

Dinâmica populacional de *Acacia tenuifolia* (L.) Willd. em uma floresta decidual sobre afloramentos calcários no Brasil CentralPopulation dynamics of *Acacia tenuifolia* (L.) Willd. in a dry forest on limestone outcrops in Central BrazilFabrício Alvim Carvalho¹, Christopher William Fagg² e *Jeanine Maria Felfili² *in memoriam**Resumo**

Este trabalho teve por objetivo analisar a dinâmica da população de *Acacia tenuifolia* em uma floresta estacional sobre afloramentos calcários no Brasil Central. Partiu-se das hipóteses: (1) por se tratar de uma espécie pioneira, a população apresentará uma dinâmica acelerada; (2) a dinâmica da população estará condicionada aos gradientes ambientais locais, provenientes das condições edáficas adversas (solos rasos e rochosos) e presença de microambientes diferenciados. No ano 2000, 25 parcelas de 20 x 20 m (400 m²) foram aleatoriamente alocadas no fragmento florestal estudado. Todos os indivíduos de *A. tenuifolia* com DAP \geq 5 cm foram amostrados e medidos quanto ao DAP e altura. No ano 2006 todos os indivíduos foram remeidos, incluindo mortos e recruta. Foram calculadas as taxas anuais de crescimento, recrutamento e mortalidade (modelo logarítmico). A população apresentou uma dinâmica acelerada, com elevadas taxas de crescimento, mortalidade e recrutamento, resultando em baixa estabilidade, corroborando a hipótese 1. Uma análise de CCA embasou que a dinâmica da população não está relacionada aos gradientes edáficos considerados (rochosidade, pH P, K, Ca, Mg, Al, matéria orgânica e a saturação de bases do solo), indicando que a espécie é generalista, e rejeitando inicialmente a hipótese 2. No entanto, as taxas de mortalidade e recrutamento ocorreram de forma agrupada e dependente da densidade entre as parcelas (χ^2 , $P < 0,01$), sugerindo que esta população se estabelece em micro-sítios favoráveis, e que talvez outros fatores, como a luminosidade, possam ser mais importantes em sua dinâmica espaço-temporal.

Palavras-Chave: Estrutura arbórea, Mudanças temporais, Mudanças espaciais, Análise multivariada, Floresta seca tropical

Abstract

In this work we analyzed the population dynamics of *Acacia tenuifolia* in a seasonally dry forest on limestone outcrops in Central Brazil. We tested two hypotheses: (1) the population of this pioneer species shows accelerated dynamics; (2) the dynamics will be related to the environmental variables, due to edaphic stress (shallow and rock soils) and different environmental micro sites. In the year 2000, 25 plots of 20 x 20 m (400 m²) were randomly allocated in the forest. All *A. tenuifolia* trees with DBH \geq 5 cm were sampled and measured (DBH and height). In 2006, all trees were re-measured, including deaths and recruits. The annual rates of growth, mortality and recruitment (logarithmic model) were calculated. According to hypothesis 1, the population shows fast dynamics, with high rates of growth, mortality and recruitment, resulting in low stability. A CCA analysis shows that the population dynamics were not related to edaphic gradients (rockiness, pH, P, K, Ca, Mg, Al, organic matter and soil base saturation), indicating a generalist pattern and rejecting, initially, hypothesis 2. However, the rates of mortality and recruitment occurs in a grouped and density-dependent form between plots (χ^2 , $P < 0,01$), suggesting that this population occurs on favourable micro sites, and probably others factors, like light conditions, will be more important in spatial-temporal dynamics.

Keywords: Tree structure, Temporal changes, Spatial changes, Multivariate analysis, Tropical dry forest

INTRODUÇÃO

As florestas estacionais tropicais caracterizam-se pela alta complexidade e diversidade biológica, resultante da heterogeneidade de mi-

croambientes (mosaicos de vegetação) em função das mudanças ambientais em diferentes escalas temporais e espaciais (MURPHY e LUGO, 1986). São sistemas dinâmicos, onde mudanças espaciais e temporais ocorrem constantemente,

¹Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade de Brasília – Caixa Postal 04457 – Brasília, DF – 70919-970 - E-mail: fabricao.alvim@gmail.com

²Professor Doutor do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília – Caixa Postal 04437 – Brasília, DF – 70919-970 - E-mail: fagg@unb.br

em nível individual, populacional e de comunidade. De acordo com os processos locais, indivíduos são perdidos e repostos continuamente, num balanço dinâmico dado pela razão mortalidade/recrutamento (REES *et al.*, 2001). Este balanço dinâmico determina o funcionamento e a complexidade local, e está intimamente relacionado com a heterogeneidade de ambientes encontrados no interior da floresta, 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 determinam as condições do microambiente favorável ou não ao estabelecimento e desenvolvimento das espécies (CRAWLEY, 1997).

