praticamente toda amostra, resultando em uma aparente uniformidade edáfica; (2) as espécies ali presentes são aquelas naturalmente adaptadas à estacionalidade, rochosidade, fertilidade do solo e condições de luminosidade, motivo do seu sucesso no ambiente, e aparentemente apresentam respostas indiferentes quanto aos eventos de mortalidade e recrutamento em função da uniformidade ambiental. Estudos detalhados sobre o papel das variáveis climáticas, edáficas e outros aspectos das relações solo-planta, e o prosseguimento do monitoramento das parcelas permanentes serão importantes para um melhor esclarecimento a respeito dos gradientes que governam os processos dinâmicos nesta floresta.

3.4.3. Dinâmica dos grupos funcionais

As análises de crescimento considerando as espécies de acordo com os grupos funcionais mostraram uma tendência de crescimentos diferenciados na floresta, no sentido: madeira média (maior crescimento de indivíduos de pequenos a médios diâmetros) → madeira pesada (maior crescimento de indivíduos de médios a grandes diâmetros) → madeira leve (maior crescimento de indivíduos de grandes diâmetros). O grupo funcional de madeira média engloba espécies naturalmente de menores portes, que não atingem grandes diâmetros ($DAP \leq 20$ cm, ex. *D. bipinnatum*, *A. tenuifolia* e *C. duarteanum*), e que por investirem mais em tecidos caulinares menos resistentes, tendem a apresentar maiores crescimentos nas menores classes diamétricas. O acelerado crescimento deste grupo nas menores classes diamétricas aparenta estar relacionado a uma maior abertura de dossel nesta floresta (Nascimento et al. 2007), onde os indivíduos menores aumentam suas chances de competir por luz, e como consequência, de crescerem mais.

Já o grupo funcional de madeira dura é composto por espécies que atingem naturalmente maiores diâmetros (ex. *M. urundeuva* e *T. impetiginosa*), e que provavelmente investem mais em crescimento nas classes intermediárias como forma de escapar da grande competição com as espécies de pequeno porte do grupo de madeira média. Considera-se ainda que o menor crescimento das espécies de madeiras mais duras quando em suas fases iniciais (menores portes) tende a ocorrer naturalmente pelo maior investimento fisiológico do carbono em tecidos mais resistentes na construção de lenho (Larcher 2000; Baker et al. 2003; Rowe & Speck 2005). Na medida em que o indivíduo vai atingindo uma estrutura mais resistente, em suas fases mais maduras (maiores portes), o crescimento tende a ocorrer de forma mais pronunciada devido à maior estrutura de copas e capacidade fotossintética (Larcher 2000; Baker et al. 2003; Rowe & Speck 2005). Esta tendência concorda com os aspectos de crescimento encontrados em diversas florestas tropicais em climas estacionais (Hubbell & Foster 1990; Swaine et al. 1990; Sukumar et al. 1992; Felfili 1995a; Baker et al. 2003; Werneck & Francheschinelli 2004; Marimon 2005; Marín et al. 2005; Pinto & Hay 2005).

O grupo funcional de madeira leve é composto por espécies que atingem naturalmente grandes diâmetros (ex. *C. arborea*, *P. tomentosum*, *C. speciosa*), e que provavelmente investem mais em crescimento nas classes diamétricas superiores como forma de escapar da competição com as demais. Este grupo engloba espécies típicas acumuladoras de água nos troncos, que apresentam maior investimento fisiológico do carbono em tecidos menos resistentes para construção de uma estrutura caulinar que permita lidar de forma mais eficiente com o recurso

limitante água (Fenner 1980; Borchert 1994 a,b; Larcher 2000; Borchert & Rivera 2001). Estudos mostram que esta estrutura caulinar composta por tecidos predominantemente de reserva (parênquimais aquíferos) possuem uma maior concentração de vasos condutores de seiva, possibilitando evitar o colapso no sistema condutor (pela cavitação, que significa a embolia dos tecidos condutores de seiva) provocado pela deficiência hídrica nas estações secas (Borchert 1994b; Borchert 1999; Larcher 2000; Borchert & Rivera 2001). Assim, são capazes de manter uma hidratação celular constante para realizar suas funções vitais básicas, permitindo que atinjam grandes portes e que ocupem predominantemente o dossel da floresta (Fenner 1980; Borchert 1994 a,b; Borchert & Rivera 2001; Reich et al. 2003; Wright et al. 2007).

O grupo funcional de madeira leve foi o que apresentou a menor taxa de mortalidade em relação aos demais, e devido ao equilíbrio entre mortalidade e recrutamento, os maiores tempos de meia-vida, duplicação, rotatividade e estabilidade. Assim, pode-se dizer que as espécies pertencentes a este grupo, ao investirem na produção de tecidos mais leves para acúmulo de água, que envolvem estratégias diferenciadas de crescimento, estão investindo em maior longevidade. O grupo de madeira pesada, em função das baixas taxas de mortalidade e recrutamento, também apresentou uma maior longevidade, mas não de forma tão pronunciada como o grupo de madeira leve. Esta longevidade também está vinculada à densidade da madeira, pois ao investirem em tecidos caulinares mais resistentes, com uma menor concentração de vasos condutores por unidade de área ativa do xilema, as espécies escapam da cavitação pela constrição de parte dos vasos durante a seca, e apresentam uma maior reativação hidráulica via intumescimento durante as chuvas, fato que confere uma maior tolerância à seca (Borchert 1994b; Larcher 2000; Reich et al. 2003; Wright et al. 2007).

Por outro lado, as análises evidenciaram o caráter altamente dinâmico do grupo funcional de madeira média, que apresentou as mais altas taxas de mortalidade, recrutamento, ganho em área basal, e a menor longevidade. Pode-se afirmar que esta dinâmica acelerada está também relacionada ao caráter tipicamente pioneiro de algumas de suas espécies, dentre as quais *A. tenuifolia* e *C. duar-teanum*, cuja grande contribuição na dinâmica da comunidade foi discutida anteriormente. Além disso, é coerente afirmar que as espécies de densidade de madeira média apresentem estratégias fisiológicas menos robustas para evitar a seca, e que por isso necessitam investir em maior crescimento, resultando em maior mortalidade, mas que é temporalmente compensada por um maior recrutamento. Ou seja, estas espécies vivem pouco, morrem rápido, mas recrutam abundantemente, e assim prosseguem no ambiente. O pouco conhecimento a respeito das espécies arbóreas do grupo funcional de madeira média, cujos padrões ecológicos

ainda não são bem esclarecidos para florestas estacionais, indicam a necessidade de mais estudos sobre seu comportamento dinâmico.

Sob outro ponto de vista, as baixas taxas de mortalidade e recrutamento obtidas para os dois grupos funcionais de comportamentos “extremos” (madeira leve e pesada) sugerem um aparente equilíbrio dinâmico entre estes grupos, mostrando alto nível de adaptação e de sobrevivência em longo prazo neste ambiente estacional.

3.5. CONCLUSÕES

As elevadas taxas de crescimento, mortalidade e recrutamento confirmaram a premissa de que a floresta apresentaria uma comunidade arbórea altamente dinâmica, indicando se tratar de uma das florestas tropicais mais dinâmicas estudadas até o momento. Sua acelerada dinâmica foi fortemente influenciada pelas espécies pioneiras de densidade de madeira média *Acacia tenuifolia* e *Combretum duarteanum*, não sendo detectadas evidências de que o sucesso destas espécies esteja vinculado a distúrbios antrópicos, ou que venham comprometendo as demais populações. O balanço favorável ao recrutamento e o ganho em densidade e área basal das principais espécies indicaram que a floresta tende a se manter estruturalmente estável.

Na análise direta de gradientes (CCA), apenas o crescimento apresentou relação com gradientes ambientais determinados pela rochosidade e pela abertura de dossel. A mortalidade e o recrutamento não apresentaram relações com as variáveis ambientais consideradas, ocorrendo de forma estocástica e sem dependência de densidade. A comunidade é composta por espécies adaptadas à estacionalidade e às condições edáficas estressantes (solos rasos e rochosos), que aparentemente apresentam respostas indiferentes em termos de mortalidade e recrutamento em função da uniformidade ambiental dada pela elevada rochosidade ao longo da floresta.

Os grupos funcionais (conforme densidade da madeira) apresentaram dinâmicas diferenciadas, indicando diferentes estratégias de sobrevivência no ambiente. O grupo de madeira média apresentou uma dinâmica muito mais intensa (maior crescimento, mortalidade e recrutamento, e menor longevidade) que os demais, indicando que suas espécies vivem pouco, morrem rápido, mas recrutam abundantemente, e assim prosseguem no ambiente. Os grupos de madeira leve e pesada apresentaram menores taxas de mortalidade e recrutamento, e um maior equilíbrio entre estas taxas, resultando em maior longevidade no ambiente, indicando alto nível de adaptação e coexistência local em função de suas estratégias mais eficientes de lidar com o déficit hídrico sazonal.

CAPÍTULO 4. MUDANÇAS NA COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA, FITOSSOCIOLOGIA E DIVERSIDADE ARBÓREA EM UMA FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL SOBRE AFLORAMENTOS CALCÁRIOS NO BRASIL CENTRAL APÓS PERÍODO DE SEIS ANOS (2000 – 2006)

4.1. INTRODUÇÃO

As florestas estacionais decíduais ocorrem em formas de manchas no Brasil Central, distribuídas ao longo dos Estados de Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso e Bahia. (Rizzini 1997). Embora representem uma pequena parcela do bioma Cerrado, as florestas decíduais constituem a vegetação predominante em determinadas regiões, como na região do Vale (ou Vão) do Paranã, no nordeste do estado de Goiás, ocorrendo sobre relevos planos a acidentados de solos férteis derivados de rochas de calcário (Felfili 2003; Scariot & Sevilha 2005). As florestas estacionais decíduais sobre os afloramentos calcários do Vale do Paranã são também denominadas “matas calcárias”, ocorrendo na forma de fragmentos naturais, em relevos acidentados de morros e encostas, cuja fertilidade do solo promove o estabelecimento e predomínio de espécies arbóreas. Devido à forte estacionalidade na pluviosidade anual (cinco meses de seca, precipitação < 50 mm), a maioria das espécies (> 90%) é caducifolia na estação seca, mantendo cobertura de 45 a 80% na estação chuvosa (Nascimento et al. 2007). A limitação dada pela estacionalidade e rochosidade condiciona a presença de espécies tolerantes à seca, resultando em uma flora arbórea peculiar e distinta das demais formações savânicas (cerrado *sensu stricto*) e florestais (mata de galeria, mata ciliar, cerradão) adjacentes (Silva et al. 2004; Felfili et al. 2007a).

Devido à profunda destruição da vegetação natural, estudos de caracterização da vegetação das florestas do Vale do Paranã foram iniciados neste milênio por meio do projeto “Conservação e Manejo das Florestas Estacionais do Vale do Paranã” com apoio do Programa PROBIO-MMA. As informações geradas mostram que as florestas estacionais decíduais sobre afloramentos calcários possuem uma estrutura onde predominam as árvores mesofanerófitas (*sensu* Raunkier; Kent & Coker 1992), cujas emergentes do dossel atingem de 20 a 30 m de altura, e os maiores diâmetros ficam entre 50 cm e 100 cm, com algumas espécies ultrapassando os 100 cm, como no caso da megafanerófita barriguda-lisa (*Cavanillesia arborea*) (Felfili et al., 2007a). Os troncos são retilíneos em sua maioria, com as copas formando-se após os 6 m de altura, mas algumas espécies acumuladoras de água (ex. *Ceiba speciosa* e *Cavanillesia arborea*)

apresentam troncos com uma protuberância do tipo “barriga”. A riqueza, considerando o limite de inclusão de indivíduos de 5 cm à altura do peito, está na faixa de 40 a 60 espécies e a densidade, na faixa de 500 a 900 indivíduos por hectare (Silva & Scariot 2003, 2004 a,b; Felfili 2003; Nascimento et al. 2004; Felfili et al., 2007 a,b).

Dentre as famílias e gêneros arbóreos mais representativos destas florestas estão Fabaceae, Malvaceae, Bignoniaceae, Anacardiaceae, Apocynaceae, *Machaerium*, *Aspidosperma* e *Tabebuia*, que são elementos florísticos comuns em outras florestas estacionais neotropicais (Oliveira-Filho & Ratter 1995; Pennington et al. 2000; Prado 2000; Oliveira-Filho et al. 2006). A flora arbórea apresenta afinidades com o padrão descrito por Andrade-Lima (1981) para as florestas estacionais da Caatinga no norte de Minas Gerais e Bahia, reconhecida pelo autor como um tipo de floresta decidual com associação dos gêneros *Tabebuia-Aspidosperma-Astronium-Cavanillesia*, classificada fisionomicamente como Caatinga Densa. As florestas sobre afloramentos calcários do Vale do Paranã são consideradas áreas de conexão florística entre duas grandes regiões estacionais da América do Sul, a Caatinga (no Nordeste brasileiro, estendendo-se até o norte de Minas Gerais) e o Chaco (recobrando a maior parte do território argentino, sul da Bolívia, Centro-Oeste do Paraguai e Sul do Mato Grosso do Sul, Brasil), além de possuírem espécies compartilhadas com outras regiões úmidas no domínio Amazônico e da Mata Atlântica (Silva et al., 2004; Felfili et al. 2007a).

Apesar do conjunto de informações disponíveis acerca da vegetação das florestas estacionais deciduais sobre afloramentos calcários do Vale do Paranã, ainda existem questões a serem estudadas, como por exemplo, a dinâmica da vegetação arbórea, visto que os estudos desenvolvidos buscaram caracterizar a vegetação, através de inventários florísticos e fitossociológicos (Silva & Scariot 2003, 2004 a,b; Nascimento et al. 2004; Silva et al. 2004; Scariot & Sevilha 2005; Felfili et al. 2007a; Pereira 2008). O conhecimento da dinâmica da vegetação é importante para detectar padrões de mudanças florísticas e estruturais e inferir sobre as tendências futuras (Hubbell & Foster 1992; Clark & Clark 1999).

Análises de dinâmica ainda são escassas em relação à vasta extensão do bioma Cerrado, e só foram realizadas em algumas áreas de cerrado *sensu stricto* (Felfili et al. 2000; Libano & Felfili, 2006; Aquino et al. 2007 a,b; Roitman et al. 2008), matas de galeria (Felfili 1993; Felfili 1995a, 1995b; Felfili 1997 a,b; Felfili 2000; Schiavini et al., 2001; Lopes & Schiavini 2007), e em alguns tipos de florestas estacionais, como nas florestas semideciduais (Aquino et al. 1999; Schiavini et al. 2001; Paiva et al. 2007) e deciduais (Werneck et al. 2000; Werneck & Franceschinelli 2004) do triângulo mineiro, na floresta de vale da Chapada dos Guimarães (Pinto 2002; Pinto & Hay 2005), e na floresta monodominante de *Brosimum rubescens* em Nova

Xavantina, MT (Marimon 2005). Estes estudos vêm demonstrando que as florestas estacionais e matas de galeria, com valores de mortalidade e de recrutamento em torno de $3\%.\text{ano}^{-1}$, apresentam uma dinâmica intensa, mas que não implica necessariamente em grandes mudanças na composição e estrutura florística, que tende a se manter relativamente estável em condições sem distúrbios. Algumas mudanças pronunciadas são vinculadas a espécies de diferentes grupos ecológicos, como, por exemplo, reduções na riqueza e densidade de espécies pioneiras em fases de recuperação de distúrbios (Felfili 1995 a,b; Werneck et al. 2000; Werneck & Francheschinelli 2004). Considerando que a maior limitação à dinâmica nas florestas sobre afloramentos calcários é dada pelo pronunciado período de déficit hídrico, selecionando as espécies de acordo com sua tolerância a seca (Furley & Newey 1979; Larcher 2000; Pérez-García & Meave 2004), presume-se que quando em condições sem distúrbios antrópicos, grupos de espécies com aspectos funcionais semelhantes apresentem aspectos dinâmicos semelhantes.

Conforme descrito no capítulo 3, a comunidade arbórea da floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários estudada apresenta uma dinâmica acelerada, com elevadas taxas de mortalidade e recrutamento, mas que não acarreta em um desequilíbrio estrutural. Partindo-se da hipótese que a dinâmica intensa da floresta estacional decidual sobre afloramento de rochas calcárias não implicará em mudanças florísticas pronunciadas, o objetivo deste capítulo foi analisar as mudanças na composição, estrutura e diversidade florística ocorridas na floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região nordeste de Goiás, no intervalo de seis anos (2000-2006).

4.2. MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1. Área de estudo

O estudo foi desenvolvido na floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, nordeste de Goiás, descrita no capítulo 2

4.2.2. Inventários e suficiência amostral

As mudanças florísticas e estruturais da vegetação arbórea foram analisadas com base na comparação entre os inventários de 2000 e 2006, cuja metodologia está descrita no capítulo 3.

A suficiência amostral foi avaliada através do cálculo do erro padrão para os parâmetros densidade e área basal por parcela, assumindo como limite de erro o valor de 10%, conforme realizado por Felfili et al. (2000) Após uma análise preliminar constatou-se que a espécie *Cavanillesia arborea* constituía um *outlier* em termos de área basal, devido aos seus grandes diâmetros, superestimando os valores da média e do erro padrão. Portanto, para a área basal foram realizadas duas análises, uma com e outra sem a presença desta espécie.

4.2.3. Florística e fitossociologia

A composição de espécies e famílias foi avaliada a partir da comparação entre os dois intervalos (2000 e 2006). Detalhes sobre os procedimentos de coleta, verificação de sinonímias e classificação das espécies constam no capítulo 3. As espécies foram classificadas em grupos funcionais de acordo com a densidade da madeira, conforme descrito nos capítulos 4 e 6.

Para a descrição da comunidade arbórea nos dois intervalos (2000 e 2006), foram calculados os seguintes parâmetros fitossociológicos das espécies: riqueza (número) de espécies (S), número de indivíduos (DA), área basal total e individual (ABt e ABi), frequência absoluta e relativa (FA e FR), densidade relativa (DR), dominância relativa (DoR), valor de cobertura (VC) e valor de importância (VI) (Kent & Coker 1992).

A densidade se refere ao número de indivíduos de determinada espécie na amostra (DA, neste caso em ha^{-1}), e expressa a contribuição de cada espécie na densidade da comunidade (DR). A frequência considera o número de parcelas em que a espécie ocorre (FR), e fornece uma medida da dispersão de cada espécie na comunidade (FR). A dominância fornece uma medida

eficaz de biomassa e considera a área basal dos indivíduos de determinada espécie (AB_i), e a contribuição de cada espécie na área basal total da comunidade (DoR). Já o índice de valor de importância (VI) é uma medida eficaz da importância ecológica da espécie, pois considera os parâmetros FR , DR e DoR em conjunto. Para os cálculos dos parâmetros foram utilizadas as seguintes fórmulas (Kent & Coker 1992):

$$(1) \quad AB_i = \frac{(\pi * DAP_i^2)}{4}$$

$$(2) \quad AB_t = \sum AB_t$$

$$(3) \quad FA = \frac{P_i}{P} * 100$$

$$(4) \quad FR = \frac{FA_i}{FA_t} * 100$$

$$(5) \quad DR = \frac{N_i}{N} * 100$$

$$(6) \quad DoR = \frac{AB_i}{AB_t} * 100$$

$$(7) \quad VI = DR + DoR + FR$$

Onde:

AB_i = área basal individual (m^2)

AB_t = área basal total (m^2)

FA = Frequência absoluta (%)

FR = Frequência relativa (%)

DR = Densidade relativa (%)

DoR = Dominância relativa (%)

VC = Valor de cobertura

VI = Valor de importância

DAP_i = diâmetro do indivíduo i (cm)

P_i = número de parcelas com ocorrência do indivíduo i

P = número total de parcelas

FA_i = frequência absoluta da espécie i

FA_t = somatório da frequência absoluta de todas as espécies

N_i = número de indivíduos da espécie i (=DA)

N = número total de indivíduos

4.2.4. Riqueza e diversidade

As estimativas de riqueza e diversidade de espécies foram obtidas através do número de espécies (S) e dos índices de diversidade de Shannon-Wiener (H') e de Simpson (D) (Kent & Coker 1992), calculados para os dois períodos (2000 e 2006). O índice de diversidade de Shannon-Wiener considera a transformação logarítmica da densidade das espécies, sendo mais influenciado pelas espécies de menor densidade, ao passo que o de Simpson é baseado nos valores absolutos de densidade, sendo mais sensível às espécies mais abundantes (Magurran 1988). O índice de equabilidade de Pielou (J), baseado em H' , foi utilizado para estimativa da uniformidade da comunidade. Os cálculos foram realizados no *software* PAST versão 1.81 (Hammer et al. 2001), a partir das seguintes fórmulas:

$$(8) \quad H' = -\sum [p_i * \ln(p_i)]$$

$$(9) \quad D = \left\{ 1 - \sum \left[\frac{(n_i - 1)}{(N - 1)} \right] \right\}$$

$$(10) \quad J = \frac{H'}{\ln(S)}$$

Onde:

H' = Índice de Shannon-Wiener

D = Índice de Simpson

J = Equabilidade de Pielou

$p_i = n_i / N$

n_i = número de indivíduos da espécie i

N = número total de indivíduos

S = número total de espécies

Os parâmetros de riqueza (S) e diversidade (H', D e J) entre os dois intervalos foram comparados através das técnicas de *bootstrap* e permutação (com 1000 interações). Para isto foram construídos dois conjuntos de dados (colunas), cada um contendo a densidade total das espécies em cada intervalo (2000 e 2006). O *bootstrap* é uma técnica de re-amostragem onde sub-conjuntos de observações (de mesmo tamanho) são selecionados aleatoriamente no conjunto de dados e as estimativas são sucessivamente re-calculadas por substituições (Pillar 1999). A permutação também é uma técnica de re-amostragem, onde os conjuntos são aleatoriamente rearranjados e as estimativas sucessivamente re-calculadas (Legendre & Legendre 1998). Ambas as técnicas geram um valor de probabilidade (P) que expressa as diferenças entre os dois conjuntos de dados. Pequenos valores de probabilidade ($P < 0,05$) indicam diferenças entre os conjuntos de dados. Adicionalmente, o teste *t* de Hutcheson foi utilizado para comparar os valores de H' entre os dois intervalos (Magurran 1988). Estes cálculos foram realizados no *software* PAST versão 1.81 (Hammer et al. 2001).

4.2.5. Análise de gradientes

Análises de correspondência segmentada (DCA) foram aplicadas para analisar a distribuição espacial das espécies nos dois intervalos (2000 e 2006). Esta técnica de análise indireta de gradientes é utilizada em estudos ecológicos de comunidades para ordenar de forma integrada os dados de espécies em relação às suas parcelas, e seu resultado expressa o produto da variabilidade na distribuição das espécies pelas parcelas ao longo da comunidade (Palmer 2005; Lepš & Šmilauer 2005). O *software* Canoco for Windows versão 4.5 (ter Braak & Šmilauer 2002) foi utilizado para as análises.

Para a realização das DCAs foram elaboradas duas matrizes de densidade de espécies por parcelas, uma para o inventário de 2000 e outra para o inventário de 2006. Lepš & Šmilauer (2005) sugerem a eliminação de espécies de baixa densidade da análise de DCA, pois a baixa

densidade não permite detectar informações relevantes sobre suas preferências ecológicas. Felfili et al. (2007c) também comentam que as espécies com baixas densidades influenciam pouco nos resultados da ordenação em estudos de vegetação. Para evitar o problema das espécies de baixa densidade (raras), foi utilizado o recurso de redução das espécies raras (*downweight rare species*) do *software* Canoco for Windows versão 4.5, conforme sugerido por Lepš & Šmilauer (2005). Com exceção deste recurso, os dados de espécies não sofreram padronização ou transformação, uma vez que estiveram na mesma escala.

4.3. RESULTADOS

4.3.1. Suficiência amostral

Os erros padrões obtidos para densidade e área basal (excluindo a espécie *outlier* de grande porte *Cavanillesia arborea*) das parcelas estiveram abaixo dos 10% (Tabela 4.1), mostrando que a amostragem foi representativa para abranger a estrutura da floresta.

Tabela 4.1. Densidade e área basal (média \pm erro padrão) das 25 parcelas (400 m²) utilizadas na amostragem da comunidade arbórea na floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil. Os valores em parênteses se referem ao erro padrão em %. *Cálculo da área basal sem a espécie *Cavanillesia arborea*.

Ano	Densidade (.ha ⁻¹)	Área basal (m ² .ha ⁻¹)	Área basal (m ² .ha ⁻¹)*
2000	640 \pm 43 (6,7%)	14,87 \pm 1,81 (12,2%)	11,98 \pm 1,01 (8,4%)
2006	737 \pm 52 (7,1%)	16,46 \pm 1,83 (11,1%)	13,46 \pm 1,02 (7,6%)

4.3.2. Composição florística e fitossociológica

No decorrer do intervalo analisado foram registradas ao todo 46 espécies pertencentes a 35 gêneros e 19 famílias (Tabela 4.2). Em 2000 foram encontradas 42 espécies, 33 gêneros e 18 famílias, e em 2006 foram encontradas 45 espécies, 34 gêneros e 18 famílias (Tabela 4.2). Dentre as poucas diferenças florísticas detectadas em 2006, houve a saída de apenas uma espécie, *Acrocomia aculeata*, que possuía um indivíduo, e sua respectiva família Arecaceae, e a entrada de quatro espécies, *Machaerium vestitum* (Fabaceae), *Pseudobombax longiflorum* (Malvaceae), *Randia armata* (Rubiaceae) e *Sapium glandulatum* (Euphorbiaceae), todas com baixa densidade (1 a 2 indivíduos; Tabela 4.3), esta última implicando na entrada da família Euphorbiaceae na comunidade. As famílias com maior riqueza de espécies (Fabaceae e

Malvaceae) apresentaram ganhos de uma espécie cada, e não alteraram suas posições no ranking de riqueza no intervalo analisado (Figura 4.1a). As demais famílias praticamente não alteraram suas riquezas (Figura 4.1a).

As famílias Fabaceae e Malvaceae também detiveram as maiores densidades, sendo observada uma pequena alteração no decorrer do intervalo, onde Fabaceae ultrapassou Malvaceae em 2006 (Figura 4.1b), devido à grande entrada de indivíduos da espécie *Acacia tenuifolia* (Tabela 4.3). Outras famílias de elevada densidade, como Sapindaceae, Combretaceae, Anacardiaceae, Bignoniaceae e Apocynaceae mantiveram suas posições no ranking de riqueza no intervalo, sendo detectada apenas uma alteração, com Combretaceae ultrapassando Anacardiaceae em 2006 (Figura 4.1b), devido à grande entrada de indivíduos da espécie *Combretum duarceanum* (Tabela 4.3). De maneira geral, estas pequenas diferenciações na densidade não alteraram a hierarquia fitossociológica das famílias (Figura 4.2). Nos dois intervalos a família Malvaceae apresentou o maior valor de importância (VI), devido à grande dominância de seus indivíduos (Figura 4.2). Para as demais famílias foi observado um maior equilíbrio entre densidade, frequência e dominância, sendo que a densidade foi o fator mais determinante para as famílias Fabaceae, Sapindaceae e Combretaceae (Figura 4.2).

Tabela 4.2. Famílias e espécies arbóreas (DAP \geq 5 cm) amostradas nos dois inventários (2000 e 2006) no fragmento de floresta estacional decidual sobre afloramento calcário no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil. Siglas: GF: grupo funcional (L: madeira leve; M: madeira média; P: madeira pesada).

	Família	Espécies	GF	2000	2006
1.	Anacardiaceae	<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott ex Spreng.	P	X	X
	Anacardiaceae	<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemao	P	X	X
2.	Annonaceae	<i>Oxandra reticulata</i> Maas	M	X	X
3.	Apocynaceae	<i>Aspidosperma parvifolium</i> A.DC.	P	X	X
	Apocynaceae	<i>Aspidosperma pyriforme</i> Mart.	P	X	X
	Apocynaceae	<i>Aspidosperma subincanum</i> Mart. ex A.DC.	P	X	X
4.	Arecaceae	<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. ex Mart.	L	X	
5.	Bignoniaceae	<i>Jacaranda brasiliana</i> (Lam.) Pers.	M	X	X
	Bignoniaceae	<i>Tabebuia impetiginosa</i> (Mart. ex A.DC.) Standley	P	X	X
	Bignoniaceae	<i>Tabebuia roseo-alba</i> (Ridley) Sandwith	P	X	X
6.	Burseraceae	<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B.Gillett	L	X	X
7.	Combretaceae	<i>Combretum duarteanum</i> Cambess.	M	X	X
8.	Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum daphnites</i> Mart.	M	X	X
9.	Euphorbiaceae	<i>Sapium glandulatum</i> (Vell.) Pax	L		X
10.	Fabaceae	<i>Acacia tenuifolia</i> (L.) Willd.	M	X	X
	Fabaceae	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan var. <i>colubrina</i>	P	X	X
	Fabaceae	<i>Bauhinia membranacea</i> Benth.	M	X	X
	Fabaceae	<i>Bauhinia unguolata</i> L. var. <i>ungulata</i>	M	X	X
	Fabaceae	<i>Diptychandra aurantiaca</i> Tul. subsp. <i>aurantiaca</i>	P	X	X
	Fabaceae	<i>Lonchocarpus guilleminianus</i> (Tul.) Malme	P	X	X
	Fabaceae	<i>Lonchocarpus montanus</i> Azevedo-Tozzi	P	X	X
	Fabaceae	<i>Machaerium aculeatum</i> Raddi	M	X	X
	Fabaceae	<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel var. <i>acutifolium</i>	P	X	X
	Fabaceae	<i>Machaerium scleroxylon</i> Tul.	P	X	X
	Fabaceae	<i>Machaerium stipitatum</i> (DC.) Vogel	P	X	X
	Fabaceae	<i>Machaerium vestitum</i> Vogel	P		X
	Fabaceae	<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) Macbr.	M	X	X
11.	Malpighiaceae	<i>Ptilochaeta bahiensis</i> Turcz.	P	X	X
12.	Malvaceae	<i>Cavanillesia arborea</i> (Willd.) K.Schum.	L	X	X
	Malvaceae	<i>Ceiba speciosa</i> (A.St.-Hil.) Ravenna	L	X	X
	Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam. var. <i>ulmifolia</i>	M	X	X
	Malvaceae	<i>Luehea candicans</i> Mart. & Zucc.	M	X	X
	Malvaceae	<i>Luehea divaricata</i> Mart. & Zucc.	M	X	X
	Malvaceae	<i>Pseudobombax longiflorum</i> (Mart. & Zucc.) A.Robyns	L		X
	Malvaceae	<i>Pseudobombax tomentosum</i> (Mart. & Zucc.) A.Robyns	L	X	X
	Malvaceae	<i>Sterculia striata</i> A.St.-Hil. & Naudin	L	X	X
13.	Olacaceae	<i>Ximenia americana</i> L.	P	X	X
14.	Rhamnaceae	<i>Rhamnidium elaeocarum</i> Reissek	P	X	X
15.	Rubiaceae	<i>Guettarda viburnoides</i> Cham. & Schltdl.	M	X	X
	Rubiaceae	<i>Randia armata</i> (Sw.) DC.	M		X
	Rubiaceae	<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltdl.) K.Schum.	M	X	X
16.	Salicaceae	<i>Casearia rupestris</i> Eichler	M	X	X
17.	Sapindaceae	<i>Dilodendron bipinnatum</i> Radlk.	M	X	X
	Sapindaceae	<i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil.	P	X	X
18.	Sapotaceae	<i>Micropholis venulosa</i> (Mart. & Eichler) Pierre	M	X	X
19.	Vochysiaceae	<i>Callisthene fasciculata</i> Mart.	M	X	X
	Total	-	-	43	46

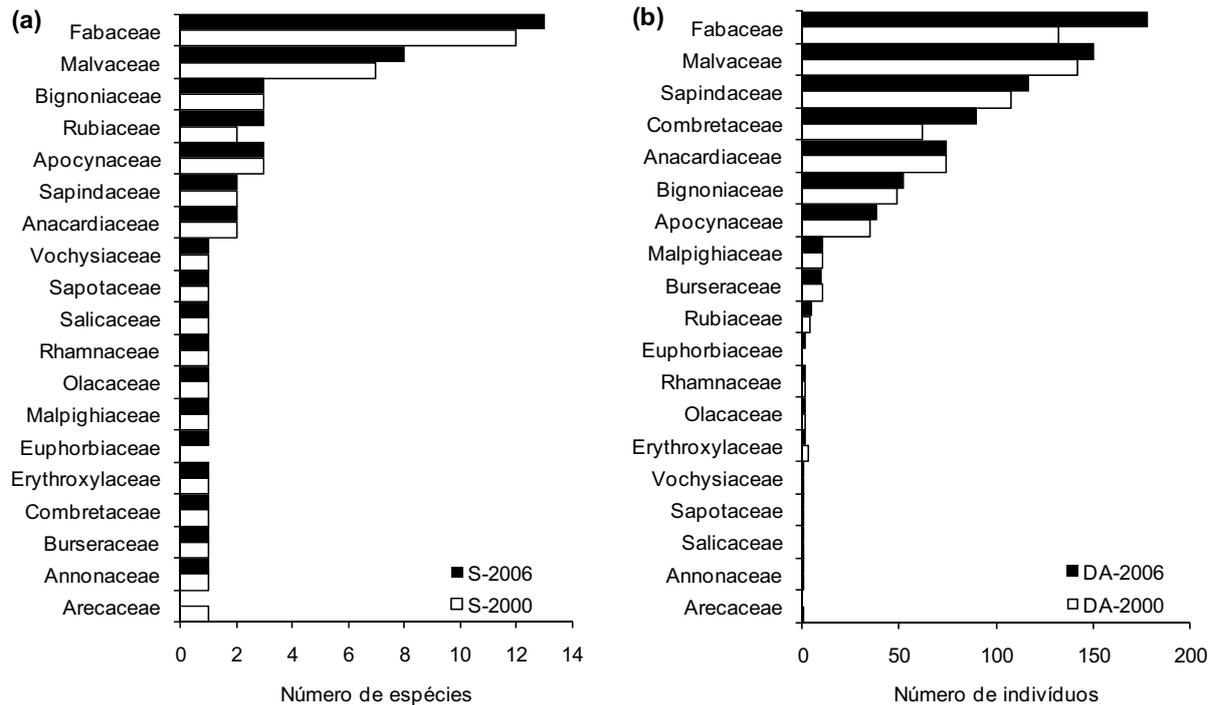


Figura 4.1. Distribuição do (a) número de espécies e (b) densidade de indivíduos pelas famílias botânicas amostradas nos dois inventários (2000 e 2006) na floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil.

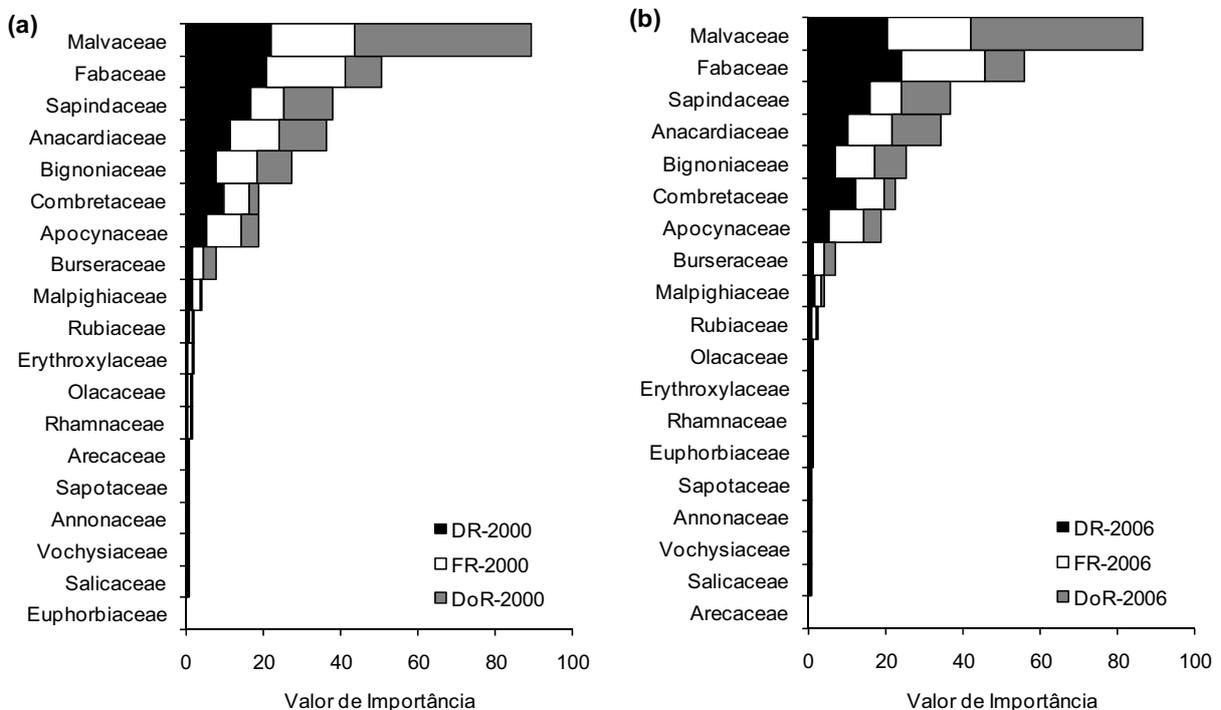


Figura 4.2. Distribuição dos valores de densidade relativa (DR), freqüência relativa (FR) e dominância relativa (DoR) que compuseram o valor de importância (VI) das famílias botânicas amostradas nos dois inventários (a – 2000; b – 2006) na floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil.

A partir da Tabela 4.3 observa-se que as principais espécies em termos de maiores VIs praticamente mantiveram suas posições hierárquicas na comunidade no intervalo analisado. As nove principais espécies (*Dilodendron bipinnatum*, *Pseudobombax tomentosum*, *Myracrodruon urundeuva*, *Acacia tenuifolia*, *Cavanillesia arborea*, *Tabebuia impetiginosa*, *Combretum duarteanum*, *Sterculia striata* e *Aspidosperma subincanum*), responsáveis por 70,6% do VI total em 2000, permaneceram dentre as principais em 2006, onde foram responsáveis por 70,5% do VI total. Destas, *D. bipinnatum* (1ª em VI em ambos os inventários), *P. tomentosum* (2ª em ambos os inventários) e *A. subincanum* (9ª em ambos os inventários) mantiveram suas posições nos dois períodos. As demais espécies apresentaram pequenas variações em suas posições, algumas aumentando em VI em função do elevado recrutamento, como *A. tenuifolia* (4ª em 2000 para 3ª em 2006) e *C. duarteanum* (7ª em 2000 para 5ª em 2006), e outras decrescendo em VI pela redução na frequência e dominância, como *M. urundeuva* (3ª em 2000 para 4ª em 2006) e *T. impetiginosa* (6ª em 2000 para 8ª em 2006), ou pela redução na densidade, frequência e dominância, como *C. arborea* (5ª em 2000 para 6ª em 2006), atribuída à morte de indivíduos de grande porte. Espécies de baixa densidade sofreram poucas alterações na posição hierárquica, e a entrada das quatro espécies na comunidade (*Machaerium vestitum*, *Pseudobombax longiflorum*, *Randia armata* e *Sapium glandulatum*), todas com baixa densidade (1 a 2 indivíduos), não provocou alterações na estrutura fitossociológica da comunidade (Tabela 4.3).

Dentre os grupos funcionais, o de madeira média foi o mais importante em termos florísticos e fitossociológicos no intervalo (Figuras 4.4 e 4.5). O principal padrão observado foi o tênue aumento da importância do grupo de madeira média em relação aos demais grupos no intervalo (Figura 4.4). Sua densidade foi superior à dos demais grupos na primeira medição, e aumentou na segunda (Figura 4.3), tornando-o responsável por cerca de 56% da densidade total na comunidade. Este aumento é explicado pelo aumento na densidade de suas principais espécies (*D. bipinnatum*, *G. ulmifolia* e *P. gonoacantha*), mas principalmente pelo aumento expressivo na densidade das espécies *A. tenuifolia* e *C. duarteanum* (Tabela 4.3).

Os grupos de madeira leve e pesada, por sua vez, apresentaram perdas na densidade, mas sem implicar em perdas na dominância (Figura 4.4). O grupo de madeira leve, que apresentou a menor riqueza, densidade e VI nos dois períodos, sofreu uma ligeira redução em seu VI no intervalo (Figura 4.4) devido à redução no número de indivíduos, principalmente pela redução na população de *P. tomentosum* (Tabela 4.3). O grupo de madeira pesada apresentou maior equilíbrio entre densidade, frequência e dominância (Figura 4.4), sofrendo ligeira redução no

intervalo pela diminuição na densidade de algumas de suas principais espécies (*A. subincanum*, *A. fraxinifolium* e *T. roseo-alba*; Tabela 4.3).

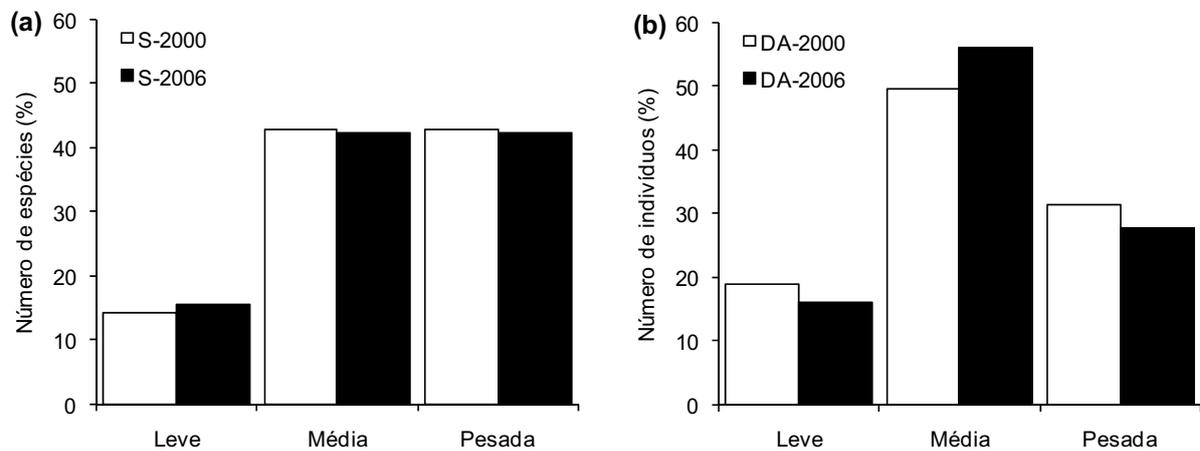


Figura 4.3. Distribuição do percentual de (a) espécies e (b) indivíduos por grupos funcionais (madeira leve, média e pesada) nos dois inventários (2000 e 2006) na floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil.

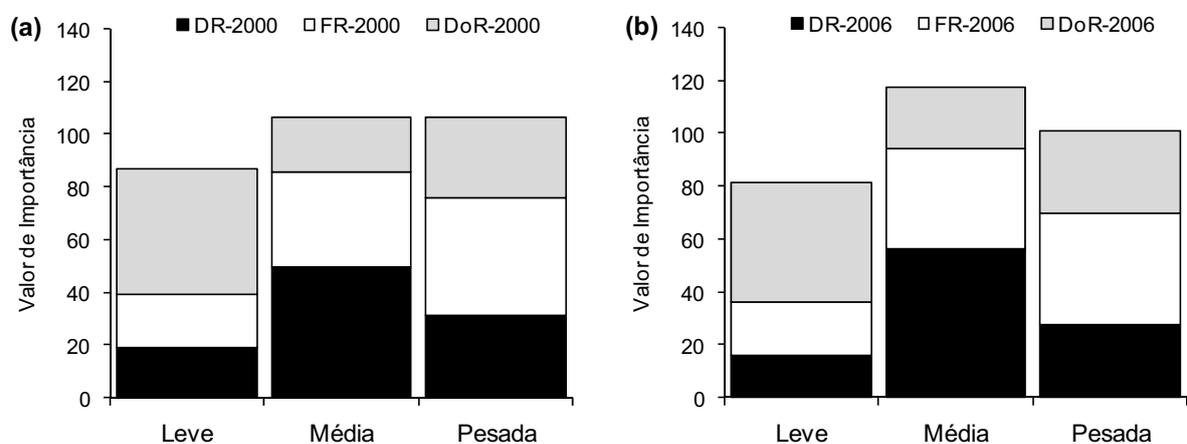


Figura 4.4. Distribuição dos valores de densidade relativa (DR), freqüência relativa (FR) e dominância relativa (DoR) que compuseram o valor de importância dos grupos funcionais (madeira leve, média e pesada) nos dois inventários (a – 2000; b – 2006) da floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil.

Tabela 4.3. Parâmetros fitossociológicos das espécies arbóreas amostradas nos dois inventários (2000 e 2006) da floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil. Espécies ordenadas segundo o VI de 2000. Siglas: GF: grupo funcional (L: madeira leve; M: madeira média; P: madeira pesada); DA: densidade absoluta; DR: densidade relativa (%); FR: frequência relativa (%); DoR: dominância relativa (%); VI: valor de importância.

Espécies	2000						2006					
	GF	DA	DR	FR	DoR	VI	DA	DR	FR	DoR	VI	Posição VI
<i>Dilodendron bipinnatum</i> Radlk.	M	106	16,56	8,20	12,27	37,04	115	15,60	7,84	12,35	35,79	1
<i>Pseudobombax tomentosum</i> (Mart. & Zucc.) A.Robyns	L	73	11,41	7,81	15,17	34,39	69	9,36	7,46	14,92	31,74	2
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemao	P	59	9,22	8,59	8,23	26,04	60	8,14	7,84	8,67	24,64	3
<i>Acacia tenuifolia</i> (L.) Willd.	M	86	13,44	7,03	3,26	23,73	127	17,23	7,46	4,16	28,85	4
<i>Cavanillesia arborea</i> (Willd.) K.Schum.	L	5	0,78	1,56	19,43	21,78	4	0,54	1,12	18,22	19,89	5
<i>Tabebuia impetiginosa</i> (Mart. ex A.DC.) Standley	P	34	5,31	5,86	8,08	19,26	36	4,88	5,60	7,46	17,94	6
<i>Combretum duarteianum</i> Cambess.	M	62	9,69	6,64	2,35	18,68	90	12,21	7,46	2,95	22,62	7
<i>Sterculia striata</i> A.St.-Hil. & Naudin	L	29	4,53	7,03	7,11	18,68	31	4,21	7,46	7,16	18,83	8
<i>Aspidosperma subincanum</i> Mart. ex A.DC.	P	23	3,59	5,86	2,86	12,31	22	2,99	5,60	2,84	11,42	9
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott ex Spreng.	P	15	2,34	3,91	3,85	10,10	14	1,90	3,73	3,82	9,45	10
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam. var. <i>ulmifolia</i>	M	26	4,06	3,91	1,04	9,01	35	4,75	4,10	1,39	10,25	11
<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B.Gillett	L	11	1,72	2,73	3,39	7,84	10	1,36	2,61	2,84	6,80	12
<i>Lonchocarpus montanus</i> Azevedo-Tozzi	P	10	1,56	3,13	1,75	6,43	9	1,22	2,61	1,66	5,49	13
<i>Tabebuia roseo-alba</i> (Ridley) Sandwith	P	11	1,72	3,52	0,77	6,00	9	1,22	2,61	0,67	4,50	14
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) Macbr.	M	12	1,88	3,13	0,45	5,45	17	2,31	3,73	0,57	6,61	15
<i>Ptilochaeta bahiensis</i> Turcz.	P	11	1,72	1,95	0,53	4,20	11	1,49	1,87	0,56	3,92	16
<i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart.	P	7	1,09	2,34	0,62	4,05	10	1,36	2,99	0,80	5,14	17
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan var. <i>colubrina</i>	P	6	0,94	1,95	0,97	3,86	8	1,09	2,61	1,05	4,74	18
<i>Machaerium stipitatum</i> (DC.) Vogel	P	7	1,09	1,56	0,85	3,50	6	0,81	1,49	0,83	3,13	19
<i>Ceiba speciosa</i> (A.St.-Hil.) Ravenna	L	2	0,31	0,39	2,68	3,38	2	0,27	0,37	2,50	3,14	20
<i>Aspidosperma parvifolium</i> A.DC.	P	5	0,78	0,78	0,74	2,31	6	0,81	0,75	0,79	2,35	21
<i>Jacaranda brasiliensis</i> (Lam.) Pers.	M	4	0,63	0,78	0,15	1,94	7	0,95	1,49	0,24	3,06	22
<i>Machaerium scleroxylon</i> Tul.	P	2	0,31	0,78	0,82	1,91	2	0,27	0,75	0,89	1,91	23

Continua...

Tabela 4.3. Continuação.

Especies	2000						2006						2000		2006	
	GF	DA	DR	FR	DoR	VI	DA	DR	FR	DoR	VI	DoR	VI	Posição	VI	
<i>Erythroxylum daphnites</i> Mart.	M	3	0,47	1,17	0,09	1,73	2	0,27	0,75	0,06	1,08	24	28			
<i>Diptychandra aurantiaca</i> Tul. subsp. <i>aurantiaca</i>	P	2	0,31	0,78	0,41	1,50	2	0,27	0,75	0,42	1,44	25	24			
<i>Ximenia americana</i> L.	P	2	0,31	0,78	0,23	1,33	2	0,27	0,75	0,30	1,31	26	26			
<i>Luehea divaricata</i> Mart. & Zucc.	M	4	0,63	0,39	0,30	1,31	5	0,68	0,37	0,34	1,39	27	25			
<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel var. <i>acutifolium</i>	P	2	0,31	0,78	0,14	1,24	1	0,14	0,37	0,12	0,63	28	38			
<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltdl.) K.Schum.	M	2	0,31	0,78	0,07	1,16	2	0,27	0,75	0,09	1,10	29	27			
<i>Rhamnidium elaeocarpum</i> Reissek	P	2	0,31	0,78	0,06	1,15	2	0,27	0,75	0,06	1,08	30	29			
<i>Luehea candicans</i> Mart. & Zucc.	M	3	0,47	0,39	0,14	0,99	3	0,41	0,37	0,16	0,94	31	30			
<i>Machaerium aculeatum</i> Raddi	M	1	0,16	0,39	0,40	0,95	1	0,14	0,37	0,37	0,88	32	31			
<i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil.	P	2	0,31	0,39	0,10	0,80	2	0,27	0,37	0,13	0,77	33	32			
<i>Bauhinia unguilata</i> L. var. <i>unguilata</i>	M	2	0,31	0,39	0,07	0,78	1	0,14	0,37	0,03	0,54	34	41			
<i>Guettarda viburnoides</i> Cham. & Schltdl.	M	2	0,31	0,39	0,05	0,76	2	0,27	0,37	0,05	0,69	35	33			
<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. ex Mart.	L	1	0,16	0,39	0,19	0,73	0	0,00	0,00	0,00	0,00	36	-			
<i>Micropholis venulosa</i> (Mart. & Eichler) Pierre	M	1	0,16	0,39	0,13	0,68	1	0,14	0,37	0,14	0,65	37	36			
<i>Lonchocarpus guilleminianus</i> (Tul.) Malme	P	1	0,16	0,39	0,13	0,68	1	0,14	0,37	0,13	0,64	38	37			
<i>Oxandra reticulata</i> Maas	M	1	0,16	0,39	0,07	0,62	1	0,14	0,37	0,07	0,58	39	39			
<i>Callisthene fasciculata</i> Mart.	M	1	0,16	0,39	0,03	0,58	1	0,14	0,37	0,04	0,55	40	40			
<i>Bauhinia membranacea</i> Benth.	M	1	0,16	0,39	0,02	0,56	2	0,27	0,37	0,05	0,69	41	34			
<i>Casearia rupestris</i> Eichler	M	1	0,16	0,39	0,02	0,56	1	0,14	0,37	0,02	0,53	42	42			
<i>Sapium glandulatum</i> (Vell.) Pax	L	0	0,00	0,00	0,00	0,00	2	0,27	0,37	0,03	0,67	-	35			
<i>Randia armata</i> (Sw.) DC.	M	0	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0,14	0,37	0,02	0,53	-	43			
<i>Machaerium oblongifolium</i> Vogel	P	0	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0,14	0,37	0,02	0,53	-	44			
<i>Pseudobombax longiflorum</i> (Mart. & Zucc.) A.Robyns	L	0	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0,14	0,37	0,01	0,52	-	45			

4.3.3. Diversidade

Os valores de riqueza de espécies e dos índices de diversidade de Shannon-Wiener (H'), de Simpson (D) e a equabilidade de Pielou (J) mantiveram-se similares entre os dois períodos, não sendo detectadas diferenças significativas pelos testes de *bootstrap* e permutação ($P > 0,05$, Tabela 4.4). Adicionalmente, o teste t de Hutcheson também não detectou diferença significativa entre os valores de H' nos dois períodos ($t = 0,777$, $P = 0,44$).

Tabela 4.4. Parâmetros de riqueza e diversidade arbórea nos dois inventários (2000 e 2006) da floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil. São apresentados os valores de significância (P) das técnicas de *bootstrap* e permutação utilizadas para comparar os parâmetros entre os dois intervalos.

Parâmetros	2000	2006	<i>Bootstrap</i> (P)	Permutação (P)
Número de indivíduos	640	737	-	-
Número de espécies	42	45	0,411	0,448
Índice de Shannon-Wiener (H')	2,837	2,786	0,404	0,452
Índice de Simpson (D)	0,913	0,906	0,241	0,252
Equabilidade (J)	0,759	0,732	0,112	0,098

4.3.4. Análise de gradientes

A ordenação das parcelas pela análise de correspondência segmentada (DCA) resultou em divisões fracas em ambos os períodos. Em 2000 foram encontrados autovalores de 0,25 e 0,18, e em 2006 autovalores de 0,25 e 0,17 para os dois principais primeiros eixos canônicos (eixos 1 e 2) da ordenação, mostrando ausência de gradientes considerando o limite de autovalor significativo como $> 0,3$ (Felfili et al. 2007c).

Os dois primeiros eixos da ordenação não formaram um contínuo, com a maioria das parcelas concentradas no meio do gráfico e apresentando valores de SD (unidade de distância ao longo dos eixos do gradiente denominada ‘desvio padrão médio da sobreposição de espécies’, também utilizado como critério para análise da similaridade entre as parcelas) entre 0,2 e 2,3, indicando baixa variação ao longo do gradiente devido a elevada similaridade quantitativa entre as parcelas. Os valores de SD sofreram baixas variações entre os dois períodos (diferenças no SD entre 2000 e 2006 $< 0,5$), o que não resultou em expressivas mudanças no arranjo espacial das parcelas entre os dois períodos (Figura 4.7), mostrando que a floresta manteve-se floristicamente homogênea no intervalo analisado.

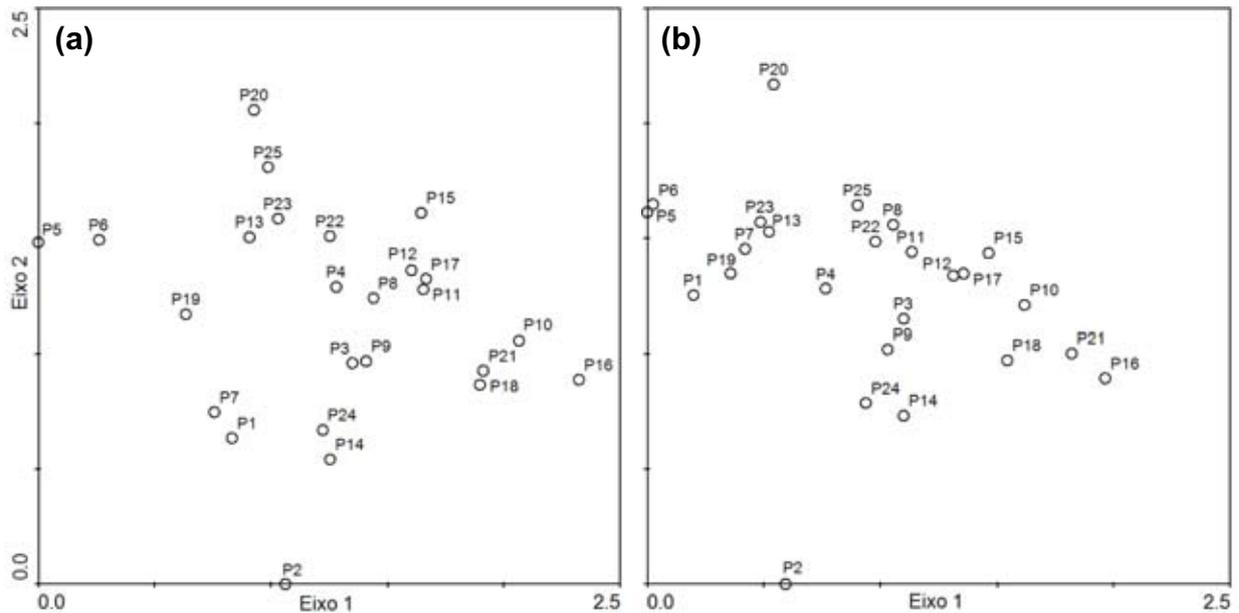


Figura 4.5. Diagrama de ordenação resultante da análise de correspondência segmentada (DCA) mostrando disposição das parcelas em relação à composição quantitativa de espécies nos dois períodos (a – 2000; b – 2006) na floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil. As escalas dos eixos estão em valores de SD (‘desvio padrão médio da sobreposição de espécies’). Os autovalores $< 0,3$ para todos os eixos indicaram ausência de gradientes.

4.4. DISCUSSÃO

Conforme a hipótese levantada, apesar de possuir uma dinâmica intensa, a floresta sofreu poucas mudanças em sua composição, estrutura e diversidade florística no intervalo analisado.

As pequenas mudanças florísticas registradas no intervalo ocorreram pelo ligeiro aumento na riqueza de espécies de baixa densidade (perda de uma e ganho de quatro espécies), e concordam com o padrão normalmente encontrado para florestas tropicais (Swaine et al. 1987; Rees et al. 2001), que podem alternar entre períodos de maior aparecimento (Felfili 1995a; Pinto & Hay 2005; Lopes & Schiavini 2007), desaparecimento (Marimon 2005; Lopes & Schiavini 2007; Paiva et al. 2007), ou neutralidade (Werneck et al. 2000). Em uma mata de galeria (Oliveira 2005) e em um cerrado *sensu stricto* (Libano & Felfili 2006) no Brasil Central foram observadas alternâncias de períodos de maior entrada ou saída de espécies de baixa densidade ($\leq 3 \text{ ind.ha}^{-1}$) entre sucessivos intervalos de medição (de três anos cada) ao longo de 18 anos. Esta oscilação foi relacionada tanto à influência de distúrbios antrópicos (fogo no cerrado *sensu stricto*) quanto a fatores naturais (clareiras na mata de galeira), e dependem da estocasticidade nos eventos de mortalidade e recrutamento e das próprias características das espécies. Felfili et

al. (2000) e Pinto & Hay (2005) comentaram a dificuldade em se estabelecer padrões para as mudanças na riqueza de espécies de baixa densidade, que são naturalmente mais susceptíveis à “pseudo” extinções locais em função do próprio artefato amostral (critérios de inclusão e tamanhos de amostras), onde uma simples morte ou recrutamento pode eliminá-las ou incluí-las, ou pelo fato de estarem presentes na área, mas fora do limite de inclusão estabelecido. Das quatro espécies que entraram na segunda medição, duas (*Randia armata* e *Sapium glandulatum*) são tipicamente arbustivas, freqüentemente encontradas nos estratos regenerativos da floresta (Meirelles 2008), mas que raramente atingem o limite arbóreo ($DAP \geq 5$ cm).

As mudanças em nível de famílias foram baixas em função das pequenas mudanças em nível específico. As famílias Fabaceae e Malvaceae, que detiveram as maiores riquezas e densidades, mantiveram-se como as mais importantes na comunidade, seguindo o padrão encontrado em outras florestas sobre afloramentos calcários do Brasil Central (Silva & Scariot 2003, 2004 a,b; Nascimento et al. 2004; J.M. Felfili, dados não publicados; Pereira 2008), e em um contexto mais amplo, ao encontrado em outras florestas estacionais neotropicais (Andrade-Lima 1981; Gentry 1995; Pennington et al. 2000; Oliveira-Filho et al. 2006).

As principais espécies em termos de importância na comunidade (VI; *Dilodendron bipinnatum*, *Pseudobombax tomentosum*, *Myracrodruon urundeuva*, *Acacia tenuifolia*, *Cavanillesia arborea*, *Tabebuia impetiginosa*, *Combretum duarteanum*, *Sterculia striata* e *Aspidosperma subincanum*) mantiveram-se dentre as mais importantes no intervalo. Estas espécies também foram encontradas dentre as principais (maiores VIs) em outras florestas sobre afloramentos calcários do Vale do Paranã (Silva & Scariot 2003; 2004 a,b; Nascimento et al. 2004). Com exceção de *C. arborea*, típica de formações arbóreas xerófilas (Andrade-Lima 1981) e considerada preferencialmente rupícula no Cerrado (Pereira 2008), as demais não mostram preferência por áreas rochosas, ocorrendo em outras fitofisionomias florestais do Cerrado (florestas estacionais semidecíduais e decíduais, cerradões e áreas de transição cerrado/floresta) ou de outros biomas (Caatinga e Mata Atlântica), conforme observado por Felfili et al. (2007a). Estes resultados demonstram que elas possuem uma grande capacidade de adaptação e especialização no clima estacional e solos rochosos destas florestas, podendo ser consideradas as de maior sucesso na exploração de recursos do habitat.

Os grupos funcionais apresentaram tênues variações em suas posições fitossociológicas no intervalo, com um leve aumento no VI do grupo de madeira média em detrimento da leve redução nos grupos de madeira leve e pesada. Conforme discutido no capítulo 3, as principais espécies deste grupo (ex. *A. tenuifolia* e *C. duarteanum*) apresentam características pioneiras e estratégias fisiológicas menos robustas para evitar a seca, resultando em uma dinâmica mais

acelerada com maior mortalidade, recrutamento, e menor estabilidade e longevidade. Por outro lado, espécies do grupo de madeira leve e pesada apresentam estratégias mais eficientes de adaptação à seca, ao tolerarem o déficit hídrico pelo armazenamento de água nos tecidos do tronco (madeira leve) ou evitarem o déficit hídrico entrando em um estado de dormência cambial pela maior resistência dos tecidos do tronco (madeira pesada) (Borchert 1994 a,b; 1999; Reich et al. 2003; Wright et al. 2007). Desta forma, espera-se que esta tênue oscilação na importância das espécies de madeira média não provoque grandes mudanças na composição arbórea da comunidade em longo prazo, devido ao caráter menos estável de suas populações em contraposição ao caráter mais resiliente das espécies de madeira leve e pesada.

As baixas mudanças na composição quantitativa das espécies implicaram na ausência de diferenciações significativas nos índices de diversidade no intervalo (H' , D e J ; Tabela 4.4). Os valores riqueza (S) e dos índices de diversidade de espécies (H' , D e J) mantiveram-se no limite encontrado em outras florestas decíduais sobre afloramentos calcários no Vale do Paranã (S : 40 a 57; H' : 2,8 a 3,2 nats.ind.^{-1} ; D : 0,90 a 0,94; J : 0,71 a 0,81; Silva & Scariot 2003; 2004 a,b; Nascimento et al. 2004). Por outro lado, os valores de diversidade de Shanno-Wiener (H') estiveram no limite ou abaixo do limite encontrado em outras fitofisionomias lenhosas do Brasil Central, como cerrado *sensu stricto* (H' : 3,0 a 3,7 nats.ind.^{-1} ; Felfili et al. 2004), matas de galeria (H' : 2,5 a 4,5 nats.ind.^{-1} ; Silva Junior et al. 1998) e florestas estacionais semidecíduais (H' : 3,5 a 4,5 nats.ind.^{-1} ; Pinto & Hay 2005; Haidar 2008). Embora as comparações entre H' devam ser feitas com cautela, devido a influência da amostragem no índice (Magurran 1988), os menores valores registrados para a floresta estudada devem-se ao fato desta apresentar uma maior dominância concentrada em poucas populações (> 50% da densidade e dominância concentrada nas cinco primeiras espécies). Este padrão concorda com o normalmente encontrado para as florestas tropicais decíduais, onde o déficit hídrico provocado pela estacionalidade proporciona um aumento na dominância de algumas poucas espécies melhor adaptadas à seca (Murphy & Lugo 1986; Martijena & Bullock 1994; Pérez-García & Meave 2004; White & Hood 2004; Mani & Parthasarathy 2005). Outros estudos em florestas tropicais decíduais também encontraram valores de H' do estrato arbóreo abaixo de 3,0 nats.ind.^{-1} (Martijena & Bullock 1994; White & Hood 2004; Pérez-García & Meave 2004; Mani & Parthasarathy 2005; Souza et al. 2007).

Os valores da equabilidade (J), por sua vez, mantiveram-se elevados nos dois períodos, mostrando que embora a comunidade apresente um conjunto de populações dominantes, ela detém uma flora arbórea distribuída uniformemente no ambiente. Este fato foi corroborado pela baixa variação quantitativa entre as parcelas durante o intervalo, detectada pela DCA, mostrando que as baixas mudanças florísticas não provocaram alterações na conformação espacial e na

homogeneidade do componente arbóreo da floresta. Em síntese, estes resultados mostram que a floresta apresenta uma comunidade arbórea resiliente, que se manteve florística e estruturalmente estável ao longo do tempo.

4.5. CONCLUSÕES

As análises confirmaram a hipótese de que a floresta, apesar de possuir uma dinâmica intensa, apresenta poucas alterações florísticas e estruturais. As mudanças florísticas se limitaram a saída de uma e a entrada de quatro espécies, todas de baixa densidade (< 2 indivíduos). As principais espécies sofreram poucas alterações fitossociológicas, e não implicaram em mudanças gerais na hierarquia fitossociológica, tanto das espécies quanto dos grupos funcionais. As baixas variações quantitativas implicaram na ausência de mudanças significativas nos índices de diversidade, cujos valores foram influenciados pela alta dominância exercida por algumas espécies. Os valores de equabilidade (J) foram elevados, e juntamente com a análise de distribuição espacial das espécies (DCA), mostrou que embora a comunidade apresente um conjunto de espécies dominantes, ela detém uma flora arbórea distribuída uniformemente, e que as baixas mudanças florísticas qualitativas e quantitativas ocorridas no intervalo não provocaram alterações na conformação espacial e na homogeneidade do componente arbóreo da floresta. A floresta apresenta uma comunidade arbórea adaptada ao meio, que se manteve florística e estruturalmente estável ao longo do tempo.

CAPÍTULO 5. COMPARAÇÃO ENTRE DENDRÔMETROS ARTESANAIS E INDUSTRIAIS NO CRESCIMENTO DE UMA ESPÉCIE DE FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL SOBRE AFLORAMENTOS CALCÁRIOS NO BRASIL CENTRAL.

5.1. INTRODUÇÃO

Estudos florestais que requerem medidas de crescimento do tronco normalmente são feitos a partir do uso de fitas e sutas diamétricas, onde as medidas são tomadas em intervalos fixos, geralmente anos (Felfili et al. 2005). No entanto, estes métodos não são apropriados para medidas realizadas em intervalos mais curtos, como meses, onde os erros podem ser maiores do que o crescimento real (Clark et al. 2000). Por exemplo, é praticamente impossível posicionar a fita ou suta exatamente no mesmo ponto do tronco durante medidas repetidas, e a escala (maior que 1 mm) destes aparelhos não possibilita medidas muito precisas (Yocom 1970; Clark et al. 2000). Desta forma, quando pequenos intervalos precisam ser medidos, instrumentos apropriados são necessários. Medidas precisas de crescimento do tronco podem ser obtidas através do uso de dendrômetros (Keeland & Sharitz 1993).

O dendrômetro consiste, basicamente, em uma fita de metal permanentemente fixa ao redor do tronco através de uma mola. Na medida em que a árvore cresce ou decresce radialmente, o dendrômetro se desloca de acordo com a expansão ou retração do tronco. Desta forma, medidas repetidas precisas são obtidas, pois o instrumento se encontra permanentemente fixado no mesmo ponto. Com o uso de escalas milimétricas ou paquímetros digitais, obtêm-se uma grande precisão nas medidas de crescimento ($< 0,25$ mm). Por esta razão, os dendrômetros são amplamente utilizados em estudos de crescimento arbóreo (Keeland & Sharitz 1993; Clark et al. 2000; Deslauriers et al. 2007).

Dois tipos de dendrômetros são amplamente utilizados para mensuração radial, o industrial e o artesanal (Keeland & Sharitz 1993; Deslauriers et al. 2007). Estes diferem basicamente em termos de precisão e custos. Os dendrômetros artesanais são mais baratos, porém permitem medidas precisas apenas em intervalos de meses ou, no máximo, semanas. Por outro lado, os dendrômetros industriais possibilitam medidas precisas em intervalos de dias, horas ou minutos, quando acoplados a *dataloggers*, mas são mais caros. Estes custos e benefícios variam de acordo com o propósito da pesquisa, e no Brasil, os dendrômetros artesanais

prevalecem na maioria dos estudos de crescimento arbóreo (Lisi 2006), especialmente devido aos seus menores custos.

Entretanto, quando o pesquisador necessita utilizar dendrômetros artesanais no Brasil, ele lida com uma série de problemas. O primeiro e maior problema é encontrar os materiais adequados para a construção do instrumento, visto que seus componentes são normalmente importados, o que implica em aumento dos custos e atraso em sua aquisição. Apesar de existirem alguns estudos publicados que utilizam dendrômetros artesanais no Brasil (Silva et al. 2002, 2003; Figueiredo-Filho et al. 2003; Hoffman 2002; Bucci et al. 2004; Ferreira-Fedele et al. 2004; Scholz et al. 2008), nenhum destes indica claramente a origem, composição e propriedade dos componentes. Outro problema é encontrar guias adequados para construção, instalação e mensuração dos dendrômetros artesanais. Assim, uma solução prática consiste em importar dendrômetros industriais, mesmo sem saber se tais instrumentos são apropriados para as condições ambientais das florestas objetos das pesquisas.

O objetivo deste capítulo foi comparar as medidas mensais pareadas de crescimento do tronco através de dendrômetros artesanais e industriais em uma espécie de rápido crescimento (*Acacia tenuifolia*) em uma floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no Brasil Central (município de Iaciara, nordeste de Goiás). Parte-se da hipótese que os dendrômetros artesanais apresentarão a mesma precisão nas medidas mensais de crescimento em relação aos dendrômetros industriais (controle). O propósito foi contribuir na tomada de decisão sobre o uso destes dois tipos de dendrômetros em estudos de crescimento arbóreo em florestas estacionais.

5.2. MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1. Área de estudo

Este estudo foi desenvolvido na floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara (vide capítulo 2).

5.2.2. Instalação e características dos dendrômetros

Acacia tenuifolia (L.) Willd. foi escolhida para o estudo por ser uma espécie de crescimento rápido comum nesta fitofisionomia, ocorrendo com grande densidade e frequência na floresta estudada (vide capítulos 3 e 4). Vinte árvores de *A. tenuifolia* com diâmetros (DAP:

1,30 m acima do nível do solo) variando de 6 a 16 cm foram aleatoriamente selecionadas ao longo da floresta para a realização do estudo.

Em dezembro de 2007, dois tipos de dendrômetros foram instalados no tronco (DAP) de cada árvore: (1) dendrômetro industrial (*'Series 5 manual band dendrometers'*, Forestry Suppliers Inc., USA), e (2) dendrômetro artesanal. Ambos dendrômetros foram instalados em uma superfície lixada do tronco, através de uma lixa de parede, para assegurar que as bandas metálicas estariam estendidas de maneira uniforme e que a casca não interferiria na medida do crescimento radial (Keeland & Sharitz 1993). Conforme sugerido por Keeland & Young (2006), os dendrômetros foram instalados no meio da estação chuvosa (dezembro/2007), dois meses antes do início das medidas (fevereiro/2008), para permitir o ajuste das bandas nos troncos.

O dendrômetro industrial (*'Series 5 manual band dendrometers'*, Forestry Suppliers Inc., USA), mostrado na Figura 5.1, é constituído por uma fita de aço inoxidável (0,05 mm de espessura e 3,20 mm de largura) colocada ao redor do tronco cujas duas extremidades são fixadas em um corpo metálico composto por uma dobradiça, uma mola metálica (fio de 0,50 mm, 15,00 mm de comprimento e 4,50 mm de diâmetro externo) e um tubo móvel com duas escalas milimétricas (Vernier). Este corpo metálico é parafusado ao tronco através de dois parafusos, inseridos cerca de 3,0 cm no tronco. Uma das escalas milimétricas é fixa no tubo móvel, e a outra é presa na fita e se move na medida em que o tronco expande ou contrai, sendo capaz de mensurar pequenas variações de crescimento ($\pm 0,10$ mm).

O dendrômetro artesanal, mostrado na Figura 5.1, foi construído de acordo com Keeland & Young (2006), sendo constituído por uma fita de aço inoxidável (0,10 mm de espessura e 15,00 mm de largura) e uma mola de aço inoxidável (fio de 0,65 mm, 38,0 mm de comprimento, e 6,35 mm de diâmetro externo). Em uma das extremidades da fita é feita uma fivela, e a fita é instalada ao redor do tronco e ajustada pela inserção da outra extremidade pela fivela. Dois buracos são feitos (através de um furador de papel), um na extremidade e outro no corpo da fita, para inserção da mola que mantém a fita tensionada e ajustada no tronco. Dois riscos são feitos na fita ao lado das bordas da fivela, e na medida em que o tronco expande ou contrai, um paquímetro digital é utilizado para medir o deslocamento destes riscos em relação à fivela, permitindo mensurar pequenas variações de crescimento. Tanto a fita quanto a mola foram fabricadas por empresas nacionais, utilizando aço inoxidável com liga ASI 304.

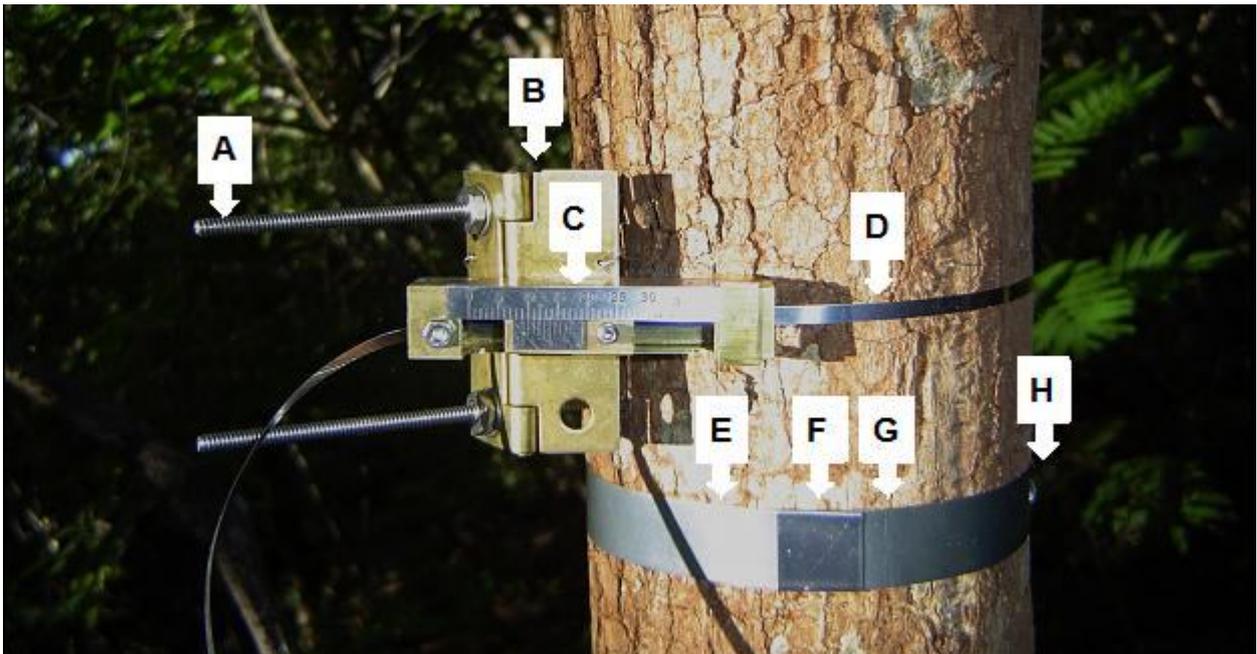


Figura 5.1. Aspectos dos dendrômetros industrial (acima) e artesanal (abaixo) utilizados neste estudo. Dendrômetro industrial: (a) parafusos para fixação do (b) corpo metálico no tronco; (c) tubo móvel com as duas escalas milimétricas, a fixa (acima) e a móvel (abaixo); (d) fita metálica. Dendrômetro artesanal: (e) fita metálica; (f) fivela; (g) risco paralelo à fivela para medição com paquímetro; (h) local de inserção da mola.

5.2.3. Medidas e análises estatísticas

As medidas de ambos dendrômetros foram tomadas mensalmente, de fevereiro a novembro de 2008, em intervalos fixos de dia (entre os dias 20 e 25 de cada mês) e hora (entre 8 e 11 hs da manhã). O paquímetro digital utilizado nas medidas possui precisão de $\pm 0,03$ mm. Embora o dendrômetro industrial possua sua própria escala milimétrica (*Vernier*), suas medidas também foram tomadas com o paquímetro digital, como forma de padronização.

As diferenças entre as medidas mensais dos dendrômetros industriais e artesanais foram testadas através do teste *t* pareado, após indicada normalidade dos dados pelo teste de normalidade de Qui-quadrado (χ^2 , $P > 0,05$). Complementarmente, regressões lineares foram aplicadas para testar as relações entre as duas medidas em cada mês. Os resultados foram expressos pelos valores do coeficiente de determinação (r^2) em nível de probabilidade a 95% ($P > 0,05$), e quanto mais próximo a 1, melhor a relação (Legendre & Legendre 1998). Os coeficientes de variação das medidas mensais também foram calculados, e depois de testadas suas normalidades (χ^2 , $P > 0,05$), foram comparados através do teste *t* pareado. As análises foram desenvolvidas no *software* PAST versão 1.81 (Hammer et al. 2001).

5.3. RESULTADOS

As medidas dos dendrômetros artesanais e industriais foram muito próximas ao longo dos meses analisados (Figura 5.2a). Não foram encontradas diferenças significativas entre as medidas mensais dos dois dendrômetros pelo teste *t* pareado ($P \geq 0,07$; Tabela 5.1). As análises de regressão mostraram alta relação entre as medidas dos dois dendrômetros, todas com elevado nível de significância ($r^2 \geq 0,87$, $P < 0,01$; Tabela 5.1). As análises do coeficiente de variação detectaram uma maior variação para os dendrômetros industriais, diferindo significativamente dos dendrômetros artesanais (teste $t = -2,63$, $P = 0,03$; Figura 5.2b). As análises de custo indicaram preços acima de 15 vezes mais baratos para os dendrômetros artesanais em relação aos industriais (Tabela 5.2).

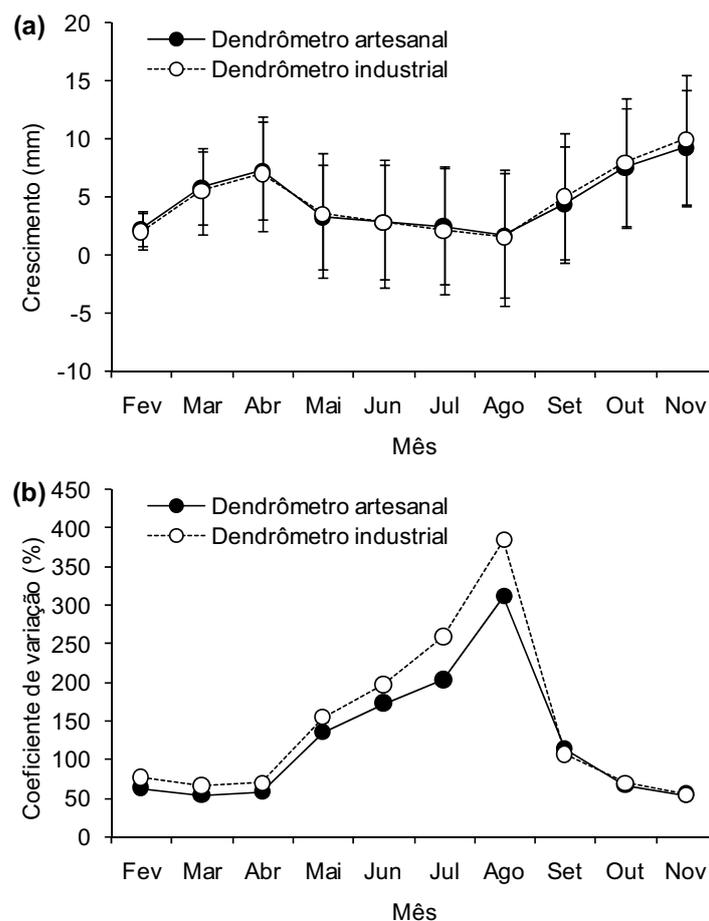


Figura 5.2. (a) Média (\pm desvio padrão) e (b) coeficiente de variação das medidas mensais de crescimento do tronco de *Acacia tenuifolia* pelos dendrômetros artesanais e industriais em uma floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil.

Tabela 5.1. Valores do teste t pareado e coeficientes de determinação (r^2) das regressões lineares aplicados na comparação entre as medidas mensais de crescimento do tronco de *Acacia tenuifolia* pelos dendrômetros industriais e artesanais em uma floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil. *Todos os valores sem significância ($P > 0,05$); **Todos os valores significativos ($P < 0,0001$).

Testes	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
Teste t^*	-1,797	-0,855	-0,751	0,357	-0,138	-0,315	-0,530	1,771	1,040	1,912
Regressão (r^2)**	0,87	0,92	0,93	0,89	0,91	0,92	0,93	0,91	0,88	0,90

Tabela 5.2. Custos estimados dos dendrômetros industriais (importados) e artesanais (nacionais), baseados em cotações realizadas em Abril/2007 e Junho/2008. *Preços totais estimados incluem valores dos fretes nacionais e internacionais (+ taxas) para Brasília-DF, de acordo com as cotações de cada companhia. Para componentes nacionais US\$ 1,00 = R\$ 1,70 (De acordo com a cotação do dólar pelo Banco Central do Brasil em 16 de junho de 2008). **Preço da fita de aço inoxidável baseado na cotação para um rolo de 50 metros. ^aForestry Suppliers Inc, (<http://www.forestry-suppliers.com/>); ^bACZ Inox Ltda, (<http://www.aczinox.com.br/>); ^cMolas Polonis Ltda, (polonis@terra.com.br).

Tipo de dendrômetro	Preço (US\$)	Preço (R\$)
Industrial (importado)		
Instrumento completo (unidade)	47,25 a 52,25 ^a	80,33 a 88,83 ^a
Preço total estimado (unidade)*	55,75 a 67,50 ^a	94,80 a 114,75 ^a
Artesanal (nacional)		
Fita de aço inoxidável (metro)**	1,45 a 3,25 ^b	2,50 a 5,50 ^b
Molas de aço inoxidável (unidade)	0,90 a 1,75 ^c	1,50 a 3,00 ^c
Preço total estimado (unidade)*	2,45 a 5,00 ^{b,c}	4,00 a 8,50 ^{b,c}

5.4. DISCUSSÃO

Conforme a hipótese inicial, a ausência de diferenças significativas pelo testes t pareado e a alta relação nas medidas mensais de crescimento dos dendrômetros industriais e artesanais pelos coeficientes de correlação da regressão mostraram que a mesma precisão obtida pelos dendrômetros industriais (controle) foi alcançada pelos dendrômetros artesanais, no entanto, com um custo muito menor (acima de 15 vezes mais baratos). Outro aspecto importante foi a menor variação obtida nas medidas mensais dos dendrômetros artesanais, indicando maior acurácia em relação aos dendrômetros importados.

Além disso, os dendrômetros nacionais não provocaram danos no tronco como os dendrômetros industriais. Conforme mostrado na Figura 5.3, a inserção dos parafusos dos dendrômetros industriais nos troncos ocasionou tanto a liberação de goma pelos buracos dos parafusos (durante a estação chuvosa), quanto a formação de rachaduras nos buracos dos

parafusos (durante a estação seca). Árvores presentes em florestas estacionais possuem uma série de estratégias para manutenção da água nos troncos durante as estações secas (Borchert 1994 a,b; 1999; Larcher 2000), e danos como estes podem interferir nos seus processos fisiológicos e metabólicos, permitir a entrada de patógenos, e levar à morte.

Outro aspecto favorável aos dendrômetros artesanais é a grande facilidade na sua manipulação e instalação no campo. As fitas de aço de 0,10 mm de espessura possibilitam o uso de tesouras comuns para cortar no tamanho adequado da árvore, e furadores de papel comuns podem ser utilizados para produzir os buracos de encaixe da mola. Estes acessórios são facilmente encontrados em papelarias e lojas de material de escritório, além de serem mais baratos que as tesouras e furadores de metais profissionais utilizados frequentemente quando se trabalha com fitas metálicas com espessuras acima de 0,15 mm (Keeland & Young 2006).

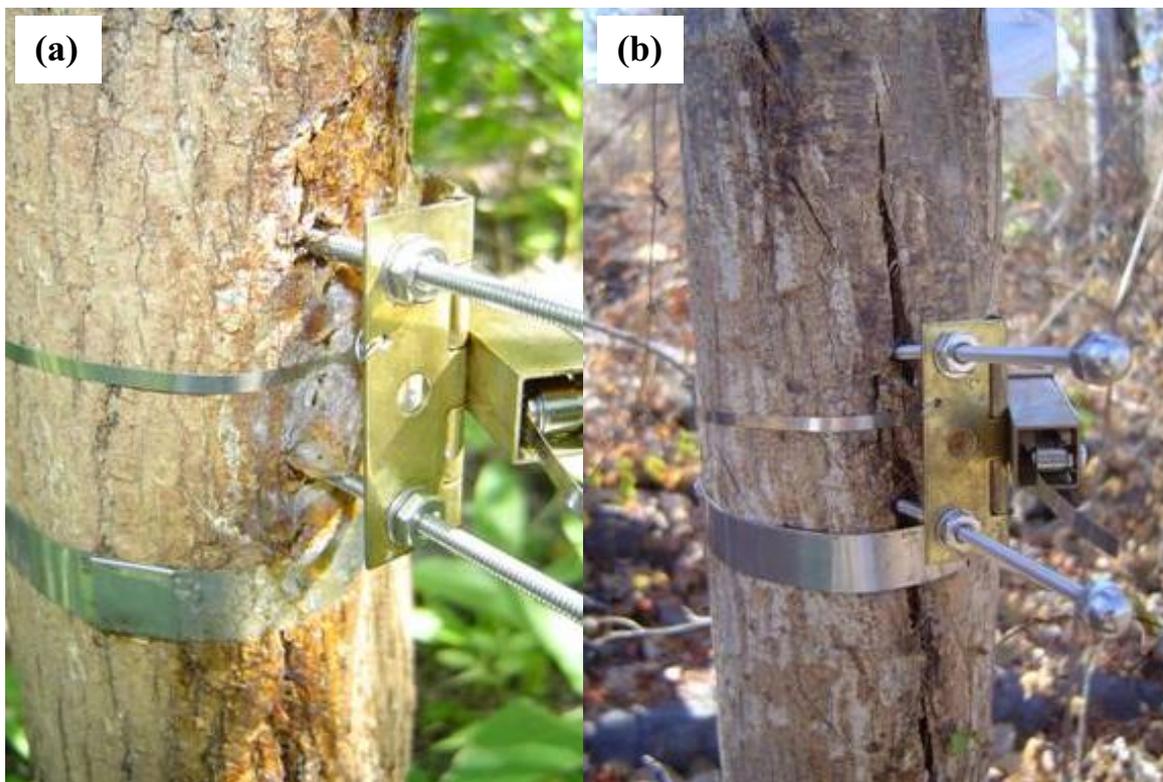


Figura 5.3. Aspectos dos danos provocados pelos parafusos de fixação dos dendrômetros industriais nos troncos de *Acacia tenuifolia*. (a) liberação de goma durante a estação chuvosa e (b) rachaduras durante a estação seca.

5.5. CONCLUSÕES

As análises mostraram que os dendrômetros artesanais possuem todos os benefícios e nenhum dos problemas observados para os dendrômetros industriais, tais como: (1) alta precisão nas medidas periódicas (mensais) de crescimento radial; (2) menor variação nas medidas; (3) menores custos; (4) facilidade de manipulação e instalação no campo; e (5) ausência de danos no tronco. Assim, recomenda-se sua utilização em estudos de crescimento arbóreo em florestas estacionais no Brasil.

CAPÍTULO 6. RITMOS DE CRESCIMENTO ARBÓREO EM UMA FLORESTA DECIDUAL SOBRE AFLORAMENTOS CALCÁRIOS NO BRASIL CENTRAL: GRUPOS FUNCIONAIS E SUA RELAÇÃO COM A ESTACIONALIDADE

6.1. INTRODUÇÃO

Árvores presentes em florestas estacionais tropicais estão submetidas a um período de déficit pluviométrico sazonal e dependem de mecanismos fisiológicos para controlar a perda de água nas estações secas. Em florestas tropicais decíduas, onde a quase totalidade das árvores descarta suas folhas na estação seca (Murphy & Lugo 1986; Singh & Kushwaha 2005), a sobrevivência da árvore depende da capacidade de manutenção hídrica nos tecidos do tronco, o que confere à densidade da madeira um importante papel funcional (Borchert 1994 a,b; 1999; Larcher 2000; Wright et al. 2007). A maior parte da água da árvore encontra-se estocada em seu tronco, especialmente no tecido ativo do xilema (alburno), cuja capacidade de saturação aumenta de acordo com a quantidade de tecidos acumuladores de água, principalmente tecido parenquimal, o que está negativamente correlacionado com a densidade da madeira (Larcher 2000; Bucci et al. 2004). Considerando que os principais eventos reprodutivos e de crescimento envolvem constante hidratação celular (Larcher 2000), as mudanças sazonais na disponibilidade hídrica promovem uma forte interação entre ambiente, fenologia e crescimento, cujos padrões são diferenciados entre espécies com densidade de madeira distintas (Borchert 1994 a,b; 1999).

Segundo Borchert (1994 a,b), as árvores decíduas em florestas estacionais tropicais podem ser enquadradas em três grupos funcionais de acordo com a densidade da madeira do tronco: madeira leve, média e pesada. Árvores do grupo funcional de madeira leve apresentam madeira de baixa densidade ($<0,5 \text{ g.cm}^{-3}$), contendo grande quantidade de tecido parenquimal onde existe muito espaço intercelular, que permite armazenar água para evitar a dissecação durante a estação seca (Schulze et al. 1988; Nilsen et al. 1990; Borchert 1994a; Medina 1995; Borchert & Rivera 2001). Durante a estação seca o seu crescimento é interrompido, mas o grande estoque de água permite uma hidratação celular constante para a manutenção de processos fisiológicos vitais, levando a uma estagnação ou pouco decréscimo radial (Fenner 1980; Borchert & Rivera 2001) Um exemplo é o baobá (*Adansonia* spp) nas florestas estacionais africanas, que estoca grandes quantidades de água no tronco, permitindo sua sobrevivência durante o período de estiagem (Fenner 1980; Chapotin et al. 2006a). Por outro lado, árvores dos

grupos funcionais de madeira média ($0,5$ a $0,8 \text{ g.cm}^{-3}$) e pesada ($> 0,8 \text{ g.cm}^{-3}$) apresentam madeiras mais densas, devido a uma maior composição de tecidos de sustentação lignificados vivos (esclerenquimais) ou mortos (cerne), que conferem maior resistência estrutural. Devido à menor quantidade de tecidos parenquimais, estas não são capazes de estocar grandes quantidades de água, e a baixa saturação hídrica em seus tecidos durante o período seco implica em suspensão das atividades cambiais e maior decréscimo radial (Schulze et al. 1988; Borchert 1994 a,b). Estas diferentes estratégias levam a coexistência das espécies nas florestas estacionais tropicais decíduais, que normalmente apresentam uma mistura de espécies com grande amplitude em termos de densidade de madeira (Medina 1995).

De acordo com Baker et al. (2003), estudos sobre crescimento arbóreo e sua relação com a sazonalidade e aspectos fenológicos são importantes para elucidar padrões de desenvolvimento individual das espécies e levantar hipóteses sobre diferenciações inter-específicas no uso da água, possibilitando inferir sobre mecanismos que promovem a coexistência das espécies no ambiente. Medidas precisas de crescimento do tronco podem ser obtidas a partir do uso de dendrômetros permanentes para monitoramento periódico do incremento do tronco (Keeland & Sharitz 1993), visto que o incremento da circunferência do tronco é resultante da combinação do aumento na matéria seca proveniente da divisão celular do câmbio e das flutuações sazonais promovidas pelas mudanças na quantidade de água no câmbio (Larcher 2000). Tais medidas são amplamente utilizadas em estudos florestais (Worbes 1999; Pélissier & Pascal 2000; Baker et al. 2002; Schöngart et al. 2002; Silva et al. 2002,2003; Prior et al. 2004a; López-Ayala et al. 2006; February et al. 2007; O'Brien et al. 2008; Rossato et al. 2009).

As florestas estacionais decíduais sobre afloramentos calcários do Brasil Central estão submetidas a uma forte sazonalidade na precipitação anual, com um período seco ($<100 \text{ mm}$) atingindo de cinco a seis meses (ANA 2008). Estas florestas estão restritas a uma pequena fração do bioma Cerrado, ocorrendo na forma de manchas dispersas ao longo da paisagem (Felfili 2003), em áreas de afloramentos de rochas calcárias, sendo a região do Vale do Paranã, no nordeste de Goiás, o maior enclave deste tipo florestal no Brasil (Felfili 2003; Scariot & Sevilha 2005; Felfili et al. 2007 a,b). Estudos da vegetação vêm caracterizando a composição e a estrutura da flora arbórea destas florestas (Silva & Scariot 2003, 2004a 2004b; Nascimento et al. 2004; Felfili et al. 2007a). A comparação com dados da literatura (Paula 1979; Paula & Alves 2007) indica que nestas florestas encontram-se espécies pertencentes aos três grupos funcionais quanto à densidade de madeira definidos por Borchert (1994 a,b), desde espécies de madeira leve, típicas acumuladoras de água, com densidades abaixo de $0,5 \text{ g.cm}^{-3}$ (ex. *Cavanillesia arborea* e *Commiphora leptophloeos*), espécies de madeira média, com densidades entre $0,5$ e

0,8 g.cm⁻³ (ex. *Acacia tenuifolia* e *Dilodendron bipinnatum*), até espécies de madeira pesada, com densidades acima de 0,8 g.cm⁻³ (ex.: *Tabebuia* spp. e *Myracruoduon urundeuva*). Devido às características fisiológicas relacionadas com a densidade da madeira, espera-se que estas espécies apresentem ritmos de crescimento diferenciados e relacionados com a estacionalidade na pluviosidade.

O objetivo deste estudo foi analisar, a partir de medidas mensais de dendrômetros, a influência da pluviosidade nos ritmos mensais de crescimento de espécies arbóreas pertencentes aos grupos funcionais distintos baseados na densidade da madeira (madeira leve, média e pesada) em uma floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, Brasil Central. Parte-se da hipótese que as espécies arbóreas pertencentes aos grupos funcionais distintos baseados na densidade da madeira apresentarão ritmos de crescimento diferenciados, inter-relacionados com os eventos fenológicos e condicionados pela estacionalidade na pluviosidade.

6.2. MATERIAL E MÉTODOS

6.2.1. Área de estudo

Este estudo foi desenvolvido na floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, descrita no capítulo 2 da presente tese.

6.2.2. Definição dos grupos funcionais

Para efeito deste estudo, os grupos funcionais foram definidos com base na densidade da madeira do tronco. Foram adotados três grupos funcionais, segundo sugerido por Borchert (1994 a,b) para espécies decíduas de florestas estacionais tropicais:

Grupo funcional de madeira leve (*lightwoods*): enquadram-se as espécies que possuem lenho de densidade baixa ($< 0,5 \text{ g.cm}^{-3}$), de baixa resistência física e estrutural. O tronco contém grande quantidade de tecido parenquimal, onde existe muito espaço intercelular (tecido aquífero), especializado em estocagem de água (Paula & Alves 2007). Tais espécies são capazes de ‘evitar’ a seca pelo acúmulo de um grande estoque de água no tronco, possibilitando uma hidratação celular constante para a manutenção de processos fisiológicos vitais, como manutenção dos tecidos condutores e eventos fenológicos (Fenner 1980; Schulze et al. 1988; Nilsen et al. 1990; Borchert 1994a; Medina 1995; Borchert & Rivera 2001; Chapotin et al. 2006 a,b). A hidratação celular constante conduz a uma estagnação ou pouco decréscimo radial ao longo dos meses secos (Fenner 1980; Borchert 1994 a,b; Borchert & Rivera 2001).

Grupo funcional de madeira pesada (*hardwoods*): enquadram-se as espécies que possuem lenho com células mais lignificadas, de densidade alta ($> 0,8 \text{ g.cm}^{-3}$), de alta resistência física e estrutural. Grande parte do lenho é formada por tecido lignificado morto (cerne), e os tecidos vivos são predominantemente esclerenquimais (células com paredes lignificadas) conferindo maior resistência estrutural, mas incapazes de estocar grandes quantidades de água pelo menor espaço intercelular (Larcher 2000; Paula & Alves 2007). Tais espécies são capazes de ‘tolerar’ a seca devido à grande resistência conferida pelos tecidos do lenho. A baixa saturação hídrica nos tecidos do lenho durante o período seco implica na suspensão das atividades dos vasos condutores e a dessecação leva a um progressivo e maior decréscimo radial, caracterizando um período de dormência cambial (Schulze et al. 1988; Borchert 1994 a,b).

Grupo funcional de madeira média (*softwoods*): enquadram-se as espécies que possuem lenho de densidade intermediária (de 0,5 a 0,8 g.cm⁻³), de baixa a média resistência física e estrutural. Segundo Borchert (1994a), as espécies deste grupo também não são capazes de acumular água como as de madeira leve, pela ausência ou baixa proporção de tecidos de reserva, mas não possuem a resistência observada nas de madeira pesada, devido a menor proporção de tecidos lignificados. Seus padrões ecológicos ainda não bem esclarecidos na literatura, mas presume-se que os ritmos de crescimento encontram-se em um estágio intermediário entre os grupos de madeira leve e pesada (Borchert 1994 a,b).

6.2.3. Seleção das espécies

Para a realização do estudo foram selecionadas seis espécies arbóreas (Tabela 6.1), a partir de três critérios: (1) ser uma espécie típica deste tipo florestal (elevada frequência e densidade), com base nos estudos fitossociológicos de florestas estacionais decíduais sobre afloramentos calcários na região do Vale do Paranã (Silva & Scariot 2003, 2004a, 2004b; Nascimento et al. 2004; Felfili et al. 2007a); (2) ser representativa na comunidade arbórea da floresta, segundo seu Valor de Importância (soma da densidade relativa, dominância relativa e frequência relativa) baseado no inventário local realizado por Felfili et al. (2007a) e no capítulo 4; e (3) apresentar características distintas de densidade da madeira, em função do enquadramento nos grupos funcionais de acordo com os objetivos da pesquisa. Neste caso, informações sobre a densidade da madeira das espécies presentes na área de estudo foram obtidas através de consultas em diversos trabalhos desenvolvidos em florestas estacionais no bioma Cerrado (Paula 1979; Mainieri & Chimelo 1989; Paula & Alves 2007), sendo consultado também o banco de dados suplementar disponibilizado por Chave et al. (2006), que fornece a densidade de madeira de 2456 espécies arbóreas distribuídas ao longo das florestas tropicais (úmidas e estacionais) das Américas do Sul e Central. Em todos estes trabalhos as coletas de amostras de madeira do tronco foram feitas em nível de DAP (diâmetro a 1,30 m acima do nível do solo), por trado dendrométrico, e a densidade da madeira determinada a partir da razão entre peso seco final (105°C) e o volume saturado inicial da amostra.

Com base nos critérios acima, foram selecionadas duas espécies pertencentes a cada um dos três grupos funcionais considerados. Para o grupo funcional de madeira leve (acumuladoras de água, densidade de madeira < 0,5 g.cm⁻³) foram selecionadas as espécies *Cavanillesia arborea* (Malvaceae) e *Commiphora leptophlebos* (Burseraceae). Para o grupo funcional de madeira média (densidade de madeira de 0,5 a 0,8 g.cm⁻³) foram selecionadas as espécies

Dilodendron bipinnatum (Sapindaceae) e *Acacia tenuifolia* (Fabaceae). Para o grupo funcional de madeira pesada (densidade de madeira $> 0,8 \text{ g.cm}^{-3}$) foram selecionadas as espécies *Myracrodruon urundeuva* (Anacardiaceae) e *Tabebuia impetiginosa* (Bignoniaceae) Informações detalhadas sobre as características das espécies selecionadas constam na Tabela 6.1

Após definidas as espécies, coletas não destrutivas de amostras do tronco foram feitas para a estimativa da densidade de suas madeiras, como forma de verificar e reforçar os valores obtidos na literatura, tendo em vista que algumas espécies são pouco estudadas e que a densidade de madeira pode variar em relação ao ambiente (Paula & Alves 2007). Amostras de tronco foram coletadas em 10 indivíduos de cada espécie, distribuídos de acordo com a amplitude das classes diamétricas consideradas na análise, selecionados aleatoriamente na floresta (Tabela 6.1). As coletas de amostras do tronco foram feitas em nível de DAP, por meio de trado dendrométrico (sonda *Pressler*) introduzido no tronco de cada árvore até uma distância igual à metade do diâmetro. Uma baguete de 10 mm de diâmetro de amostra foi retirada, sendo eliminado o material contendo casca. As baguetes foram acondicionadas em tubos plásticos contendo água por 48 horas, para saturação da amostra. A densidade da madeira (densidade seca) foi determinada a partir da razão entre peso seco final (105°C) e o volume saturado inicial da amostra, conforme preconizado em Paula & Alves (2007). A relação dos valores de densidade de madeira obtidos consta no Anexo 3.

6.2.4. Seleção dos indivíduos

Uma vez definidas as espécies, fez-se a distribuição do número de indivíduos por classe de diâmetro para cada uma, utilizando-se a fórmula sugerida por Spiegel (Felfili & Resende 2003) para obter o número ideal de classes para cada espécie em função da amplitude e do número de indivíduos da população inventariada previamente (Felfili et al. 2007a). A fórmula de Spiegel minimiza o número de intervalos vazios, sendo útil tanto para populações com grandes amplitudes, quanto para populações de pequeno porte com grande concentração de indivíduos nas primeiras classes de diâmetro, sendo calculada da seguinte forma:

$$(1) \quad IC = \frac{A}{NC}$$

$$(2) \quad NC = 1 + 3,3 \log(n)$$

Onde:

IC = intervalo de classe diamétrica;
 NC = número de classes diamétricas;
 A = amplitude (valor máx. – mín.);
 n = número de indivíduos

Para cada espécie, buscou-se incluir pelo menos três indivíduos de cada classe de modo a obter-se uma aproximação da curva de crescimento da espécie ao longo do tempo, pressupondo que classes de diâmetro oferecem uma indicação do porte da árvore (Harper 1990). Adotou-se também um valor mínimo limite de 20 indivíduos por espécie, para obter-se uma boa amostra da variabilidade da população. A distância mínima de indivíduos de uma mesma espécie foi de 20 m buscando-se assim evitar mensurar um mesmo indivíduo com múltiplos troncos.

Foram assim monitorados, 171 indivíduos, variando de 23 a 30 por espécie (Tabela 6.1). Os indivíduos foram selecionados aleatoriamente, a partir de caminhadas ao longo do fragmento, sendo escolhidos somente aqueles sem vestígios de danos e rebrota no tronco e/ou na base.

6.2.5. Instalação e mensuração dos dendrômetros

No tronco de cada indivíduo foi instalado, na altura de 1,30 m do solo (circunferência a altura do peito – CAP), um dendrômetro artesanal. O dendrômetro artesanal foi construído conforme critérios de Keeland & Young (2006), sendo constituído por uma fita de aço inoxidável (0,10 mm de espessura e 15,00 mm de largura) e uma mola de aço inoxidável (fio de 0,65 mm, 38,0 mm de comprimento, e 6,35 mm de diâmetro externo). Em uma das extremidades da fita é feita uma fivela, e a fita é instalada ao redor do tronco e ajustada pela inserção da outra extremidade pela fivela. Dois buracos são feitos (através de um furador de papel), um na extremidade e outro no corpo da fita, para inserção da mola que mantém a fita tensionada e ajustada no tronco. Dois riscos são feitos na fita ao lado das bordas da fivela, e na medida em que o tronco expande ou contrai, um paquímetro digital é utilizado para medir o deslocamento destes riscos em relação à fivela, permitindo mensurar pequenas variações de crescimento. Tanto a fita quanto a mola foram fabricadas por empresas nacionais, utilizando aço inoxidável com liga ASI 304. Mais detalhes sobre o dendrômetro constam no capítulo 5.

Conforme sugerido por Keeland & Young (2006), todos os indivíduos amostrados tiveram suas cascas lixadas superficialmente antes da instalação do dendrômetro, para evitar que protuberâncias e cascas interferissem na estimativa do crescimento. As medidas de incremento foram tomadas através de um paquímetro digital, com precisão de centésimos de milímetros.

As medidas dos dendrômetros foram realizadas mensalmente, sempre entre os dias 20 e 25 de cada mês. Os dendrômetros foram instalados em janeiro de 2007, e as medidas iniciaram em abril de 2007, considerado como tempo inicial (zero), após o intervalo de três meses para a estabilização dos dendrômetros nos troncos, conforme sugerido em diversos estudos de crescimento do tronco a partir de dendrômetros em florestas tropicais (Keeland & Sharitz 1993;

Worbes 1999; Baker et al. 2002; Deslaurries et al. 2005). Os indivíduos foram medidos sempre em horários padronizados, para evitar oscilações de incremento que pudessem ocorrer ao longo do dia, conforme preconizado por Keeland & Sharitz (1993).

6.2.6. Pluviosidade

Paralelamente às medidas mensais dos dendrômetros, foram tomadas medidas mensais de pluviosidade, a partir de um pluviômetro de poliestireno transparente tipo ‘cunha’ (modelo HD-306, capacidade de 130 mm) instalado em local descampado fixo a uma estaca de madeira a 1,5 m do solo, na sede da fazenda, distante cerca de 5 km do fragmento. As medidas foram tomadas diariamente por um funcionário da fazenda, em horário padronizado (18 hs) referente ao montante de chuva acumulada ao longo do dia. Os dados diários foram anotados em uma planilha, computados, e a medida de pluviosidade de cada mês correspondeu ao montante de chuva resultante da soma dos valores diários ao longo do período entre cada uma das medições dos dendrômetros.

6.2.7. Fenologia

A fenologia dos indivíduos foi avaliada mensalmente, paralelamente à medida dos dendrômetros, sendo tomadas as seguintes características fenológicas (Felfili et al. 1999): (1) Mudança foliar = total de folhas, subdividido nas fases: folhas novas, folhas maduras e folhas senescentes. (2) Floração = total de flores, subdividido nas fases: flores novas (incluindo botões), flores maduras e flores senescentes. (3) Frutificação = total de frutos, subdividido nas fases: frutos novos (imaturos), frutos maduros e frutos senescentes. Estes eventos foram estimados visualmente, com auxílio de binóculos quando necessário, e quantificados em relação ao total de ramos vivos ocupados (proporção dos galhos com o evento). Os valores obtidos foram expressos em termos percentuais, e para construção do diagrama mensal dos eventos, os valores foram inseridos em categorias de porcentagem em intervalos de 25%, resultando em cinco classes (classe 1 = 0%; classe 2 = 1 a 25%; classe 3 = 26 a 50%; classe 4 = 51 a 75%; classe 5 = 76 a 100%).

Tabela 6.1. Espécies arbóreas por grupos funcionais de acordo com a densidade da madeira do tronco (madeira leve, média e pesada), selecionadas para a realização do estudo na floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil. Siglas: DR: densidade relativa; FR: frequência relativa; DoR: dominância relativa; VI: valor de importância; Rank: ranking do VI; Ampl.: amplitude diamétrica dos indivíduos; IC: intervalo de classe diamétrica; NC: número de classes diamétricas; Ni: número de indivíduos amostrados; D: densidade da madeira.

Espécie	Família	Parâmetros fitossociológicos					Intervalo de Classe			Ni	D (g.cm ⁻³)
		DR	FR	DoR	VI	Rank	Ampl. (cm)	IC (cm)	NC		
Madeira leve											
<i>Cavanillesia arborea</i> (Willd.) K. Schum.	Malvaceae	0,8	1,6	19,4	21,8	5 ^a	5,0 a 180,0	30,0	6	23	0,09 a 0,15 ^{a,*}
<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B.Gillet	Burseraceae	1,7	2,7	3,4	7,8	12 ^a	5,0 a 40,0	5,0	5	30	0,23 a 0,41 ^{a,*}
Madeira média											
<i>Acacia tenuifolia</i> (L.) Willd.	Fabaceae	13,4	7,0	3,3	23,7	4 ^a	4,0 a 22,0	3,0	6	30	0,57 a 0,75 ^{a,b,*}
<i>Dilodendron bipinnatum</i> Radlk.	Sapindaceae	16,6	8,2	12,3	37,1	1 ^a	4,0 a 36,0	4,0	5	29	0,52 a 0,65 ^{b,c,*}
Madeira pesada											
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Fr. Allem.	Anacardiaceae	9,2	8,6	8,2	26,0	3 ^a	5,0 a 30,0	5,0	5	30	0,89 a 1,21 ^{a,d,*}
<i>Tabebuia impetiginosa</i> (Mart. ex DC.) Standl.	Bignoniaceae	5,3	5,9	8,1	19,3	6 ^a	5,0 a 40,0	5,0	5	29	0,91 a 1,08 ^{a,d}

^aPaula & Alves (2007); ^bChave *et al.* (2006); ^cPaula (1979); ^dMainieri & Chimelo (1989). *Amostras de madeira do tronco que foram determinadas no presente estudo [razão entre peso seco (105°C) e o volume saturado].

6.2.8. Análises estatísticas

Para caracterizar as tendências de crescimento mensal dos indivíduos de cada espécie, foram elaborados gráficos *Box plot* mostrando os valores medianos, quartis (superior e inferior) e *outliers* do incremento corrente mensal em circunferência (Loethsch & Haller 1973), dado pelo valor real registrado pelo paquímetro digital (em mm) nas medidas seqüenciais dos dendrômetros.

Para analisar as diferenças nos incrementos correntes mensais de cada espécie, foram aplicados testes não-paramétricos de Kolmogorov-Smirnov (K-S), apropriado para testar a diferença entre dois conjuntos de dados contínuos que possuem distribuições não-normais (Hammer et al. 2008). O teste foi escolhido após análises preliminares dos dados de incremento corrente mensal das espécies através do teste de normalidade de Shapiro-Wilk e do cálculo dos coeficientes de variação, que detectaram a não normalidade ($P < 0,05$ em todos os casos) e uma grande variabilidade nos dados (altos CVs, vide Tabela 6.1), o que leva a não detecção de diferenças por análises de variância, mesmo quando aplicados análises não paramétricas (ex. Kruskal-Wallis), devido à heterogeneidade de variâncias (Zar 1999).

Para avaliar a influência da sazonalidade nos padrões de crescimento e fenologia das espécies, foram aplicadas correlações de *Spearman* (r_s), pois este coeficiente não é sensível a assimetrias na distribuição e nem à presença de *outliers*, não exigindo que os dados tenham distribuição normal (Legendre & Legendre 1998). Foram testadas as seguintes relações: (a) pluviosidade mensal e incremento acumulado mensal, e (b) pluviosidade mensal e eventos fenológicos (foliação, floração e frutificação) mensais. Os dados de fenologia foram mantidos com seus valores percentuais (quantitativos) brutos, como forma de padronização. Julgou-se seguro sua utilização visto que os dados foram coletados pelas mesmas pessoas ao longo das observações.

Para analisar a influência do porte (diâmetro) nos crescimentos mensais das espécies foram testadas as relações entre os incrementos acumulados mensais e as classes de diâmetro de seus indivíduos, através de correlações lineares de Pearson (r). Esta análise foi aplicada considerando o auge dos meses secos (set/07 e ago/08) e dos meses chuvosos (mar/08 e abr/08), determinados a partir da análise da pluviosidade e dos padrões de crescimento no intervalo analisado (vide Figuras 6.1 e 6.3). Todas as análises foram desenvolvidas através do ‘*software*’ PAST versão 1.81 (Hammer et al. 2001).

6.3. RESULTADOS

6.3.1. Pluviosidade

A pluviosidade registrada durante o período estudado de abril de 2007 a novembro de 2008, em comparação com a normal climatológica regional (1970 a 2008), consta na Figura 6.1. O ano de 2007 apresentou uma estação seca mais severa em relação à normal climatológica, com maior número de meses sem chuvas (seis meses – abril a setembro). Setembro representou o último mês (auge) da estação seca de 2007, cuja retomada da pluviosidade ocorreu em outubro. O ano de 2007 apresentou também uma estação chuvosa atípica, com valores abaixo ou no limite mínimo inferior da média da normal climatológica. O mês de novembro foi atípico pela ocorrência de um veranico (período irregular de diminuição da pluviosidade), cujos valores corresponderam a apenas 11% da média registrada para o mês na normal climatológica. O ano de 2008 também apresentou uma estação chuvosa com valores dos meses de janeiro a abril abaixo ou próximos ao limite inferior da média da normal climatológica. Abril foi o último mês da estação chuvosa onde ocorreu índice pluviométrico equivalente a 100 mm. O ano de 2008 não apresentou seca pronunciada, com número de meses secos (três meses – junho a agosto), estando de acordo com o registrado na normal climatológica. O mês de novembro foi atípico, com pluviosidade excedendo o valor da normal climatológica. De maneira geral estes resultados mostram grande variação em termos pluviométricos na área de estudo.

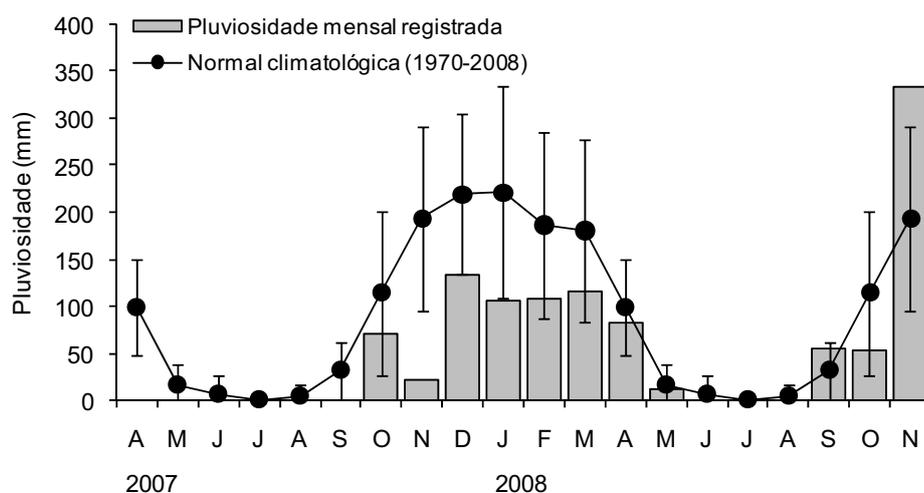


Figura 6.1. Pluviosidade mensal registrada no intervalo de estudo (2007 e 2008) na floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil. A normal climatológica refere-se à média (\pm desvio padrão) da pluviosidade mensal de 1970 a 2008 na estação pluviométrica da Fazenda Ingazeiro, município de São Domingos, GO, distante cerca de 50 km (em linha reta) da área de estudo (ANA 2008).

6.3.2. Fenologia

O diagrama com os padrões fenológicos das espécies consta na Figura 6.2. De maneira geral, todas as espécies apresentaram eventos fenológicos significativamente relacionados com a estacionalidade (r_s , $P < 0,05$; Tabela 6.2), com predominância de cobertura foliar nos meses chuvosos e de floração e frutificação nos meses secos. Todas as espécies apresentaram um período de total perda foliar durante as estações secas, principalmente entre os meses de agosto e setembro (Figura 6.2).

Espécies do grupo funcional de madeira leve (*Cavanillesia arborea* e *Commiphora leptophlebos*) apresentaram tendências fenológicas similares, com os menores períodos de cobertura foliar, limitando-se aos meses chuvosos do intervalo, sendo observado um início de produção foliar paralelamente ao início das chuvas, um pico de cobertura foliar logo após os dois primeiros meses de chuva, e uma abrupta abscisão foliar ao final do último mês chuvoso (Figura 6.2). A produção de flores e frutos destas espécies ocorreu predominantemente nos meses secos, com exceção de *C. leptophlebos*, cuja produção de frutos iniciou na seca estendendo-se nos meses chuvosos (Figura 6.2).

Espécies do grupo funcional de madeira pesada (*Myracrodruon urundeuva* e *Tabebuia impetiginosa*) também apresentaram tendências fenológicas similares, com cobertura foliar vinculada aos meses chuvosos, com um pico de cobertura foliar logo após os dois primeiros meses de chuva (Figura 6.2). Porém, diferentemente das espécies de madeira leve que descartam suas folhas abruptamente após o último mês de chuva, a abscisão foliar ocorreu de forma mais gradual, estendendo-se ao longo dos primeiros meses de seca (Figura 6.2). Assim como observado para as espécies do grupo de madeira leve, a produção de flores e frutos destas espécies ocorreu predominantemente nos meses secos, não sendo detectada a ocorrência de eventos de floração e frutificação para *T. impetiginosa* (Figura 6.2).

Espécies do grupo funcional de madeira média (*Dilodendron bipinnatum* e *Acacia tenuifolia*) também apresentaram tendências fenológicas próximas, e foram as que apresentaram os maiores intervalos com cobertura foliar, capazes de manter parte de sua cobertura foliar ao longo das estações secas, limitando-se a um ou dois meses, no máximo, de completa deciduidade (Figura 6.2). Assim como observado para as espécies dos demais grupos, a produção de flores e frutos também ocorreu predominantemente nos meses secos, embora estas espécies tenham sido capazes de prolongar a cobertura de frutos até os primeiros dois meses chuvosos (Figura 6.2).

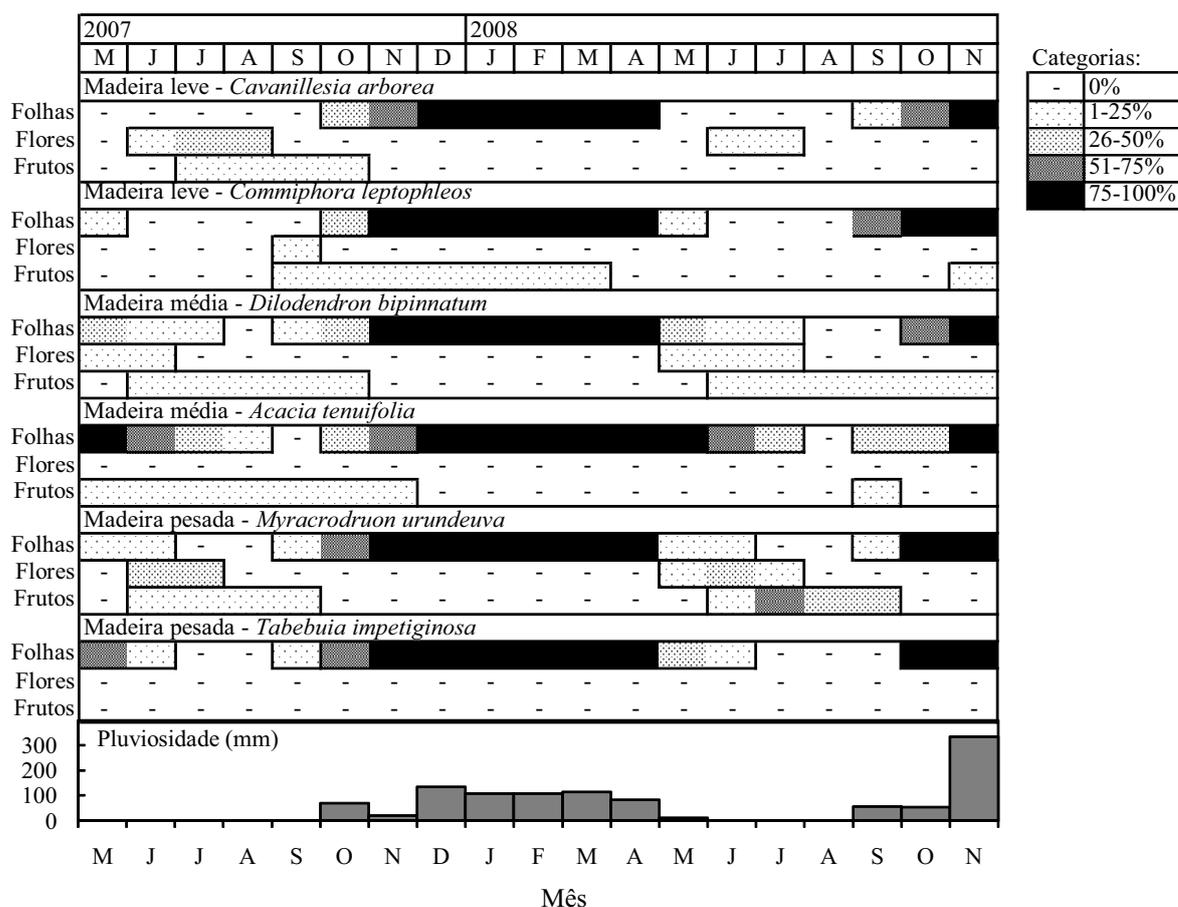


Figura 6.2. Padrões fenológicos mensais das espécies dos três grupos funcionais (madeira leve, média e pesada) ao longo do intervalo analisado (maio/2007 a novembro/2008). As categorias referem-se à porcentagem do total da copa do conjunto dos indivíduos coberta pelos eventos (folhas, flores ou frutos).

Tabela 6.2. Coeficientes de correlação de *Spearman* (r_s) entre a pluviosidade mensal e os valores de incremento acumulado mensal e entre a pluviosidade mensal e os eventos mensais de fenologia (foliação, floração e frutificação) mensais para as espécies ao longo do intervalo analisado (mai/07 a nov/08). Os asteriscos indicam correlações significativas em nível de probabilidade de 99% (*) e 95% (**). Os traços (-) indicam ausência do evento fenológico.

Grupo funcional / espécie	Crescimento		Fenologia	
	Incremento	Foliar	Floração	Frutificação
Madeira Leve				
<i>Cavanillesia arborea</i>	0,05**	0,327*	-0,185*	-0,117*
<i>Commiphora leptophloeos</i>	0,08**	0,583*	-	0,220*
Madeira média				
<i>Dilodendron bipinnatum</i>	0,115*	0,512*	-0,171*	-0,158*
<i>Acacia tenuifolia</i>	0,416*	0,314*	-	-0,188
Madeira pesada				
<i>Myracruodruon urundeuva</i>	0,333*	0,638*	-0,163*	-0,181*
<i>Tabebuia impetiginosa</i>	0,619*	0,582*	-	-

6.3.3. Crescimento

Todas as espécies apresentaram grande variação em termos de crescimento mensal, sendo observadas grandes amplitudes indicadas pelos elevados quartis superiores e inferiores, desvios padrão e *outliers* das medidas de incremento corrente mensal (Figura 6.3). Os coeficientes de variação dos incrementos correntes mensais foram elevados para todas as espécies ao longo de todos os meses (Tabela 6.3). Foi observada uma tendência de aumento na variação dos incrementos no decorrer do período estudado, principalmente após a metade do intervalo analisado, a partir dos meses chuvosos de janeiro e fevereiro de 2008, onde todas as espécies apresentaram maiores variações (Figura 6.3; Tabela 6.3). Estes resultados indicam a influência da sazonalidade nas diferenciações intra-específicas no crescimento arbóreo.

Tabela 6.3. Coeficientes de variação (%) para as medidas de incremento corrente mensal das espécies arbóreas analisadas na floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, nordeste de Goiás, Brasil Central.

Mês	<i>C. arborea</i>	<i>C. leptophloeos</i>	<i>D. bipinnatum</i>	<i>A. tenuifolia</i>	<i>M. urundeuva</i>	<i>T. impetiginosa</i>
mai/07	107,9	334,9	270,5	94,3	199,3	38,0
jun/07	211,8	80,8	256,4	54,1	54,9	48,5
jul/07	393,4	77,0	150,5	43,4	50,4	43,1
ago/07	332,6	82,7	195,9	42,2	50,5	40,9
set/07	2101,1	85,4	238,9	40,8	52,4	41,2
out/07	413,2	64,0	244,7	41,5	57,2	57,2
nov/07	232,1	38,2	64,9	37,3	35,2	31,8
dez/07	1140,3	93,7	248,4	115,2	92,2	86,5
jan/08	615,7	134,0	319,2	163,0	108,0	96,6
fev/08	273,5	587,0	2145,8	4012,8	1038,8	433,6
mar/08	152,9	419,8	346,1	306,1	185,3	519,6
abr/08	143,9	541,6	282,3	251,0	311,4	1736,6
mai/08	158,9	1174,5	746,9	310,7	262,2	55,2
jun/08	159,4	1002,0	831,5	261,1	211,7	54,4
jul/08	223,6	1030,7	681,2	206,9	162,7	51,5
ago/08	176,5	1374,3	619,1	170,9	140,8	51,7
set/08	183,3	637,4	986,5	798,4	161,2	76,3
out/08	160,2	925,7	1515,3	1039,2	133,5	78,2
nov/08	126,3	200,6	290,1	225,9	240,4	454,4

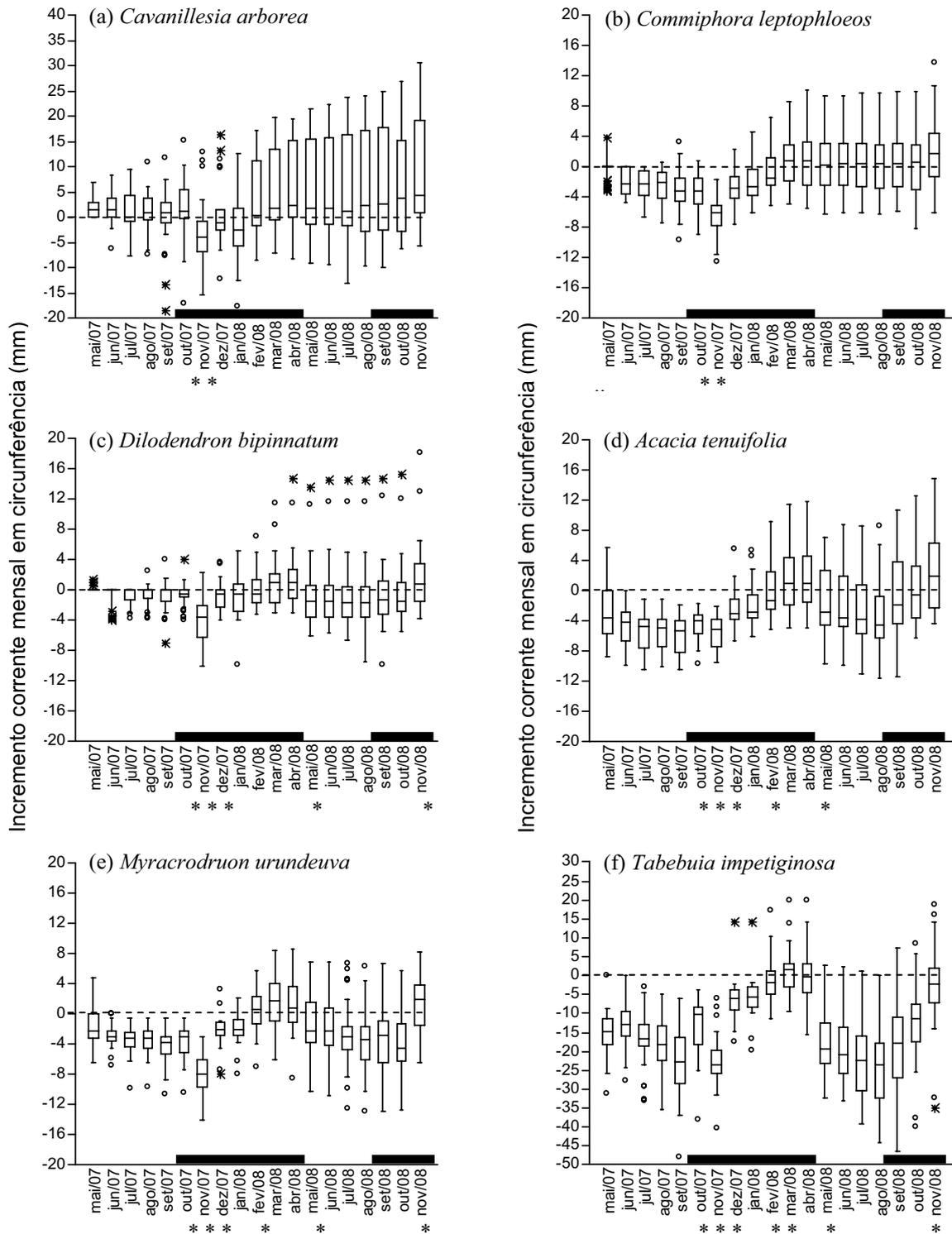


Figura 6.3. *Box-plot* com os incrementos correntes mensais das seis espécies estudadas na floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, nordeste de Goiás, Brasil Central. Medianas, quartis superiores e inferiores e *outliers* são apresentados. As barras escuras inferiores indicam os meses chuvosos. Os asteriscos abaixo dos meses indicam diferenças significativas no crescimento corrente entre o mês presente e o anterior pelo teste de K-S ($P < 0,05$). Grupos funcionais: madeira leve (*C. arborea* e *C. leptophloeos*), madeira média (*D. bipinnatum* e *A. tenuifolia*), madeira pesada (*M. urundeuva* e *T. impetiginosa*).

As análises de crescimento mensal das espécies, através dos gráficos *Box-plot*, testes de Kolmogorov-Smirnov (Figura 6.3) e das correlações com a pluviosidade (Tabela 6.2), demonstram que, embora tenham ocorrido grandes variações intra-específicas, houve uma tendência de comportamento similar quanto aos ritmos de crescimento entre as espécies de um mesmo grupo funcional.

As espécies do grupo funcional de madeira leve *Cavanillesia arborea* e *Commiphora leptophloeos* apresentaram incrementos correntes mais constantes, cujas alterações significativas em termos de decréscimo no incremento ocorreram apenas nos meses de novembro e dezembro de 2007 (testes de K-S, Figura 6.3 a,b), período em que houve um veranico (Figura 6.1). Estas espécies apresentaram correlações positivas e significativas entre incremento corrente e pluviosidade, no entanto, de forma mais fraca do que observado para as espécies dos demais grupos funcionais (Tabela 6.2), pelo fato de terem apresentado menores decréscimos radiais, ou estagnação em grande parte dos meses secos (Figura 6.3 a,b). Períodos de decréscimo e estagnação coincidiram com os meses em que seus indivíduos apresentaram deciduidade foliar (Figura 6.2). As principais diferenças observadas quanto aos ritmos de crescimento entre estas duas espécies foi o maior decréscimo sofrido pelos indivíduos de *C. leptophloeos* ao longo dos meses da estação seca de 2007 (Figura 6.3 b), ao passo que *C. arborea* permaneceu com a maioria dos indivíduos sem decréscimos, apresentando os maiores crescimentos acumulados em relação às demais espécies (Figura 6.3 a).

As espécies do grupo funcional de madeira pesada *Myracrodruon urundeuva* e *Tabebuia impetiginosa* foram as que apresentaram os maiores decréscimos radiais ao longo de grande parte dos meses do intervalo (Figura 6.3 e,f). Incrementos positivos, onde a maioria dos indivíduos esteve acima de zero, foram observados apenas nos meses chuvosos, período em que os indivíduos apresentaram plena cobertura foliar (Figura 6.2). Incrementos positivos ocorreram de forma mais pronunciada para *M. urundeuva*, durante os meses de fevereiro, março, abril e novembro de 2008 (Figura 6.3e). *T. impetiginosa* apresentou incremento positivo apenas no mês de março de 2008, sendo observado um grande decréscimo radial nos demais meses em comparação com as outras espécies (Figura 6.3f). Testes de K-S mostraram tendências de crescimento similares, com alterações significativas no crescimento na transição entre os meses de seca e chuva (out/2007, maio/2008 e nov/2008; Figura 6.3 e,f), indicando que estas espécies apresentam uma resposta mais rápida em termos de decréscimo e acréscimo radial em relação à diminuição ou aumento da pluviosidade. As correlações com a pluviosidade foram mais fortes e significativas para estas duas espécies em relação às espécies de madeira leve (Tabela 6.2), por

apresentarem comportamento de decréscimo radial nos meses secos e retomada de acréscimo radial nos meses chuvosos (Figura 6.3 e,f).

As espécies do grupo funcional de madeira média *Dilodendron bipinnatum* e *Acacia tenuifolia* apresentaram tendências de crescimento mais próximas às do grupo de madeira pesada (Figuras 6.3 e,f), com maiores decréscimos radiais na seca (Figura 6.3d), e com alterações significativas no crescimento na transição entre os meses de seca e chuva (out/2007, maio/2008 e nov/2008; testes K-S, Figura 6.3 c,d). Esta tendência foi mais forte para *Acacia tenuifolia*, que apresentou decréscimos radiais mais pronunciados na seca (Figura 6.3d), e correlação mais forte com a pluviosidade (Tabela 6.2). Seu comportamento foi muito próximo ao observado para a espécie de madeira pesada *M. urundeuva* (Figura 6.3e).

Para as espécies do grupo funcional de madeira pesada *M. urundeuva* e *T. impetiginosa* o porte dos indivíduos (segundo classes de diâmetro) foi significativamente correlacionado, de forma negativa, com o incremento corrente ao final das duas estações secas (set/2007 e ago/2008; Tabela 6.4), indicando que árvores maiores decrescem mais ao final da seca. Isto também foi observado para a espécie do grupo funcional de madeira média *A. tenuifolia*, entretanto, somente na estação seca mais severa de 2007 (Tabela 6.4), podendo ser um indício de efeitos da seca em seu crescimento. As demais espécies não apresentaram correlações significativas entre porte e crescimento tanto nos períodos de seca quanto de chuva (Tabela 6.4).

Tabela 6.4. Coeficientes de correlação linear de *Pearson* (r) entre o incremento relativo acumulado por classes de diâmetro para as espécies estudadas, no auge das estações secas (set/2007 e ago/2008) e chuvosa (mar/2008 e abr/2008) no intervalo analisado. Os asteriscos indicam correlações significativas em nível de probabilidade de 99% (*) e 95% (**).

Grupo funcional / espécie	Seca	Chuva	Chuva	Seca
	Setembro/2007	Março/2008	Abril/2008	Agosto/2008
Madeira leve				
<i>Cavanillesia arborea</i>	-0,248	-0,240	-0,286	-0,281
<i>Commiphora leptophloeos</i>	-0,201	-0,168	-0,217	-0,175
Madeira média				
<i>Dilodendron bipinnatum</i>	-0,02	0,145	0,191	-0,05
<i>Acacia tenuifolia</i>	-0,566*	0,269	0,237	-0,125
Madeira pesada				
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	-0,537*	-0,161	-0,287	-0,601*
<i>Tabebuia impetiginosa</i>	-0,778*	-0,123	-0,207	-0,722*

6.4. DISCUSSÃO

As análises mostraram que as espécies pertencentes aos mesmos grupos funcionais quanto à densidade de madeira tenderam a apresentar ritmos mensais de crescimento e eventos fenológicos similares, influenciados pela estacionalidade na pluviosidade, porém com pequenas diferenciações devido à grande variabilidade intra-específica no crescimento. Foram observadas diferenças nos ritmos de crescimento entre espécies pertencentes a grupos funcionais distintos, principalmente entre as espécies de madeira leve em relação às demais, que em conjunto corroboram a hipótese inicial de que espécies de grupos funcionais distintos apresentariam ritmos de crescimento distintos e condicionados pela estacionalidade.

A grande variabilidade intra-específica registrada nos incrementos mensais está de acordo com a característica freqüentemente encontrada em florestas tropicais (Swaine et al. 1987; Felfili et al. 1995a; Clark & Clark 1999; Baker et al. 2003; Brienen et al. 2006; King et al. 2005, 2006; Chao et al. 2008), como consequência da elevada heterogeneidade genética e ambiental intrínseca a estes ambientes (Hubbell et al. 1999). Felfili (1995b) comenta que cada árvore possui características genéticas próprias e está estabelecida sob condições ambientais únicas ao longo da floresta, e mesmo espécies com indivíduos de tamanhos semelhantes e sob condições climáticas semelhantes podem variar consideravelmente em termos de crescimento, principalmente devido às diferenças na intensidade de competição por recursos (ex. luz, nutrientes, água) em seus micro-sítios. A tendência de aumento da variabilidade na segunda metade do intervalo analisado, durante a estação chuvosa, aparenta estar relacionada à resposta do crescimento em presença da água. Baker et al. (2002) e Lopez-Ayala et al. (2006) analisando o crescimento mensal de algumas espécies decíduas em florestas estacionais também detectaram uma maior variabilidade nos meses chuvosos, e associaram a uma maior variabilidade em termos de volume do tronco intumescido entre os indivíduos. Assim como encontrado no presente estudo, Baker et al. (2002) também observaram que a variabilidade no crescimento de algumas espécies foi menor durante os meses onde ocorreu uma seca mais prolongada (El Niño de 1998), e associaram este comportamento ao fato dos tecidos celulares dos troncos atingirem capacidades mínimas de saturação hídrica, que conduzem a uma menor variabilidade em termos de volume do tronco entre os indivíduos.

A análise do comportamento de crescimento mensal entre as espécies dos grupos funcionais mostrou claramente as tendências de distinção de crescimento sugeridas por Borchert (1994a) para espécies decíduas das florestas estacionais tropicais. Conforme esperado, as

espécies do grupo funcional de madeira leve (*Cavanillesia arborea* e *Commiphora leptophloeos*) apresentaram incrementos mensais mais constantes, com menores decréscimos radiais, ou estagnação, em grande parte dos meses secos, devido a maior capacidade de armazenamento de água em seus tecidos fibrosos do tronco. Segundo Larcher (2000), as mudanças sazonais nos ritmos de crescimento radial em ambientes estacionais são conseqüências diretas da variação do teor de água dos tecidos do tronco, como o floema, câmbio e parênquima, e como as espécies de madeira leve investem mais na produção de tecido fibroso (parenquimal aquífero), possuem maior capacidade de estocar água no período chuvoso, e assim utilizá-la tanto para manutenção dos tecidos do tronco, quanto em eventos essenciais que ocorrem durante a seca, como floração e frutificação, explicando sua baixa perda de água na seca. Espécies acumuladoras de água são capazes de manter um controle osmorregulatório ao descartar massivamente suas folhas antes das demais, para evitar a perda da água acumulada por evapotranspiração (Reich & Borchert 1984; Borchert & Rivera 2001; Singh & Kushwaha 2005). Foi observado que *C. arborea*, espécie de menor densidade de madeira (0,09 a 0,15 g.cm⁻³; vide Tabela 6.1), foi a única capaz de não sofrer decréscimos radiais ao longo do ano mais seco de 2007, ao passo que *C. leptophloeos*, com densidade de madeira um pouco mais elevada (0,19 a 0,41 g.cm⁻³), apresentou decréscimos radiais durante a seca de 2007. Estes resultados mostram que mesmo as espécies de um mesmo grupo funcional podem apresentar tênues diferenças diretamente relacionadas à densidade de madeira, e para a floresta estudada, estes resultados sugerem que quanto menor a densidade da madeira, maior a capacidade de acumular água e conseqüentemente de tolerar a seca.

Aparentemente, as duas estratégias funcionais de investimento ou em tecidos de menor densidade para acúmulo de água, ou de maior densidade para maior resistência para tolerar a seca, são os principais determinantes no crescimento das espécies nesta fitofisionomia, visto que as espécies de densidade de madeira média, cujos ritmos eram desconhecidos, apresentaram ritmos de crescimento tendendo aos encontrados para as espécies de madeira pesada. Embora os padrões de crescimento sazonal das espécies de densidade de madeira média ainda sejam pouco esclarecidos na literatura, conforme salientado por Borchert (1994a), a tendência encontrada para estas espécies concorda com alguns estudos de crescimento mensal desenvolvidos em florestas estacionais semidecíduais tropicais (Reich & Borchert 1984; Borchert 1994 a,b; Worbes 1999; Prior et al. 2004a; Lopez-Ayala et al 2006). Alguns autores (Reich et al. 2003; Wright et al. 2007; Goldstein et al. 2008) salientam que padrões de comportamento intermediário são encontrados para outros tratos funcionais, como fenologia (folhas, frutos e sementes), não

existindo, ao que parece, diferenças bruscas entre os grupos funcionais, mas sim, uma mudança gradativa dada pela sobreposição dos mesmos.

Apesar de toda diferenciação observada quanto aos ritmos sazonais de crescimento das espécies e grupos funcionais, foi observado que durante determinados meses ao final da estação chuvosa, todas as espécies, incluindo as de madeira pesada com grandes decréscimos na seca, apresentaram a maioria dos indivíduos com incremento radial positivo, acima de zero. Ou seja, apesar de adotarem diferentes estratégias de tolerância a seca, são capazes de superar o estresse hídrico e se desenvolver durante determinado intervalo do ano. Isto demonstra que as espécies apresentam mecanismos fisiológicos eficientes na alocação e conversão de água em tecidos caulinares na presença da água (chuva), muito provavelmente relacionado a uma maior capacidade fotossintética, na medida em que seu dossel encontra-se coberto e suas folhas amadurecidas. Borchert (1994a) estudando o crescimento de algumas espécies decíduas em uma floresta semidecidual na Costa Rica observou que espécies do grupo funcional de madeira pesada possuíam maior capacidade fotossintética que as demais, o que levava a uma rápida retomada de crescimento após o início das chuvas. Prior et al. (2004 a,b) estudando o crescimento de espécies dos grupos funcionais de madeira média e pesada em duas fitofisionomias estacionais na Austrália encontraram uma relação positiva entre crescimento e capacidade fotossintética para espécies de madeira pesada, dada pela maior área foliar específica, indicando que as espécies crescem mais por investirem mais em área foliar e, conseqüentemente, por fazerem mais fotossíntese. Rossatto et al. (2009) encontraram relações significativas entre incremento do tronco e área foliar específica para algumas espécies congênicas de mata de galeria e cerrado *sensu stricto*, mostrando que as espécies de mata de galeria crescem mais devido a uma maior produtividade foliar e capacidade fotossintética na estação chuvosa. Também em cerrado *sensu stricto*, Franco et al. (2005) e Goldstein et al. (2008) encontraram maior taxa fotossintética para algumas espécies arbóreas decíduas, com menor número de folhas, resultando em uma elevada produtividade em relação a outras espécies sempre-verdes. Ou seja, existe uma relação custo-benefício (*trade-off*) entre fotossíntese, longevidade e densidade de madeira, o que leva a maior ou menor produtividade (crescimento). Desta forma, o crescimento das espécies arbóreas em uma floresta não ocorre somente em função da densidade da madeira *per se*, mas como resultado de adaptações fisiológicas, especialmente pela capacidade fotossintética, que convergem na eficiência na alocação dos recursos para crescimento (Larcher 2000).

O comportamento geral de crescimento observado, com suspensão do crescimento durante a seca, ocorrendo tanto estagnação quanto decréscimo radial, seguido de uma retomada

no incremento em resposta à chuva está de acordo com os encontrados em diversas florestas estacionais tropicais (Reich & Borchert 1984; Borchert 1994 a,b; 1999; Worbes 1999; Baker et al. 2002; Prior et al. 2004a; López-Ayala et al. 2006). Mas em relação às fitofisionomias do Cerrado foram observadas algumas diferenças. Rossato et al. (2009) analisaram o crescimento e a fenologia de espécies arbóreas em cerrado *sensu stricto* e mata de galeria e observou que espécies de cerrado *sensu stricto* também apresentam reduções nos ritmos de crescimento ao longo dos meses secos, mas com poucas espécies apresentando decréscimos radiais. Espécies de mata de galeria, por sua vez, apresentam um crescimento contínuo ao longo do período, que diminui em intensidade nos meses secos, mas de forma mais tênue e sem provocar decréscimo ou estagnação radial. Ou seja, dentre as fitofisionomias estudadas até o momento no Cerrado, a floresta decidual sobre afloramentos calcários foi a que apresentou de forma mais pronunciada a influência da sazonalidade, refletida em fortes decréscimos radiais na seca na maior parte das espécies arbóreas estudadas. Esta diferença em relação às demais fitofisionomias pode ser atribuída às relações entre o incremento do tronco e a cobertura foliar, potencial hídrico e profundidade do solo, visto que as espécies de mata de galeria e cerrado, de maneira geral, tendem a manter grande parte de sua cobertura foliar nos meses secos (Franco et al. 2005; Lenza & Klink 2006; Rossato et al. 2009), onde os solos são mais profundos (cerrado *sensu stricto*; Haridasan 2000) ou possuem maior saturação hídrica (mata de galeria; Felfili 1995 a,b), permitindo maior absorção de água pelas raízes e conseqüentemente maior crescimento. Cabe ressaltar que esta discussão gira em torno de crescimento radial, que constitui uma das principais, mas não a única, forma de crescimento da planta, podendo ser o caso de alguns indivíduos estarem investindo no desenvolvimento de outras partes, como raízes ou ramos, conforme encontrado por Rossato (2008) para espécies de mata de galeria e por Rossatto & Franco (2008) para espécies de cerrado *sensu stricto*.

O grande decréscimo radial dos indivíduos maiores das espécies *M. urundeuva*, *T. impetiginosa* e *A. tenuifolia* ao final das estações secas é consistente com a tendência observada por Baker et al. (2002) em uma floresta estacional semidecidual na África, de que árvores maiores apresentam maiores déficits hídricos durante períodos de seca, devido a uma maior demanda de evapotranspiração que excede a capacidade do sistema radicular de captar água. Esta demanda evapotranspiracional tende a ser acentuada visto que estas espécies permanecem com folhas ao longo de alguns meses de seca. Para *M. urundeuva* e *T. impetiginosa* este comportamento foi ocorrente nas duas estações secas, mostrando ser uma tendência das espécies. Comportamentos semelhantes para espécies decíduas de madeira pesada foram observadas por Reich & Borchert (1984), Borchert (1994 a,b) e Bakert et al. (2002) em outras florestas

estacionais tropicais. No entanto, para *A. tenuifolia* este comportamento ocorreu somente na estação seca mais severa do ano de 2007, não se repetindo em 2008, mostrando que seus indivíduos maiores podem ser mais susceptíveis a períodos de secas prolongadas. Há de se considerar o caráter pioneiro e de baixa longevidade desta espécie (vide capítulo 3), o que aumenta o risco de mortes nas maiores classes diamétricas. Condit et al. (2005) encontraram uma maior mortalidade de espécies pioneiras nas maiores classes diamétricas após período de seca prolongada em uma floresta tropical úmida no Panamá. Por outro lado, o fato de nenhuma das espécies ter apresentado incrementos relacionados com as classes diamétricas pode estar vinculado ao caráter mais aberto desta floresta, que apresenta grande abertura de dossel, mesmo durante as estações chuvosas (abertura de dossel > 50%; Nascimento et al. 2007), o que tende a proporcionar uma maior penetração luminosa e um maior crescimento dos indivíduos de menores portes, resultando em um maior equilíbrio entre o crescimento de árvores de diferentes portes.

Um importante fenômeno observado durante o intervalo de estudo foi a ocorrência de um veranico (período irregular de diminuição da pluviosidade) logo após o início da estação chuvosa no mês de novembro de 2007. Este veranico provocou uma acentuada e significativa mudança no incremento de todas as espécies, inclusive da espécie de madeira leve *C. arborea*, sendo este o único período em que a espécie apresentou decréscimo radial. Conforme discutido anteriormente, estas espécies possuem diferentes estratégias adaptativas que conferem tolerância a seca, e um processo de estiagem em pleno período de desenvolvimento pode acarretar em danos à sua estrutura celular e processos fisiológicos, e até levar a morte em curto e longo prazo, conforme observado em diversos estudos em florestas tropicais (Condit et al. 1995; Nakagawa et al. 2000; Williamson et al. 2000; Harrison 2001; Potts 2003). Isto poderia levar a uma progressiva alteração florística e estrutural da comunidade. Projeções climáticas baseadas em modelos desenvolvidos pelo IPCC (Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas) e INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) indicam que um dos principais impactos ocorridos pelas mudanças climáticas globais na região Centro-Oeste será um aumento na frequência de intervalos com grande concentração de chuvas em períodos curtos de tempo entremeados por longos períodos de dias secos ou veranicos (Marengo 2007). Conforme observado nas análises, as espécies apresentam diferentes estratégias de adaptação a seca, que refletem em seus ritmos de crescimento, e, conseqüentemente, na sua longevidade no ambiente, e o aumento na frequência destes eventos climáticos poderá levar a uma progressiva alteração florística-estrutural da comunidade. Isto ressalta a importância de estudos como o aqui desenvolvido para monitorar os possíveis impactos das mudanças climáticas na estrutura das vegetações do Cerrado.

6.5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos corroboram a hipótese de que espécies de grupos funcionais distintos conforme a densidade de madeira (leve, média e pesada) apresentariam ritmos de crescimento distintos e condicionados pela estacionalidade. Espécies pertencentes aos mesmos grupos funcionais tenderam a apresentar ritmos mensais de crescimento e eventos fenológicos similares, influenciados pela estacionalidade na pluviosidade, porém com pequenas diferenciações devido à grande variabilidade intra-específica no crescimento. Diferenciações entre os grupos ocorreram principalmente entre as espécies de madeira leve em relação às demais, pelo fato destas terem apresentado menores decréscimos radiais, ou mesmo estagnação, na seca, e menor incremento na chuva, ao passo que as demais apresentaram maior decréscimo radial na seca, porém um maior incremento radial na chuva. Foi observada uma tendência de que quanto menor a densidade da madeira, maior a capacidade de acumular água e conseqüentemente de dessecar menos na seca. Os resultados mostram que as espécies apresentam diferentes estratégias ecofisiológicas para lidar com o período de déficit hídrico sazonal, expressos em sua capacidade de crescimento.

CONCLUSÕES GERAIS

A floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários apresenta uma dinâmica intensa. As taxas de mortalidade ($2,77 \text{ \%}\cdot\text{ano}^{-1}$) e recrutamento ($4,43 \text{ \%}\cdot\text{ano}^{-1}$) registradas estão dentre as mais elevadas em relação a outras florestas tropicais úmidas, florestas estacionais semidecíduais e florestas estacionais decíduais, cujos maiores valores giram em torno de $4,0\% \cdot \text{ano}^{-1}$. As elevadas taxas e o forte balanço em favor do recrutamento resultaram em uma das mais baixas rotatividades (20,3 anos) dentre as florestas comparadas, demonstrando tratar-se de uma das florestas tropicais mais dinâmicas estudadas até o momento.

A dinâmica da floresta foi fortemente influenciada pelas espécies de comportamento pioneiro *Acacia tenuifolia* e *Combretum duar-teanum*, não sendo detectadas evidências de que o sucesso destas espécies esteja vinculado a distúrbios antrópicos, visto que são elementos comuns em outras florestas preservadas sobre afloramentos calcários na região. Também não foram detectadas evidências de que venham comprometendo a estrutura florística, visto que as principais espécies também apresentaram, em sua maioria, balanço favorável ao recrutamento. A continuação do monitoramento das parcelas permanentes permitirá responder se o grande aporte destas pioneiras não é um padrão momentâneo, e se isto não interferirá na dinâmica das demais populações e na capacidade da floresta em se manter floristicamente estável em longo prazo.

A dinâmica da floresta mostrou-se homogênea espacialmente, não sendo detectadas relações significativas entre a mortalidade e o recrutamento e os gradientes ambientais (condições edáficas e luz), processos que ocorreram de forma estocástica e sem dependência de densidade. Apenas o crescimento apresentou relação com gradientes rochosidade e abertura de dossel, que mostraram-se os fatores mais importantes nos processos dinâmicos da floresta. Este estudo mostra que mesmo em florestas estacionais, com maior abertura de dossel, a luz é um fator importante na dinâmica da vegetação

A análise da dinâmica por grupos funcionais (conforme densidade da madeira) mostrou tendências diferenciadas entre os grupos, indicando diferentes estratégias de sobrevivência no ambiente. O grupo de densidade de madeira média engloba espécies de pequeno porte, incluindo as pioneiras, e apresentou uma dinâmica muito mais intensa (maior crescimento, mortalidade e recrutamento, e menor longevidade) que os demais grupos, indicando que suas espécies vivem pouco, morrem rápido, mas recrutam abundantemente. Aparentemente, a dinâmica intensa das espécies deste grupo é favorecida pela maior disponibilidade de luz nesta floresta de dossel mais

aberto, permitindo um desenvolvimento acelerado nos estratos inferiores da floresta. Já os grupos de madeira leve e pesada apresentaram menores taxas de mortalidade e recrutamento, e um maior equilíbrio entre as taxas. O fato destes dois grupos apresentarem estratégias adaptativas que conferem maior tolerância a seca, seja pelo investimento em tecidos de reserva acumuladores de água (madeira leve), ou em tecidos que conferem maior resistência (madeira pesada), associada a um maior desenvolvimento de indivíduos de maiores portes, indica uma tendência de investimento em longevidade, resultando em um maior equilíbrio dinâmico. Aparentemente, estas estratégias de maior resistência e de maior crescimento quando em estágios mais avançados permitem superar a competição por recursos com as espécies de madeira leve, intensamente dinâmicas nos estratos inferiores da floresta.

Apesar da dinâmica intensa, a floresta não sofreu mudanças significativas na composição, riqueza, diversidade, e na estrutura fitossociológica foi confirmada. A comunidade e principais espécies mantiveram-se estruturalmente estáveis no intervalo, não resultando em diferenciações significativas pela análise de gradientes (DCA). As nove espécies de maior valor de importância foram responsáveis por mais de 70% do VI total em ambos os períodos, apresentaram um grande equilíbrio entre mortalidade e recrutamento, e mantiveram suas posições hierárquicas. Estas espécies mostraram-se as mais adaptadas ao ambiente, sendo encontradas dentre as de maior VI em outras florestas sobre afloramentos calcários na região, e poderiam ser utilizadas em programas de manejo e recomposição florestal.

Uma dinâmica intensa, mas que não comprometeu o equilíbrio florístico-estrutural, foi a tendência encontrada para a floresta em curto prazo. Essa tendência concorda com a diagnosticada para outras formações florestais no domínio do Cerrado, como florestas semidecíduais e matas de galeria, e aparenta ser um padrão típico de ambientes florestais que ocorrem na forma de fragmentos naturais no bioma. Estudos em de longo prazo em florestas estacionais tropicais vêm indicando que a dinâmica tende a se manter intensa, mas sem implicar em grandes mudanças florísticas e estruturais. A continuação do monitoramento das parcelas permanentes da floresta aqui analisada será importante para elucidar se a dinâmica intensa registrada também ocorrerá constantemente e sem mudanças florísticas em longo prazo, ou se não é apenas um evento cíclico associado às oscilações do clima fortemente estacional.

A análise comparativa entre os dendrômetros artesanais e os industriais mostrou que os dendrômetros artesanais possuem todos os benefícios (alta precisão e menor variação nas medidas de crescimento do tronco, menores custos e facilidade de manipulação e instalação) e nenhum dos problemas detectados (danos no tronco) para os dendrômetros industriais. Por tratar-

se de um aparelho preciso e com custos muito reduzidos em relação aos industriais importados, recomenda-se sua utilização em estudos de crescimento arbóreo no Brasil.

Espécies pertencentes aos diferentes grupos funcionais quanto à densidade de madeira apresentaram ritmos de crescimento diferenciados e relacionados com a variação sazonal da pluviosidade. Pequenas diferenças entre espécies do mesmo grupo funcional ocorreram devido à grande variabilidade intra-específica no crescimento, um padrão normal em florestas tropicais. Foram detectadas variações significativas nos ritmos de crescimento vinculado a uma seca mais prolongada (seis meses com pluviosidade < 50mm) e a um veranico (período irregular de diminuição da pluviosidade), ambos em 2007, evidenciando a forte influencia da sazonalidade no crescimento arbóreo.

As principais diferenciações nos ritmos de crescimento ocorreram entre as espécies do grupo funcional de madeira leve (*Cavanillesia arborea* e *Commiphora leptophloeos*) e as demais. Estas espécies são típicas acumuladoras de água e sofreram menor déficit hídrico na seca, devido aos incrementos radiais mais constantes e o menor decréscimo ou estagnação radial, coincidindo com o período de deciduidade foliar de seus indivíduos. Ao contrário, as espécies dos grupos funcionais de madeira pesada (*Myracrodruon urundeuva* e *Tabebuia impetiginosa*) e média (*Dilodendron bipinnatum* e *Acacia tenuifolia*) foram as que apresentaram os mais fortes e constantes decréscimos radiais ao longo dos meses secos do intervalo. De maneira geral, foi observada uma tendência de que quanto menor a densidade de madeira, maior a capacidade de estocar água e conseqüentemente de escapar da dissecação e decréscimo radial.

Um importante fenômeno observado foi a ocorrência de um veranico logo após o início da estação chuvosa de 2007, que provocou uma acentuada e significativa mudança no incremento de todas as espécies, inclusive da espécie de madeira leve *C. arborea*, sendo este o único período em que a espécie apresentou decréscimo radial. Considerando que estas espécies possuem diferentes estratégias adaptativas que conferem tolerância a seca, um processo de estiagem em pleno período de retomada de incremento poderá acarretar em danos à sua estrutura celular e processos fisiológicos, e até levar a morte, o que conduziria a uma progressiva alteração da comunidade em longo prazo. Projeções climáticas indicam que um dos principais impactos ocorridos pelas mudanças climáticas globais na região Centro-Oeste será o aumento na frequência de secas prolongadas associada a veranicos. Isto ressalta a importância de estudos como o aqui desenvolvido, para monitorar os possíveis impactos das mudanças climáticas na estrutura das vegetações do Cerrado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA. 2008. **HidroWeb, sistema de informações hidrológicas: série histórica de precipitação da bacia do rio Tocantins, 1969-2006**. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/> Acesso em 30/05/2008.
- Andrade-Lima, D. 1981. The caatinga dominium. **Revista Brasileira de Botânica** **4**: 149-153.
- APG. 2003. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. **Botanical Journal of the Linnean Society** **141**: 399-436.
- Appolinário, V.; Oliveira-Filho, A.T. & Guilherme, F.A.G. 2005. Tree population dynamics in a Brazilian tropical semideciduous forest. **Brazilian Journal of Botany** **28**: 347-360.
- Aquino, F.G.; Oliveira, M.C.; Schiavini, I. & Ribeiro, J.F. 1999. Dinâmica de população de *Anadenanthera macrocarpa* e *Acacia glomerosa* em mata seca semidecídua na estação ecológica do Panga (Uberlândia-MG). **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer** **4**: 90-102.
- Aquino, F.G.; Walter, B.M.T. & Ribeiro, J.F. 2007a. Woody community dynamics in two fragments of cerrado *sensu stricto* over a seven-year period (1995-2002), MA, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica** **30**: 111-119.
- Aquino, F.G.; Walter, B.M.T. & Ribeiro, J.F. 2007b. Dinâmica de populações de espécies lenhosas de cerrado, Balsas, Maranhão. **Revista Árvore** **31**: 793-803.
- Arriaga, L. 2000. Types and causes of tree mortality in a tropical montane cloud Forest of Tamaulipas, Mexico. **Journal of Tropical Ecology** **16**: 623-636.
- Baker, T.R.; Affum-Baffoe, K.; Burslem, D.F.R.P. & Swaine, M.D. 2002. Phenological differences in tree water use and the timing of tropical forest inventories: conclusions from patterns of dry season diameter change. **Forest Ecology and Management** **171**: 261-274.
- Baker, T.R.; Swaine, M.D. & Burslem, D.F.R.P. 2003. Variation in tropical forest growth rates: combined effects of functional group composition and resource availability. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics** **6**: 21-36.
- Baker, P.J.; Bunyavejchewin, S.; Oliver, C.D. & Ashton, P.S. 2005. Disturbance history and historical stand dynamics of a seasonal forest in western Thailand. **Ecological Monographs** **75**: 317-343.
- Baskin, J.M. & Baskin, C.C. 2000. Vegetation of limestone and dolomite glades in the ozarks and midwest regions of the Unites States. **Annals Missouri Botanical Garden** **87**: 286-294.
- Bloor, J.M. & Grubb, P.J. 2003. Growth and mortality in high and low light: trends among 15 shade-tolerant tropical rain forest tree species. **Journal of Ecology** **91**: 77-85.
- Borchert, R. 1994a. Soil and stem water storage determine the phenology and distribution of tropical dry forest trees. **Ecology** **75**: 1437-1449.
- Borchert, R. 1994b. Water status and development of tropical trees during seasonal drought. **Trees** **8**: 115-125.
- Borchert, R. 1999. Climatic periodicity, phenology and cambium activity in tropical dry forest trees. **IAWA Journal** **20**:139-247.

- Borchert, R. & Rivera, G. 2001. Photoperiodic control of seasonal development and dormancy in tropical stem-succulent trees. **Tree Physiology** **21**: 213-221.
- Brandon, K.; Fonseca, G.A.B.; Rylands, A.B. & Silva, J.M.C. 2005. Special section: Brazilian conservation: challenges and opportunities. **Conservation Biology** **19**: 595-600.
- Brasil. 2005. **Balço Energético Nacional, ano-base 2004**. Ministério de Minas e Energia, Brasília. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/> Acesso em 15/11/2006.
- Brienen, R.J.W.; Zuidema, P.A. & Daring, H.J. 2006. Autocorrelated growth of tropical forest trees: unraveling patterns and quantifying consequences. **Forest Ecology and Management** **237**: 179-190.
- Brokaw, N.V.L. & Walker, L.R. 1991. Summary of the effects of Caribbean hurricanes on vegetation. **Biotropica** **23**: 442-447.
- Brummitt, R.K. & Powell, C.E. (eds.). 1992. **Authors of plant names**. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Bucci, S.J.; Goldstein, G.; Meinzer, F.C.; Scholz, F.G.; Franco, A.C. & Bustamante, M. 2004. Functional convergence in hydraulic architecture and water relations of tropical savanna trees: from leaf to whole plant. **Tree Physiology** **24**: 891-899.
- Burslem, D.F.R.P. & Whitmore, T.C. 1999. Species diversity, susceptibility to disturbance and tree population dynamics in tropical rain forests. **Journal of Vegetation Science** **10**: 767-776.
- Cao, M. & Zhang, J. 1997. Tree species diversity of tropical forest vegetation in Xishuangbanna, SW China. **Biodiversity and Conservation** **6**: 995-1006.
- Carey, E.V.; Brown, S.; Gillespie, A.J.R. & Lugo, A.E. 1994. Tree mortality in mature lowland tropical moist and lower montane moist forests of Venezuela. **Biotropica** **26**: 255-265.
- Carste. 2007. **Prospecção e caracterização das regiões cársticas do Brasil**. Carste Consultores Associados, São Paulo. Disponível em: <http://www.carste.com.br/carste-brasil.php> Acesso em 02/11/2008.
- Chagas, R.K.; Oliveira-Filho, A.T.; van den Berg, E. & Scolforo, J.R.S. 2001. Dinâmica de populações arbóreas em um fragmento de floresta estacional semidecidual montana em Lavras, Minas Gerais. **Revista Árvore** **25**: 39-57.
- Chao, K.J.; Phillips, O.L.; Gloor, E.; Monteagudo, A.; Torres-Lezama, A. & Martínez, R.V. 2008. Growth and wood density predict tree mortality in Amazon forests. **Journal of Ecology** **96**: 281-292.
- Chapotin, S.; Razanameharizaka, J.H. & Holbrook, N.M. 2006a. Baobab trees (*Adansonia*) in Madagascar use stored water to flush new leaves but not to support stomatal opening prior to the rainy season. **New Phytologist** **169**: 549-559.
- Chapotin, S.; Razanameharizaka, J.H. & Holbrook, N.M. 2006b. Water relations of baobab trees (*Adansonia* spp. L.) during the rainy season: does stem water buffer daily water deficits? **Plant, Cell and Environment** **29**: 1021-1032.
- Chave, J.C.; Muller Landau, H.C.; Baker, T.R.; Easdale, T.A.; ter Steege, H. & Webb, C. O. 2006. Regional and phylogenetic variation of wood density across 2,456 neotropical tree species. **Ecological Applications** **16**: 2356-2367.
- Cházaro-Bazáñez, M.J. 1977. *Acacia pennatula* (Schlect. & Cham.) Benth. una invasora del Centro de Veracruz. **Biotropica** **2**: 1-18.
- Chazdon, R.L.; Letcher, S.G.; van Breugel, M.; Martínez-Ramos, M.; Bongers, F. & Finegan, B.

2007. Rates of change in tree communities of secondary Neotropical forests following major disturbances. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences** **362**: 273-289.
- Clark, D.B. 1996. Abolishing virginity. **Journal of Tropical Ecology** **12**: 735-739
- Clark, D.A. & Clark, D.B. 1999. Assessing the growth of tropical rain forest trees: issues for forest modeling and management. **Ecological Applications** **9**: 981-997.
- Clark, N.A., Wynne, R.H. & Schmoldt, D.L. 2000. A review of past research on dendrometers. **Forest Science** **46**: 570-576.
- Condit, R. 1995. Research in large, long-term tropical forest plots. **Trends in Ecology and Evolution** **10**: 18-22.
- Condit, R.; Hubbell, S.P. & Foster, R.B. 1995. Mortality rates of 205 Neotropical tree and shrub species and the impact of a severe drought. **Ecological Monographs** **65**: 419-439.
- Crawley, M.J. 1997. Life history and environment. Pp. 73-131. In: **Plant Ecology**. M.J. Crawley (ed.). Blackwell Science Ltd., Oxford, United Kingdom.
- Crowther, J. 1982. Ecological observations in a tropical karst terrain, West Malaysia. I. Variations in topography, soil and vegetation. **Journal of Biogeography** **9**: 65-78.
- Dambrós, L.A.; Dias, A.A.; Fonzar, B.C.; Oliveira Filho, L.C. 1981. Vegetação: as regiões fitoecológicas, sua natureza e seus recursos econômicos. Estudo Fitogeográfico. Pp. 509-560 + mapa. In: **Projeto RADAMBRASIL**. Levantamento de Recursos Naturais. FOLHA SD.22 Goiás. Ministério de Minas e Energia, Rio de Janeiro.
- Deng, F.; Zang, R. & Chen, B. 2008. Identification of functional groups in an old-growth tropical montane rain forest on Hainan Island, China. **Forest Ecology and Management** **255**: 1820-1830.
- Denslow, J.S. 1980. Gap partitioning among tropical rainforest trees. **Biotropica** **12**: 45-55.
- Deslauriers, A.; Rossi, S & Anfodillo, T. 2007. Dendrometer and intra-annual tree growth: what kind of information can be inferred? **Dendrochronologia** **25**: 113-124.
- Dünish, O.; Montóia, V.R. & Bauch, J. 2003. Dendrocronological investigations on *Swietenia macrophylla* King and *Cedrela odorata* L. (Meliaceae) in the Central Amazon. **Trees** **17**: 244-250.
- Eamus, D. 1999. Ecophysiological traits of deciduous and evergreen woody species in the seasonally dry tropics. **Trends in Ecology and Evolution** **14**: 11-16.
- Eiten, G. 1992. Natural Brazilian vegetation types and their causes. **Anais da Academia Brasileira de Ciência** **64**: 35-65.
- EMBRAPA. 1997. **Manual de métodos de análise de solo**. 2^a ed. Centro Nacional de Pesquisa de Solo, Rio de Janeiro.
- EMBRAPA. 2006. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2^a ed. EMBRAPA Solos, Rio de Janeiro.
- Escudero, A. 1996. Community patterns on exposed cliffs in a Mediterranean calcareous mountain. **Vegetatio** **125**: 99-110.
- Fagg, C.W. & Haridasan, M. 2005. Estrutura e distribuição espacial de *Acacia tenuifolia* em um fragmento de floresta estacional no Vale do Paranã-Goiás. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer** **15**: 9-18.

- FAO. 2005. **Global Forest resources assessment 2005: progress towards sustainable management**. FAO Forestry Papers 147. Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO), Rome.
- Fearnside, P.M. 2005. Deforestation in Brazilian Amazonia: history, rates and consequences. **Conservation Biology** **19**: 680-688.
- February, E.C.; West, A.G. & Newton, R.J. 2007. The relationship between rainfall, water resource and growth for an endangered tree. **Austral Ecology** **32**: 397-402.
- Felfili, J.M. 1993. **Structure and dynamics of a gallery forest in central Brazil**. Ph.D. Thesis, University of Oxford, Oxford.
- Felfili, J.M. 1994. Floristic composition and phytosociology of the gallery forest alongside the Gama stream in Brasilia, DF. Brazil. **Revista Brasileira de Botânica** **17**: 1-11.
- Felfili, J.M. 1995a. Growth, recruitment and mortality in Gama gallery forest in central Brazil over a six-year period (1985-1991). **Journal of Tropical Ecology** **11**: 67-83.
- Felfili, J.M. 1995b. Diversity, structure and dynamics of a gallery forest in central Brazil. **Vegetatio** **117**: 1-15.
- Felfili, J.M. 1997a. Comparison of dynamics of two gallery forests in Central Brazil. Pp. 115-124. In: **Proceedings of the international symposium on assessment and monitoring of forest in tropical dry regions with special reference to gallery forests**. J. Imaña-Encinas & C. Klein (eds.). Universidade de Brasília, Brasília.
- Felfili, J.M. 1997b. Diameter and height distributions in the gallery forest tree community and some of its main species in central Brazil over a six-year period (1985-1991). **Revista Brasileira de Botânica** **20**:155-162.
- Felfili, J.M.; Silva Júnior, M.C.; Dias, B.J. & Rezende, A.V. 1999. Estudo fenológico de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville no cerrado *sensu stricto* da Fazenda Água Limpa no Distrito Federal, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica** **22**: 83-90.
- Felfili, J.M. 2000. Crescimento, recrutamento e mortalidade nas matas de galeria do Planalto Central. Pp. 152-158. In: **Tópicos atuais em botânica: palestras convidadas do 51º Congresso Nacional de Botânica**. T.B. Cavalcanti et al. (orgs.). EMBRAPA/SBB, Brasília.
- Felfili, J.M.; Rezende, A.V.; Silva-Junior, M.C. & Silva, M.A. 2000. Changes in floristic composition of cerrado *sensu stricto* in Brazil over a nine year period. **Journal of Tropical Ecology** **16**: 579-590.
- Felfili, J.M. 2003. Fragmentos de florestas estacionais do Brasil Central: diagnóstico e proposta de corredores ecológicos. Pp. 138-160. In: **Fragmentação florestal e alternativas de desenvolvimento rural na Região Centro-Oeste**. R.B. Costa (org.) Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande.
- Felfili, J.M. & Resende, R.P. 2003. **Conceitos e métodos em fitossociologia**. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília.
- Felfili, J.M.; Silva Junior, M.C.; Sevilha, A.C.; Fagg, C.W.; Walter, B.M.T.; Nogueira, P.E. & Rezende, A.V. 2004. Diversity, floristic and structural patterns of cerrado vegetation in Central Brazil. **Plant Ecology** **175**: 37-46.
- Felfili, J.M. & Silva Junior, M.C. 2005. Diversidade alfa e beta no cerrado *sensu stricto*, Distrito Federal, Goiás, Minas Gerais e Bahia. Pp. 141-154. In: **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. A. Scariot, J.C. Sousa-Silva & Felfili, J.M. (Orgs.). Ministério do Meio Ambiente, Brasília.

- Felfili, J.M., Carvalho, F.A. & Haidar, R.F. 2005. **Manual para o monitoramento de parcelas permanentes nos biomas Cerrado e Pantanal**. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília.
- Felfili, J.M.; Nascimento, A.R.T.; Fagg, C.W. & Meirelles, E.L. 2007a. Floristic composition and community structure of a seasonally deciduous forest on limestone outcrops in Central Brazil. **Revista Brasileira de Botânica** **30**: 611-621.
- Felfili, J.M.; Carvalho, F.A. & Fagg, C. 2007b. **Recuperação de matas secas e vegetações associadas no Vale do Paranã, GO**. Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília.
- Felfili, J.M.; Carvalho, F.A.; Libano, A.M.; Venturoli, F. & Pereira, B.A.S. 2007c. **Análise multivariada em estudos de vegetação**. Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília.
- Fenner, M. 1980. Some measurements on the water relations of baobab trees. **Biotropica** **12**: 205-209.
- Fernandes, A. 2007. **Fitogeografia brasileira: províncias florísticas**. 3a ed. Editora Realce, Fortaleza.
- Fernandes, P.E.C.A.; Montes, M.L. & Braz, E.R.C. 1982. Geologia. Pp. 25-204. In: **Projeto RADAMBRASIL**. Levantamento de Recursos Naturais. Folha SD.23 Brasília. Projeto Radambrasil, Rio de Janeiro.
- Ferreira-Fedele, L.; Tomazello-Filho, M.; Botosso, P.C. & Giannotti, E. 2004. Periodicidade do crescimento de *Esenbeckia leiocarpa* Engl. (guarantã) em duas áreas da região Sudeste do Estado de São Paulo. **Scientia Florestalis** **65**: 141-149.
- Figueiredo-Filho, A.F.; Hubie, S.R.; Schaaf, L.B.; Figueiredo, D.J. & Sanquetta, C. R. 2003. Avaliação do incremento em diâmetro com o uso de cintas dendrométricas em espécies de uma Floresta Ombrófila Mista no Sul do Estado do Paraná. **Revista de Ciências Exatas e Naturais** **5**: 69-84.
- Finatec. 2001. **Inventário Hidrelétrico da bacia do rio Paranã**. Mapas de vegetação, solos e geologia. Finatec/Agência Nacional de Energia elétrica, Brasília.
- Franco, A.C.; Bustamante, M.; Caldas, L.S.; Goldestein, G.; Meinzer, F.C.; Kozovits, A.R.; Rundel, P. & Coradin, V.T.R. 2005. Leaf functional traits of Neotropical savanna trees in relation to seasonal water deficit. **Trees** **19**: 326-335.
- Furley, P.A. & Newey, W.W. 1979. Variations in plant communities with topography over tropical limestone soils. **Journal of Biogeography** **6**: 1-15.
- Gale, N. & Barfod, A.S. 1999. Canopy tree mode of death in a western Ecuadorian rain forest. **Journal of Tropical Ecology** **15**: 415-436.
- Gauch, H.G. 1982. **Multivariate analysis in community ecology**. Cambridge University Press, New York.
- Gentry, A.H. 1995. Patterns of diversity and floristic composition in neotropical montane forests. Pp. 103-126. In: S.P. Churchill; H. Baslev; E. Forero & J.L. Luteyn (eds.). **Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forests: Proceedings of Neotropical Montane Forest Biodiversity and Conservation Symposium**. The New York Botanical Garden, New York.
- Gerrard, A.J. 1988. **Rocks and landforms**. Unwin Hyman, London.

- Gitay, H. & Noble, I.R. 1997. What are functional types and how should we seek them? Pp. 3-19. In: **Plant functional types: their relevance to ecosystem properties and global change**. T.M. Smith, H.H. Shugart & F.I. Woodward (eds.). International Geosphere-Biosphere Programme, Vol. 1, Cambridge University Press, Cambridge.
- Gitay, H.; Noble, I.R. & Connell, J.H. 1999. Deriving functional types for rain-forest trees. **Journal of Vegetation Science** **10**: 641-650.
- Goldstein, G.; Meinzer, F.; Bucci, S.J.; Scholz, F.G.; Franco, A.C. & Hoffman, W.A. 2008. Water economy of Neotropical savanna trees: six paradigms revisited. **Tree Physiology** **28**: 395-404.
- Gourlet-Fleury, S.; Blanc, L.; Picard, N.; Sist, P.; Dick, J.; Nasi, R.; Swaine, M.D. & Forni, E. 2005. Grouping species for predicting mixed tropical forest dynamics: looking for a strategy. **Annals of Forestry Sciences** **62**: 785-796.
- Guilherme, F.A.G.; Oliveira-Filho, A.T.; Appolinário, V. & Bearzoti, E. 2004. Effects of flooding regimes and woody bamboos on tree community dynamics in a section of tropical semideciduous forest in southeastern Brazil. **Plant Ecology** **174**: 19-36.
- Haidar, R.F. 2008. Fitossociologia, diversidade e sua relação com variáveis ambientais em florestas estacionais do bioma cerrado no planalto central e nordeste do Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília.
- Holbroock, N.M., Whitbeck, J.L. & Mooney, H.A. 1995. Drought responses of neotropical dry forest trees. Pp. 243-270. In: S.H. Bullock, H.A. Mooney & E. Medina (eds.). **Seasonally dry tropical forests**. Cambridge University Press, Cambridge.
- Ham, W.E. & Pray, L.C. 1962. Modern concepts and classification of carbonate rocks. Pp. 2-19. In: **Classification of carbonates rocks: a symposium**. W.E. Ham (ed.). The American Association of Petroleum Geologists, Tulsa (USA).
- Hammer, Ø; Harper, D.A.T. & Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological Statistical software package for education and data analysis. **Palaentologia Electronica** **4**: 9 pp.
- Hammer, Ø; Harper, D.A.T. & Ryan, P.D. 2008. **PAST - PALaeontological STATistics, version 1.81, Manual**. Disponível em <http://folk.uio.no/ohammer/past> Acesso em 18/08/2008.
- Haridasan, M. 2000. Nutrição mineral de plantas nativas do cerrado. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal** **12**: 54-64.
- Harper, J.L. 1990. **Population biology of plants**. Academic Press, London.
- Harrison, R.D. 2001. Drought and the consequences of El Niño in Borneo: a case study of figs. **Population Ecology** **43**: 63-75.
- Hartshorn, G.S. 1980. Neotropical forest dynamics. **Biotropica** **12**: 23-30.
- Hartshorn, G.S. 1990. An overview of neotropical Forest dynamics. Pp. 585-600. In: **Four Neotropical rainforests**. A.H. Gentry (ed.). Yale University Press, New Haven.
- Higuchi, P; Oliveira-Filho, A.T.; Beber, D.P.; Brown, N.D.; Silva, A.C. & Machado, E.L.M. 2008. Spatio-temporal patterns of tree community dynamics in a tropical forest fragment in South-east Brazil. **Plant Ecology** **199**: 125-135.
- Hoffmann, W.A. 2002. Direct and indirect effects of fire on radial growth of cerrado savanna trees. **Journal of Tropical Ecology** **18**: 137-142.
- Hubbell, S.P. & Foster, R.B. 1990. Structure, dynamics and equilibrium status of old-growth forest on Barro Colorado Island. Pp. 522-541. In: **Four Neotropical rainforests**. A.H. Gentry

- (ed.). Yale University Press, New Haven.
- Hubbell, S.P. & Foster, R.B. 1992. Short-term population dynamics of a neotropical forest: why ecological research matters to tropical conservation and management. **Oikos** **63**: 48-61.
- Hubbell, S.P.; Foster, R.B.; O'Brien, S.T.; Harms, K.E.; Condit, R.; Wechsler, B.; Wright, S.J. & Lao, S.L. 1999. Light gaps disturbance, recruitment limitations and tree diversity in a neotropical forest. **Science** **283**: 554-557.
- Hubbell, S.P. 2005. Neutral theory in community ecology and the hypothesis of functional equivalence. **Functional Ecology** **19**: 166-172.
- Hytteborn, H. & Skarpe, C. (eds.). 1992. Vegetation dynamics and regeneration in seasonal tropical climates. **Journal of Vegetation Science** **3**: 291-417.
- IBGE. 1992. **Manual técnico da vegetação brasileira**. IBGE, Rio de Janeiro.
- IBGE. 1995. **Zoneamento Geoambiental e Agroecológico do Estado de Goiás**. IBGE, Rio de Janeiro.
- IBGE. 2002. **Árvores do Brasil Central**. Espécies da região geoeconômica de Brasília. IBGE, Rio de Janeiro.
- IBGE. 2004. **Mapa da vegetação do Brasil**. Escala 1:5.000.000. IBGE, Rio de Janeiro.
- Jongman, R.H.G., ter Braak, C.J.F. & van Tongeren, O.F.R. 1995. **Data analysis in community and landscape ecology**. 2nd ed. Cambridge University Press, Cambridge.
- Karman, I. & Sanchez, L.E. 1979. Distribuição das rochas carbonáticas e províncias espeleológicas do Brasil. **Espeleo-Tema** **13**: 105-167.
- Keeland, B.D. & Sharitz, R.R. 1993. Accuracy of tree growth measurements using dendrometer bands. **Canadian Journal of Forest Research** **23**: 2454-2457.
- Keeland, B.D. & Young, P.J. 2006. **Construction and installation of dendrometer bands for periodic tree-growth measurements**. Disponível em: <http://www.nwrc.usgs.gov/dendrometer/index.htm> Acesso em 20/08/2006.
- Kent, M. & Coker, P. 1992. **Vegetation description and analysis**. John Wiley & Sons, London.
- King, D.A.; Davies, S.J.; Noor, N.S.M. & Tan, S. 2005. Tree growth is related to light interception and wood density in two mixed dipterocarp forests of Malaysia. **Functional Ecology** **19**: 445-453.
- King, D.A.; Davies, S.J.; Tan, S. & Noor, N.S.M. 2006. The role of wood density and stem support costs in the growth and mortality of tropical trees. **Journal of Ecology** **94**: 670-680.
- Klink, C.A. & Machado, R.B. 2005. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology** **19**: 707-713.
- Köhler, P.; Ditzer, T. & Huth, A. 2000. Concepts for the aggregation of tropical tree species into functional types and the application to Sabah's lowland rain forests. **Journal of Tropical Ecology** **16**: 591-602.
- Korning, J. & Balslev, H. 1994a. Growth and mortality of trees in Amazonian tropical rain forest in Ecuador. **Journal of Vegetation Science** **4**: 77-86.
- Korning, J. & Balslev, H. 1994b. Growth rates and mortality patterns of tropical lowland tree species and the relation to forest in Amazonian Ecuador. **Journal of Tropical Ecology** **10**: 151-166.
- Krejci, L.C.; Fortunato, F.F. & Corrêa, P.R.S. 1982. Pedologia: levantamento exploratório de

- solos. In: **Projeto RADAMBRASIL**. Levantamento de Recursos Naturais. FOLHA SD23, Brasília. Pp. 297-460 (+ mapa). Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia.
- Larcher, W. 2000. **Ecofisiologia vegetal**. RiMa, São Carlos.
- Laurance, W.F.; Ferreira, L.V.; Rankin-de-Merona, J.M. & Laurance, S.G. 1998. Rain forest fragmentation and the dynamics of Amazonian tree communities. **Ecology** **79**: 2032-2040.
- Laurance, W.F.; Lovejoy, T.E.; Vasconcelos, H.L.; Bruna, E.M.; Didham, R.K.; Stouffer, P.C.; Gascon, C.; Bierregaard, R.O.; Laurance, S.G. & Sampaio, E. 2002. Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: a 22-year investigation. **Conservation Biology** **16**: 605-618.
- Laurance, W.F.; Albernaz, A.K.M.; Fearnside, P.M.; Vasconcelos, H.L. & Ferreira, L.V. 2004. Deforestation in Amazonia. **Science** **304**: 1109.
- Lavorel, S.; Díaz, S.; Cornelissen, J.H.C.; Garnier, E.; Harrison, S.P.; McIntyre, S.; Pausas, J.G.; Pérez-Harguindeguy, N.; Roumet, C. & Urcelay, C. 2007. Plant functional types: are we getting any closer to the holy grail? Pp. 149-160. In: **Terrestrial Ecosystem in changing world**. J.G. Canadell, D. Pataki & L. Pitelka (eds.). The IGBP Series, Springer-Verlag, Berlin.
- Lawton, J.H. 2000. **Community ecology in a changing world**. Ecology Institute, Oldendorf, Luhe.
- Legendre, P. & Legendre, L. 1998. **Numerical Ecology**. 2nd edition. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands
- Lenza, E. & Klink, C.A. 2006. Comportamento fenológico de espécies lenhosas em um cerrado sentido restrito em Brasília, DF. **Revista Brasileira de Botânica** **29**: 627-639.
- Lepš, J. & Šmilauer, P. 2005. **Multivariate analysis of ecological data using CANOCO**. Cambridge University Press, Cambridge (UK).
- Lewis, S.L.; Phillips, O.L.; Baker, T.R.; Lloyd, J.; Malhi, Y.; Almeida, S.; Higuchi, N.; Laurance, W.F.; Neill, D.A.; Silva, J.N.M.; Terborgh, J.; Lezama, A.T.; Vásquez Martínez, R.; Brown, S.; Chave, J.; Kuebler, C.; Núñez Vargas, P. & Vinceti, B. 2004a. Concerted changes in tropical forest structure and dynamics: evidence from 50 South American longterm plots. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences** **359**: 421-436.
- Lewis, S.L.; Phillips, O.L.; Sheil, D.; Vinceti, B.; Baker, T.R.; Brown, S.; Graham, A.W.; Higuchi, N.; Hilbert, D.W.; Laurance, W.F.; Lejoly, J.; Malhi, Y.; Monteagudo, A.; Núñez Vargas, P.; Sonké, B.; Nur Supardi, M.N.; Terborgh, J.W. & Vásquez Martínez, R. 2004b. Tropical forest tree mortality, recruitment and turnover rates: calculation, interpretation and comparison when census intervals vary. **Journal of Ecology** **92**: 929-944.
- Libano, A.M. & Felfili, J.M. 2006. Mudanças temporais na composição florística e na diversidade de um cerrado sensu stricto do Brasil Central em um período de 18 anos (1985-2003). **Acta Botanica Brasilica** **20**: 927-936.
- Lisi, C.S. 2006. Periodicidade de crescimento de árvores em ecossistemas brasileiros. Pp. 429-432. In: **Os avanços da botânica no início do século XXI, morfologia, fisiologia, taxonomia, ecologia e genética: Conferências, plenárias e simpósios do 57º Congresso Nacional de Botânica**. J.E.A. Mariath & R.P. Santos (orgs.). SBB, Porto Alegre.
- Loethsch, F. & Haller, K.E. 1973. **Forest inventory**. Vol. 1. BLV, Munich.
- Lopes, S.F. & Schiavini, I. 2007. Dinâmica da comunidade arbórea de mata de galeria da Estação Ecológica do Panga, Minas Gerais, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** **21**: 249-261.

- López-Ayala, J.L.; Valdez-Hernandéz, J.I.; Terrazas, T. & Valdez-Lazalde, J.R. 2006. Diameter growth of tree species in a semideciduous tropical forest at Colima, Mexico. **Agrociencia** **40**: 139-147.
- Losos, E.C. & Leigh Jr, E.G. (eds.). 2004. **Tropical Forest diversity and dynamism: findings from a large-scale plot network**. University of Chicago Press, Chicago.
- Machado, E.L.M. 2005. **Heterogeneidade espacial e temporal em um fragmento de floresta estacional em Lavras, MG**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- Machado, E.L.M. 2008. **Heterogeneidade temporal e especial de comunidades arbóreas fragmentadas na região do Alto Rio Grande, MG**. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Lavras, Lavras. 55p.
- Machado, E.L.M. & Oliveira-Filho, A.T. 2009. Are spatial patterns of tree community dynamics detectable in a small (4 ha) and disturbed fragment of the Brazilian Atlantic forest? **Acta Botanica Brasilica** **23**: (no prelo).
- Magnago, H.; Silva, M.T.M. & Fonzar, B.C. 1983. Vegetação: as regiões fitoecológicas, sua natureza e seus recursos econômicos. Estudo Fitogeográfico. Pp. 577-617 + mapa. In: **Projeto RADAMBRASIL**. Levantamento de Recursos Naturais. FOLHA SE.22 Goiânia. Ministério de Minas e Energia, Rio de Janeiro.
- Magurran, E.A. 1988. **Ecological diversity and its measurement**. 2^{ed}. Princeton University Press, Princeton.
- Mainieri, C. & Chimelo, J.P. 1989. **Fichas de características das madeiras brasileiras**. IPT, São Paulo.
- Mani, S. & Parthasarathy, N. 2005. Biodiversity assessment of trees in Five inland tropical dry evergreen forests of peninsular India. **Systematics and Biodiversity** **3**: 1-12.
- Marengo, J.A. 2007. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. 2^a edição. Brasília, MMA.
- Marimon, B.S. 2005. **Dinâmica de uma floresta monodominante de *Brosimum rubescens* Taub. e comparação com uma floresta mista em Nova Xavantina-MT**. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília, Brasília.
- Marín, G.C.; Nygard, R.; Rivas, B.G. & Oden, P.C. 2005. Stand dynamics and basal area change in a tropical dry forest in Nicaragua. **Forest Ecology and Management** **208**: 63-75.
- Martijena, N.E. & Bullock, S.H. 1994. Monospecific dominance of a tropical deciduous forest in Mexico. **Journal of Biogeography** **21**: 63-74.
- Mauro, C.A.; Dantas, M. & Roso, F.A. 1981. Geomorfologia. Pp. 205-296. In: **Projeto RADAMBRASIL**. Levantamento de Recursos Naturais. Folha SD.23 Brasília. Projeto Radambrasil, Rio de Janeiro.
- McCune, B. & Mefford, M.J. 1999. **PC-ORD: Multivariate analysis of ecological data**, Version 4.20. MjM Software, Oregon.
- Medina, E. 1995. Diversity of life forms of higher plants in neotropical dry forests. Pp. 221-242. In: **Seasonally dry tropical forests**. S.H. Bullock; H.A. Mooney & E. Medina (eds.). Cambridge University Press, Cambridge.
- Meirelles, E.M.L. 2008. **Dinâmica da regeneração arbórea em florestas estacionais decíduais**

- sobre afloramentos calcários no Vale do Paranã, GO. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília.
- Mendonça, R.C., Felfili, J.M., Walter, B.M.T., Silva-Júnior, M.C., Rezende, A.V., Filgueiras, T.S. & Nogueira, P.E. 1998. Flora vascular do Cerrado. Pp. 289-556. In: **Cerrado: Ambiente e Flora**. S.M. Sano & S.P. Almeida (orgs). EMBRAPA-CPAC, Planaltina.
- Miles, L.; Newton, A.C.; DeFries, R.S.; Ravilious, C.; May, I.; Blyth, S.; Kapos, V. & Gordon, J.E. 2006. A global overview of the conservation status of tropical dry forests. **Journal of Biogeography** **33**: 491-505.
- Mooney, H.A.; Bullock, S.H. & Medina, E. 1995. Introduction. Pp. 1-8. In: **Seasonally dry tropical forests**. S.H. Bullock, H.A. Mooney & E. Medina (eds.). Cambridge University Press, Cambridge.
- Mulkey, S.S. & Wright, S. 1996. Influence of seasonal drought on the carbon balance of tropical forest plants. Pp. 187-219. In: **Tropical Forest Plant Ecophysiology**. S.S. Mulkey, R.L. Chazdon & A.P. Smith (eds.). Chapman & Hall, New York.
- Murphy, P.G. & Lugo, A.E. 1986. Ecology of tropical dry forest. **Annual Review of Ecology and Systematics** **17**: 67-88.
- Nakagawa, M.; Tanaka, K.; Nakashizuka, T.; Ohkubo, T.; Kato, T.; Maeda, T.; Satos, K.; Miguchi, H.; Nagamasu, H.; Ogino, K.; Teo, S.; Hamid, A.A. & Seng, L.H. 2000. Impact of severe drought associated with the 1997-1998 El Niño in a tropical forest in Sarawak. **Journal of Tropical Ecology** **16**: 355-367.
- Nascimento, A.R.T.; Felfili, J.M. & Meirelles, E.M. 2004. Florística e estrutura da comunidade arbórea de um remanescente de Floresta Estacional Decidual de encosta, Monte Alegre, Goiás, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** **18**: 659-669.
- Nascimento, A.R.T. 2005. **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**. Tese de doutorado, Universidade de Brasília, Brasília.
- Nascimento, A.R.T.; Felfili, J.M. & Fagg, C.W. 2007. Canopy openness and LAI estimates in two seasonally deciduous forests on limestone outcrops in Central Brazil using hemispherical photographs. **Revista Árvore** **31**: 151-159.
- Nascimento, H.E.M.; Dias, A.S.; Tabanez, A.A.J. & Viana, V.M. 1999. Estrutura e dinâmica de populações arbóreas de um fragmento de floresta estacional semidecidual na região de Piracicaba, SP. **Revista Brasileira de Biologia** **59**: 329-342.
- Nath, C.D.; Dattaraja, H.S.; Suresh, H.S.; Joshi, N.V. & Sukumar, R. 2006. Patterns of tree growth in relation to environmental variability in the tropical dry deciduous Forest at Mudumalai, southern India. **Journal of Bioscience** **31**: 651-699.
- Nilsen, E.T.; Sharifi, J.R.; Rundel, P.W.; Forseth, I.N. & Ehleringer, J.R. 1990. Water relations of stem succulent trees in north-central Baja California. **Oecologia** **82**: 299-303.
- O'Brien, J.J.; Oberbauer, S.F.; Clark, D.B. & Clark, D.A. 2008. Phenology and stem diameter increment seasonality in a Costa Rican wet tropical forest. **Biotropica** **40**: 151-159.
- Oliveira, A.P. 2005. **Dinâmica da comunidade arbórea de uma mata de galeria do Brasil Central em um período de 19 anos (1985–2004)**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília.
- Oliveira-Filho, A.T. & Ratter, J.A. 1995. A study of the origin of Central Brazilian forests by the analysis of plant species distribution patterns. **Edinburgh Journal of Botany** **52**: 141-194.

- Oliveira-Filho, A.T.; Curi, N.; Vilela, E.A. & Carvalho, D.A. 1997a. Tree species distribution along soil catenas in reverside semideciduous forest in southeastern Brazil. **Flora** **192**: 47-64.
- Oliveira-Filho, A.T.; Mello, J.M. & Scolforo, J.R.S. 1997b. Effects of past disturbance and edges on tree community structure and dynamic within a fragment of tropical semideciduous forest in south-eastern Brazil over a five-year period (1987-1992). **Plant Ecology** **131**: 45-66.
- Oliveira-Filho, A.T. & Fontes, M.A.L. 2000. Patterns of floristic differentiation among atlantic forests in southeastern Brazil and the influence of climate. **Biotropica** **32**: 793-810.
- Oliveira-Filho, A.T.; Jarenkow, J.A. & Rodal, M.J.N. 2006. Floristic relationships of seasonally dry forests of Eastern South America based on three species distribution patterns. Pp. 159-192. In: **Neotropical savannas and dry forests: diversity, biogeography and conservation**. R.T. Pennington, G.P. Lewis & J.A. Ratter (eds.). The Systematics Association Especial Volume Series 69, CRC Press, London.
- Pagano, S.R.; Leitão-Filho, H.F. & Cavassan, O. 1995. Variação temporal da composição florística e estrutura fitossociológica de uma floresta mesófila semidecídua – Rio Claro – estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Biologia** **55**: 241-258.
- Paiva, L.V.; Araújo, G.M. & Pedroni, F. 2007. Structure and dynamics of a woody plant community of a tropical semi-deciduous seasonal forest. **Revista Brasileira de Botânica** **30**: 365-373.
- Palmer, M.W. 1993. Putting things in even better order: the advantages of canonical correspondence analysis. **Ecology** **74**: 2215-2230.
- Palmer, M.W. 2005. **Ordination methods for ecologists**. Disponível em <http://ordination.okstate.edu>. Acesso em 05/05/2006.
- Paula, A.; Silva, A.F.; Souza, A.L. & Santos, F.A.M. 2002. Alterações florísticas ocorridas num período de quatorze anos na vegetação arbórea de uma floresta estacional semidecidual em Viçosa-MG. **Revista Árvore** **26**: 743-749.
- Paula, A.; Silva, A.F.; De Marco Júnior, P.; Santos, F.A.M. & Souza, A.L. 2004. Sucessão ecológica da vegetação arbórea em uma floresta estacional semidecidual, Viçosa/MG. **Acta Botanica Brasilica** **18**: 407-424.
- Paula, J.E. 1979. Estudo comparativo da estrutura anatômica das madeiras de setenta e duas espécies brasileiras pouco conhecidas. **Brasil Florestal** **39**: 29-63.
- Paula, J.E. & Alves, J.L.H. 2007. **897 madeiras nativas do Brasil: anatomia – dendrologia – dendrometria – produção – uso**. Porto Alegre, Editora Cinco Continentes.
- Pélissier, R. & Pascal, J.P. 2000. Two-year growth patterns investigated from monthly girth records using dendrometer bands in a wet evergreen forest in Índia. **Journal of Tropical Ecology** **16**: 429-446.
- Pennington, R.T.; Prado, D.E. & Pendry, C.A. 2000. Neotropical seasonally dry forests and Quaternary vegetation changes. **Journal of Biogeography** **27**: 261-273.
- Pennington, R.T.; Lewis, G.P. & Ratter, J.A. 2006. An overview of the plant diversity, biogeography and conservation of Neotropical savannas and seasonally dry forests. Pp. 1-29. In: **Neotropical savannas and dry forests: diversity, biogeography and conservation**. R.T. Pennington, G.P. Lewis & J.A. Ratter (eds.). The Systematics Association Especial Volume Series 69, CRC Press, London.
- Pereira, B.A.S. 2008. **Relações vegetação-variáveis ambientais em florestas estacionais decíduas em afloramentos calcários no bioma Cerrado e em zonas de transição com a**

- Caatinga e com a Amazônia.** Tese de Doutorado, Universidade de Brasília, Brasília.
- Pérez-García, E.A. & Meave, J.A. 2004. Heterogeneidade of xerophytic vegetation of limestone outcrops in a tropical deciduous florest region in southern México. **Plant Ecology** **175**: 147-163.
- Phillips, O.L. & Gentry, A.H. 1994. Increasing turnover through time in tropical forests. **Science** **263**: 954-958.
- Phillips, O.L.; Hall, P.; Gentry, A.H.; Sawyer, S.A. & Vásquez, M. 1994. Dynamics and species richness of tropical rainforests. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America** **91**: 2805-2809.
- Phillips, O.L.; Baker, T.R.; Arroyo, L.; Higuchi, N.; Killeen, T.J.; Lawrance, W.F. Lewis, S.L.; Lloyd, J.; Malhi, Y.; Monteagudo, A.; Neill, D.A.; Núñez Vargas, P.; Silva, J.N.M.; Terborgh, J.; Vásquez Martínez, R.; Alexiades, M.; Almeida, S.; Brown, S.; Chave, J.; Comiskey, J.A.; Czimczik, C.I.; Di Fiore, A.; Erwin, T.; Kuebler, C.; Laurance, S.G.; Nascimento, H.E.M.; Olivier, J.; Palacios, W.; Patiño, S.; Pitman, N.C.A.; Quesada, C.A.; Saldias, M.; Torres Lezama, A. & Vinceti, B. 2004. Pattern and process in Amazonian tree turnover: 1976-2001. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B Biological Sciences** **359**: 381-407.
- Pillar, V. 1999. The bootstrapped ordination reexamined. **Journal of Vegetation Science** **10**: 895-902.
- Pinto, J.R.R. 2002. **Dinâmica da comunidade arbórea em uma floresta de vale no Parque Nacional da Chapada dos Guimarães, Mato Grosso.** Tese de doutorado, Universidade de Brasília, Brasília.
- Pinto, J.R.R. & Hay, J.D.V. 2005. Mudanças florísticas e estruturais na comunidade arbórea de uma floresta de vale no Parque Nacional da Chapada dos Guimarães, Mato Grosso, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica** **28**: 523-539.
- Porembski, S. 2007. Tropical inselbergs: habitat types, adaptative strategies and diversity patterns. **Revista Brasileira de Botânica** **30**: 579-586.
- Potts, M.D. 2003. Drought in a Bornean everwet rain forest. **Journal of Ecology** **91**: 467-474.
- Prado, D.E. & Gibbs, P.E. 1993. Patterns of species distributions in the dry seasonal forests of South America. **Annals of the Missouri Botanical Garden** **80**: 902-927.
- Prado, D.E. 2000. Seasonally dry forest of tropical South America: from forgotten ecosystems to a new phytogeographic unit. **Edinburgh Journal of Botany** **57**: 437-461.
- Prior, L.D.; Eamus, D & Bowman, D.M.J.S. 2004a. Tree growth rates in north Australian savanna habitats: seasonal patterns and correlations with leaf atributes. **Australian Journal of Botany** **52**: 303-314.
- Prior, L.D.; Bownan, D.M.J.S. & Eamus, D. 2004b. Seasonal differences in leaf attributes in Australian tropical tree species: family and habitat comparisons. **Functional Ecology** **18**: 707-718.
- Ratter, J.A.; Askew, G.P.; Montgomery, R.F. & Gifford, D.R. 1978. Observations on forests of some mesotrophic soils in central Brazil. **Revista Brasileira de Botânica** **1**: 47-58.
- Rees, M.; Condit, R.; Crawley, M.; Pacala, S. & Tilman, D. 2001. Long-term studies of vegetation dynamics. **Science** **293**: 650-658.
- Reich, P.B. & Borchert, R. 1984. Water stress and tree phenology in a tropical dry forest in the

- lowlands of Costa Rica. **Journal of Ecology** **72**: 61-74.
- Reich, P.B.; Walters, M.B. & Ellsworth, D.S. 1997. From tropics to tundra: global convergence in plant functioning. **Proceedings of the National Academy of Sciences** **94**: 13730-13734.
- Reich, P.B.; Wright, I.J.; Cavender-Bares, J.; Craine, J.M.; Oleksyn, J.; Westoby, M. & Walters, M.B. 2003. The evolution of plant functional variation: traits, spectra and strategies. **International Journal of Plant Science** **164**: 143-164.
- Ribeiro, J.F. & Walter, B.M.T. 1998. Fitofisionomias do bioma Cerrado. Pp. 89-166. In: **Cerrado: Ambiente e Flora**. S.M. Sano & S.P. Almeida (orgs). EMBRAPA-CPAC, Planaltina.
- Rizzini, C.T. 1997. **Tratado de Fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos**. 2a ed. Âmbito Cultural Edições, Rio de Janeiro.
- Roitman, I.; Felfili, J.M. & Rezende, A.V. 2008. Tree dynamics of a fire-protected cerrado sensu stricto surrounded by forest plantations, over a 13-year period (1991-2004) in Bahia, Brazil. **Plant Ecology** **197**: 255-267.
- Rolim, S.G.; Couto, H.T.Z. & Jesus, R.M. 1999. Mortalidade e recrutamento de árvores na Floresta Atlântica em Linhares (ES). **Scientia Florestalis** **55**: 49-69.
- Rossato, D.R. 2008. **Padrões anatômicos, fenológicos, fotossintéticos e de crescimento em espécies arbóreas de cerrado sensu stricto e mata de galeria**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília.
- Rossatto, D.R. & Franco, A.C. 2008. Expansão e mortalidade de ramos em espécies arbóreas do cerrado sensu stricto. **Revista Brasileira de Botânica** **31**: 717-721.
- Rossatto, D.R.; Hoffman, W.A. & Franco, A.C. 2009. Tropical forest trees have higher radial growth rates and delayed leaf flush relative to co-occurring savanna congeners. **Functional Ecology** **23**: (in press).
- Rowe, N. & Speck, T. 2005. Plant growth forms: an ecological and evolutionary perspective. **New Phytologist** **166**: 61-72.
- Sampaio, A.B. 2001. **Efeito de borda nas espécies arbóreas de uma floresta estacional decidual no vale do Paranã**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília.
- Scarano, F.R. 2007. Rock outcrop vegetation in Brazil: a brief overview. **Revista Brasileira de Botânica** **30**: 561-568.
- Scariot, A. & Sevilha, A.C. 2005. Biodiversidade, estrutura e conservação da floresta estacional decidual. Pp. 121-140. In: **Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação**. A. Scariot; J.C. Sousa-Silva & J.M. Felfili (orgs.). MMA, Brasília.
- Schiavini, I.; Resende, J.C.F. & Aquino, F.G. 2001. Dinâmica de populações de espécies arbóreas em matas de galeria e mata mesófila na margem do Ribeirão Panga, MG. Pp. 267-299. In: **Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria**. J.F. Ribeiro, C.E.L. Fonseca & J.C. Souza-Silva (eds.). EMBRAPA-CPAC, Planaltina.
- Schöngart, J.M.; Piedade, T.F.; Ludwigshausen, S.; Horna, V. & Worbes, M. 2002. Phenology and stem-growth periodicity of tree species in Amazonian floodplain forests. **Journal of Tropical Ecology** **18**: 581-597.
- Scholz, F.G.; Bucci, S.J.; Goldstein, G.; Meinzer, F.C.; Franco, A.C. & Wilhelm, F.M. 2008. Temporal dynamics of stem expansion and contraction in savanna trees: withdrawal and recharge of stored water. **Tree Physiology** **28**: 469-480.

- Schulze, E.D.; Mooney, H.A.; Bullock, S.H. & Mendoza, A. 1988. Water contents of wood of tropical deciduous forests during the dry season. **Boletín Sociedad Botánica de México** **48**: 113-118.
- Sheil, D. 1995a. A critique of permanent plot methods and analysis with examples from Budongo Forest, Uganda. **Forest Ecology and Management** **77**: 11-34.
- Sheil, D. 1995b. Evaluating turnover in tropical forests. **Science** **268**: 894.
- Sheil, D. & May, R. 1996. Mortality and recruitment rate evaluations in heterogeneous tropical forests. **Journal of Ecology** **84**: 91-100.
- Silva, S.B.; Assis, J.S.; Guimarães, J.G.; Oliveira Filho, L.C. 1982. Vegetação: as regiões fitoecológicas, sua natureza e seus recursos econômicos. Estudo Fitogeográfico. Pp. 461-494 + mapa. In: **Projeto RADAMBRASIL**. Levantamento de Recursos Naturais. FOLHA SD.23 Brasília. Ministério de Minas e Energia, Rio de Janeiro.
- Silva, L.A. & Scariot, A. 2003. Composição e estrutura da comunidade arbórea de uma floresta estacional decidual sobre afloramento calcário (Fazenda São José, São Domingos-GO, Bacia do Paranã). **Acta Botanica Brasílica** **17**: 307-326.
- Silva, L.A. & Scariot, A. 2004a. Comunidade arbórea de uma floresta estacional decídua sobre afloramento calcário na bacia do rio Paranã. **Revista Árvore** **28**: 61-68.
- Silva, L.A. & Scariot, A. 2004b. Composição e estrutura da comunidade arbórea de uma floresta estacional decidual sobre afloramento calcário no Brasil Central. **Revista Árvore** **28**: 69-75.
- Silva, R.P.; Santos, J.; Tribuzy, E.S.; Chambers, J.Q.; Nakamura, S. & Higuchi, N. 2002. Diameter increment and growth patterns for individual tree growing in Central Amazon, Brazil. **Forest Ecology and Management** **166**: 295-301.
- Silva, R.P.; Nakamura, S.; Azevedo, C.P.; Chambers, J.Q.; Rocha, R.M.; Pinto, A.C.M.; Santos, J. & Higuchi, N. 2003. Uso de banda dendrométrica na definição de padrões de crescimento individual em diâmetro de árvores da bacia do rio Cuieiras. **Acta Amazonica** **33**: 67-84.
- Silva, M.A.; Mendonça, R.C.; Felfili, J.M.; Pereira, B.A.S.; Filgueiras, T.S. & Fagg, C.W. 2004. Flora vascular do Vão do Paranã, estado de Goiás, Brasil. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer** **14**: 49-127.
- Silva, J.F.; Fariñas, M.R.; Felfili, J.M. & Klink, C.A. 2006. Spatial heterogeneity, land use and conservation in the cerrado region of Brazil. **Journal of Biogeography** **33**: 536-548.
- Silva Júnior, M.C. 1997. Relationships between the tree communities of the Pitoco, Monjolo and Taquara gallery forests and environmental factors. Pp. 287-298. In: **Proceedings of International Symposium on Assessment and Monitoring of Forests in Tropical Dry Regions With Special Reference to Gallery Forests**. J. Imaña-Encinas & C. Klein (eds.). Universidade de Brasília, Brasília.
- Silva Júnior, M.C. 1998. Comunidades de árvores e sua relação com solos na Mata do Pitoco, Reserva Ecológica do IBGE, Brasília-DF. **Revista Árvore** **22**: 29-40.
- Silva Júnior, M.C.; Felfili, J.M.; Nogueira, P.E. & Rezende, A.V. 1998. Análise florística de matas de galeria no Distrito Federal. Pp. 52-84. In: **Cerrado – Matas de Galeria**. J.F. Ribeiro (Org.) EMBRAPA-CPAC, Planaltina.
- Simberloff, D. 2004. Community ecology: is it time to move on? **The American Naturalist** **163**: 787-799.
- Singh, J.S.; Raghubanshi, A.S.; Singh, R.S. & Srivastava, S.C. 1989. Microbial biomass acts as a

- source of plant nutrients in dry tropical forest and savanna. **Nature** **338**: 499-500.
- Singh, K.P. & Kushwaha, C.P. 2005. Emerging paradigms of tree phenology in dry tropics. **Current Science** **89**: 964-975.
- Slik, J.W.F. 2004. El Niño droughts and their effects on tree species composition and diversity in tropical rain forests. **Oecologia** **141**: 114-120.
- Sobrado, M.A. 1991. Cost-benefit relationships in deciduous and evergreen leaves of tropical dry forests. **Functional Ecology** **5**: 608-616.
- Souza, J.S. 2005. **Efeito do corte seletivo de madeira na dinâmica de uma Mata Atlântica de Tabuleiro no Norte Fluminense**. Tese de Doutorado, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes.
- Souza, J.P.; Araújo, G.M. & Haridasan, M. 2007. Influence of soil fertility on the distribution of tree species in a deciduous Forest in the Triângulo Mineiro region of Brazil. **Plant Ecology** **191**: 253-263.
- Stanley Jr., T.R. 1995. Ecosystem management and the arrogance of humanism. **Conservation Biology** **9**: 255-262.
- Sukumar, R.; Dattaraja, H.S.; Suresh, H.S.; Radhakrishnan, J.; Vasudeva, R.; Nirmala, S. & Joshi, N.V. 1992. Long-term monitoring of vegetation in a tropical deciduous forest in Mudumalai, southern India. **Current Science** **62**: 608-616.
- Swaine, M.D.; Lieberman, D. & Putz, F.E. 1987. The dynamics of tree populations in tropical forest: a review. **Journal of Tropical Ecology** **3**: 359-366.
- Swaine, M.D. & Whitmore, T.C. 1988. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. **Vegetatio** **75**: 81-86.
- Swaine, M.D. 1990. Population dynamics of tree species in tropical forests. Pp. 101-110. In **Tropical forests: botanical dynamics, speciation and diversity**. L.B. Holm-Nielsen, I.C. Nielsen & H. Balslev (eds.). Academic Press, London.
- Swaine, M.D.; Lieberman, D. & Hall, J.B. 1990. Structure and dynamics of a tropical dry forest in Ghana. **Vegetatio** **88**: 31-51.
- ter Braak, C.J.F. 1987. The analysis of vegetation-environment relationship by canonical correspondence analysis. **Vegetatio** **69**: 69-77.
- ter Braak, C.J.F. & Šmilauer, P. 2002. **CANOCO Reference Manual and User's Guide to Canoco for Windows: Software for Canonical Community Ordination (Version 4.5)**. Centre for Biometry, Wageningen, The Netherlands.
- Terborgh, J.; Lopez, L.; Tello, J.; Yu, D. & Bruni, A.R. 1997. Transitory states in relaxing ecosystems of land bridge islands. Pp. 256-274. In: **Tropical Forest Remnants: Ecology, Management and Conservation of Fragmented Communities**. W.F. Laurance & R.O. Bierregaard (eds.). University of Chicago Press, Chicago.
- Thomas, M.F. 1974. **Tropical geomorphology: a study of weathering and landform development in warm climates**. John Wiley & Sons, New York.
- Timberlake, J.; Fagg, C.W. & Barnes, R. 1999. **Field guide to the Acacias of Zimbabwe**. CBC Publishing, Harare (Zimbabwe).
- Torres, R.B.; Martins, F.R. & Gouvea, L.S.K. 1997. Climate, soil, and tree flora relationships in forests in the state of São Paulo, southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Botânica** **20**: 41-49.

- Trejo-Torres, J.C. & Ackerman, J.D. 2000. Composition patterns of Caribbean limestone forests: are parsimony, classification and ordination analysis congruent? **Biotropica** **34**: 502-515.
- Trudgill, S.T. 1985. **Limestone geomorphology**. Longman, London.
- Uhl, C.; Clark, K.; Dezzio, N. & Maquirino, P. 1988. Vegetation dynamics in Amazonian treefall gaps. **Ecology** **69**: 751-763.
- UNESCO, 2002. **Vegetação no Distrito Federal: tempo e espaço**. UNESCO, Brasília.
- Veloso, H.P.; Rangel-Filho, A.L.R. & Lima, J.C.A. 1991. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. IBGE, Rio de Janeiro.
- Vieira, D.L.M.; Scariot, A.; Sampaio, A.B. & Holl, K.D. 2006. Tropical dry-forest regeneration from root suckers in Central Brazil. **Journal of Tropical Ecology** **177**: 249-257.
- Vieira, D.L.M. & Scariot, A. 2006a. Effects of logging, liana tangles and pasture on seed fate of dry forest tree species in Central Brazil. **Forest Ecology and Management** **230**: 197-205.
- Vieira, D.L.M. & Scariot, A. 2006b. Principles of natural regeneration of tropical dry forests for restoration. **Restoration Ecology** **14**: 11-20.
- Vieira, D.L.M.; Scariot, A. & Holl, K.D. 2007. Effects of habitat, cattle grazing and selective logging on seedling survival and growth in dry forests of Central Brazil. **Biotropica** **39**: 269-274.
- Vieira, D.L.M. & Scariot, A. 2008. Environmental variables and tree population structures in deciduous forests of Central Brazil with different levels of logging. **Brazilian Archives of Biology and Technology** **51**: 419-431.
- Volkov, I.; Banavar, J.R.; He, F.; Hubbell, S.P. & Maritan, A. 2005. Density dependence explains tree species abundance and diversity in tropical forests. **Nature** **438**: 658-661.
- Werneck, M.S.; Franceschinelli, E.V. & Tameirão-Neto, E. 2000. Mudanças na florística e estrutura de uma floresta decídua durante um período de 4 anos (1994-1998), na região do triângulo mineiro, MG. **Revista Brasileira de Botânica** **23**: 401-413.
- Werneck, M.S. & Franceschinelli, E.V. 2004. Dynamics of a dry forest fragment after the exclusion of human disturbance in southeastern Brazil. **Plant Ecology** **174**: 337-346.
- Westoby, M.; Falster, D.S.; Moles, A.T.; Vesk, P.A. & Wright, I.J. 2002. Plant ecological strategies: some leading dimensions of variation between species. **Annual Review of Ecology and Systematics** **33**: 125-159.
- Westoby, M. & Wright, I.J. 2006. Land-plant ecology on the basis of functional traits. **Trends in Ecology and Evolution** **21**: 261-268.
- White, D.A. & Hood, C.S. 2004. Vegetation patterns and environmental gradients in tropical dry forests of the northern Yucatan Peninsula. **Journal of Vegetation Science** **15**: 151-160.
- Whitmore, T.C. 1989a. Canopy gaps and the two major groups of forest trees. **Ecology** **70**: 536-538.
- Whitmore, T.C. 1989b. Guidelines to avoid remeasurements problems in permanent sample plots in tropical rain forests. **Biotropica** **21**: 282-283.
- Whitmore, T.C. 1990. **An introduction to tropical rain forests**. Oxford University Press, Oxford.
- Whitmore, T.C. & Burslem, D.F.R.P. 1998. Major disturbances in tropical rainforests. Pp. 549-565. In: **Dynamics of tropical communities**. D.M. Newbery, H.H.T. Prins & N.D. Brown

- (eds.). Blackwell, Oxford.
- Williamson, G.; Laurance, F.; Oliveira, A.; Delamonica, P.; Gascon, C.; Lovejoy, T. & Pohl, L. 2000. Amazonian tree mortality during the 1997 El Niño drought. **Conservation Biology** **14**: 1538-1542.
- Worbes, M. 1999. Annual growth, rainfall-dependent growth and long-term growth patterns of tropical trees from the Caparo Forest Reserve in Venezuela. **Journal of Ecology** **87**: 391-403.
- Wright, S. 1996. Phenological responses to seasonality in tropical forest plants. Pp. 440-460. In: **Tropical Forest Plant Ecophysiology**. S.S. Mulkey, R.L. Chazdon & A.P. Smith (eds). Chapman & Hall, New York.
- Wright, I.J.; Ackerly, D.D.; Bongers, F.; Harms, K.E.; Ibarra-Manriquez, G.; Martinez-Ramos, M.; Mazer, S.J.; Muller-Landau, H.C.; Paz, H.; Pitman, N.C.A.; Poorter, L.; Silman, M.R.; Vriesendorp, C.F.; Webb, C.O.; Westoby, M. & Wright, J. 2007. Relationships among ecologically important dimensions of plant trait variation in seven Neotropical forests. **Annals of Botany** **99**: 1003-1015.
- Yocom, H.A. 1970. Vernier scales for diameter tapes. **Journal of Forestry** **68**: 725.
- Zar, J.H. 1999. **Biostatistical analysis** 4^{ed}. Princeton-Hall, New Jersey.

ANEXOS

Anexo 1. Lista dos indivíduos de alterações em nomes de espécies com as atualizações em herbário para as parcelas da floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários estudada no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil.

L	P	N	Espécie(2000)	Espécie (2006)	Fuste	CAP 2000 (cm)	CAP 2006 (cm)	Altura 2000 (m)	Altura 2006 (m)
1	14	42	Cava arbo	Ceib spec		176,0	179,0	12,0	13,0
1	14	43	Aspi pyri	Aspi subi		34,0	37,6	5,0	6,5
2	1	247	Mach sp	Tabe impe		35,0	35,0	7,0	7,5
2	3	371	Myrtaceae sp	Ptil bahi		18,0	21,0	4,5	5,0
2	3	373	Myrtaceae sp	Ptil bahi		20,0	23,0	4,5	5,0
2	3	374	Myrtaceae sp	Ptil bahi		46,0	51,0	8,0	8,0
2	8	152	Mach sp	Ptil bahi		46,0	49,3	6,0	8,0
2	16	81	Lueh diva	Lueh cand	A	21,0	21,2	4,6	5,0
2	16	81	Lueh diva	Lueh cand	B	22,0	22,5	3,8	4,0
2	16	81	Lueh diva	Lueh cand	C	40,0	48,0	4,0	6,0
2	16	93	Jaca sp	Jaca bras		36,0	41,3	6,5	7,0
2	16	109	Myrtaceae sp	Ptil bahi		20,0	21,0	4,0	4,0
2	16	122	Lueh diva	Ptil bahi		22,0	22,8	7,0	8,0
2	16	124	Mach sp	Ptil bahi		21,0	23,7	7,0	7,0
2	21	197	Myrtaceae sp	Ptil bahi		17,0	17,0	3,8	3,5
2	21	205	Myrtaceae sp	Ptil bahi		40,0	45,3	12,0	12,0
3	9	529	Aspi pyri	Myra urun		53,0	54,0	7,0	8,0
3	12	534	Tabe serr	Tabe impe		49,0	60,0	8,5	11,0
3	17	401	Myrtaceae sp	Ptil bahi		30,0	30,7	6,5	7,5
3	17	401	Myrtaceae sp	Ptil bahi		28,0	29,0	5,0	7,5
3	17	422	Jaca sp	Jaca bras	B	22,0	22,5	4,5	7,0
3	17	422	Jaca sp	Jaca bras	A	23,0	31,5	4,5	7,5
3	17	424	Astr frax	Mago pube		36,0	44,0	6,5	7,0
3	17	425	Astr frax	Mago pube		23,0	27,5	5,5	6,0
3	22	485	Comb duar	Acac pani		20,0	25,0	3,5	5,0
3	22	488	Jaca sp	Jaca spl		21,0	25,0	3,5	6,0
3	23	480	Lonc mont	Lonc guil		49,0	51,2	12,5	11,0
4	24	643	Mach sp	Dipt aura		43,0	43,5	12,0	12,0
4	25	659	Mach sp	Dipt aura		16,0	82,5	14,0	14,0

Anexo 2. Lista dos indivíduos com decréscimo em diâmetro e suas anomalias nas parcelas da floresta estacional decidual sobre afloramento calcário estudada no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil.

L	P	N	Espécies		Obs	CAP 2000 (cm)	CAP 2006 (cm)	Dif. (CAP)	Anomalia
1	2	79	Tabe impe		.	62,0	56,0	-6,00	Sem problemas aparentes
2	4	160	Comb duar	A	.	27,0	27,0	0,00	Morreu e rebrotou
2	4	714	Dilo bipi		Recruta	-	39,0	39,00	Ignorada na medição anterior
2	5	339	Dilo bipi		.	70,0	67,0	-3,00	Tronco irregular e copa quebrada
2	8	128	Guaz ulmi		.	28,0	26,0	-2,00	Morreu e rebrotou
2	13	225	Comb duar	A	.	20,0	21,5	1,50	Morreu e rebrotou
2	13	236	Morta pé		.	24,0	26,0	2,00	Morreu e rebrotou
2	16	120	Luhe diva		.	25,0	22,5	-2,50	Morreu e rebrotou
2	19	334	Comb duar		.	20,0	21,0	1,00	Morreu e rebrotou
2	20	263	Comb duar	B	.	34,0	27,0	-7,00	Morreu e rebrotou
2	20	278	Comb duar	B	.	20,0	?	-20,00	Número trocado (não existe mais a 279, e sim a 278B)
2	20	278	Comb duar	A	.	43,0	37,5	-5,50	Perdeu casca
2	21	189	Eryt vern		.	37,0	37,5	0,50	Morreu e rebrotou
2	21	202	Bauh ungu		.	22,0	21,5	-0,50	Sem problemas aparentes
3	7	519	Dilo bipi		.	70,0	69,7	-0,30	Casca irregular
3	11	451	Pipt gono		.	33,0	29,0	-4,00	Morreu e rebrotou
3	12	548	Acac pani		.	19,0	18,0	-1,00	Sem problemas aparentes
3	12	813	Morta pé		Recruta	-	20,5	-	Morta em pé
3	17	397	Aspi subi	A	.	95,0	93,0	-2,00	Casca irregular
3	17	397	Aspi subi	B	.	93,0	85,2	-7,80	Casca irregular
3	17	404	Aspi subi		.	28,0	27,0	-1,00	Sem problemas aparentes
3	17	416	Dilo bipi		.	43,0	42,0	-1,00	Perdeu casca
3	17	421	Myra urun		.	38,0	30,0	-8,00	Sem problemas aparentes
3	22	776	Pipt gono		Recruta	-	21,0	-	Morta em pé
3	22	777	Pipt gono		Recruta	-	20,0	-	Morta em pé
3	23	479	Lonc mont		.	65,0	65,0	0,00	Casca irregular
3	23	774	Ster stri		Recruta	-	81,0	-	Ignorada na medição anterior
3	23	775	Dipt aura		Recruta	-	56,3	-	Ignorada na medição anterior
4	18	586	Ster stri		.	114,0	130,0	16,00	Medida anterior abaixo da bifurcação
4	18	601	Guaz ulmi		.	37,0	33,2	-3,80	Sem problemas aparentes
4	25	658	Tabe impe		.	114,0	-	-	Cortada!
4	25	665	Comb duar		.	29,0	30,0	1,00	Morreu e rebrotou
4	25	667	Aspi subi	B	.	48,0	47,5	-0,50	Sem problemas aparentes

Anexo 3. Densidade da madeira das espécies arbóreas estudadas quanto aos ritmos mensais de crescimento na floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara, região Nordeste de Goiás, Brasil.

<i>Cavanillesia arborea</i>		<i>Commiphora leptophleas</i>		<i>Dilodendron bipinnatum</i>		<i>Acacia tenuifolia</i>		<i>Myracrodruon urundeuva</i>	
DAP (cm)	Dm (g.cm ⁻³)	DAP (cm)	Dm (g.cm ⁻³)	DAP (cm)	Dm (g.cm ⁻³)	DAP (cm)	Dm (g.cm ⁻³)	DAP (cm)	Dm (g.cm ⁻³)
36,8	0,089	7,2	0,261	6,8	0,443	6,6	0,545	9,5	0,465
45,3	0,104	10,3	0,280	8,8	0,485	7,8	0,513	11	0,487
66,7	0,165	15,7	0,250	9,2	0,516	7,9	0,544	13,3	0,510
77,1	0,117	17,3	0,333	12,3	0,504	9,1	0,545	14,2	0,505
97,2	0,114	22,7	0,269	15,3	0,545	10,3	0,532	15,1	0,521
121,2	0,077	31,6	0,330	17,2	0,510	12,3	0,539	17,8	0,576
-	-	35,8	0,241	21,1	0,551	13,4	0,536	18,3	0,526
-	-	43,7	0,293	25,8	0,513	15,2	0,608	22,7	0,705
-	-	50,7	0,326	31,2	0,570	18,3	0,653	25,1	0,733
-	-	53,4	0,344	33,4	0,573	23,4	0,639	31,3	0,831