O estudo de dinâmica das comunidades e/ou populações arbóreas consiste no monitoramento das mudanças na vegetação, através de unidades amostrais permanentes, para que a vegetação seja mensurada periodicamente, tanto para fins de caracterização biológica e ecológica, quanto para programação de colheita de produtos madeireiros e não-madeireiros (FELFILI *et al.*, 2005). Estudos de dinâmica de populações e comunidades lenhosas através de parcelas permanentes, com tamanhos, formatos e intervalos padronizados, vêm sendo conduzidos no bioma Cerrado desde a década de 1980, principalmente em áreas de cerrado *sensu stricto* (FELFILI *et al.*, 2000; LÍBANO e FELFILI, 2006) e matas de galeria (FELFILI, 1995a; FELFILI, 1995b; FELFILI, 1997a, FELFILI, 1997b), existindo a necessidade de se conhecer os padrões de dinâmica de outras fitofisionomias, como as florestas estacionais.

As florestas estacionais sobre afloramentos calcários ocorrem em uma pequena fração do bioma cerrado, cujo maior enclave se encontra na região denominada Vale do Paranã no nordeste de Goiás e sul de Tocantins, região que possui grande importância econômica, fitogeográfica, e na manutenção da elevada diversidade de plantas do bioma como um todo (FELFILI *et al.*, 2007a). Estas florestas ocorrem sobre relevos acidentados, íngremes e rochosos, e estão submetidas a uma forte estacionalidade climática, cujo período sem chuvas pode atingir de cinco a seis meses (FELFILI *et al.*, 2007a). As árvores que ocorrem nestas florestas estão condicionadas aos estresses climáticos e edáficos, capazes de se desenvolver sobre os solos rochosos, rasos e de baixa drenagem (FELFILI *et al.*, 2008). Em tais

florestas, há de se esperar que as características edáficas formem diferentes condições microambientais, que favoreçam diferencialmente o estabelecimento e desenvolvimento das populações arbóreas (NASCIMENTO *et al.*, 2004; FELFILI *et al.*, 2008; CARVALHO, 2009).

Dentre as espécies arbóreas típicas das florestas sobre afloramentos calcários, *Acacia tenuifolia* (L.) Willd. é uma das que apresenta elevada frequência e densidade nos remanescentes (FAGG e HARIDASAN, 2005; FELFILI *et al.*, 2008). Esta é uma espécie mesofanerófito de ampla distribuição nas Américas, que no Brasil Central é encontrada apenas nas florestas estacionais (MENDONÇA *et al.*, 1998). Possui comportamento tipicamente pioneiro, sendo heliófila, de crescimento rápido, de baixa longevidade, produzindo floração abundante e sementes em grande quantidade (CHÁZARO BAZÁNEZ, 1977). Conforme relatos dos moradores da região do Vale do Paranã, esta é uma árvore de considerável importância econômica, sendo utilizada principalmente para produção de carvão, por apresentar crescimento rápido e densidade de madeira intermediária (CARVALHO, 2009).

Este trabalho teve por objetivo analisar a dinâmica de uma população de *Acacia tenuifolia* em um remanescente de floresta estacional sobre afloramentos calcários no Brasil Central. Partiu-se das seguintes hipóteses: (1) por se tratar de uma espécie pioneira, a população apresentará uma dinâmica acelerada, com altas taxas de mortalidade, recrutamento e crescimento, resultando em baixa longevidade no local; (2) a dinâmica da população estará condicionada aos gradientes ambientais do local, provenientes das condições edáficas (solos rasos e rochosos) e presença de microambientes diferenciados.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado em um fragmento de floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no município de Iaciara (coordenadas geográficas do ponto central do fragmento: 14°03'53"S; 46°29'15"O), nordeste do Estado de Goiás (Figura 1). O fragmento encontra-se em propriedade particular (Fazenda Sabonete), possui cerca de 90 ha, e está inserido na região do Vale do Paranã, dentro da área de abrangência da Reserva da Biosfera do Cerrado Fase 2, área considerada como um Corredor Ecológico (Paraná-Pirineus) prioritário para conserva-

ção da vegetação do Cerrado (FELFILI, 2003). A vegetação natural na região é composta por um mosaico de fitofisionomias típicas de cerrado *sensu lato*, estando inserida na unidade de paisagem n° 3 na classificação de sistemas de terras de Silva *et al.* (2006), correspondendo às áreas de depressão dominadas por florestas estacionais e com vegetação savânica (cerrado *sensu stricto*) como fisionomia secundária.

O fragmento encontra-se em altitude de cerca de 500 m, em relevo de encosta de morro com declividade acentuada (10-24°), sobre afloramentos de rochas de calcário, que ocorrem tanto na forma de pequenas rochas no solo quanto na forma de grandes blocos de tamanhos variados (FELFILI *et al.*, 2008). Predominam os solos do tipo Neossolo Litólico Eutrófico, de elevada fertilidade, cujas camadas superiores são rasas e estão restritas a finas coberturas entre as rochas (CARVALHO, 2009). O clima predominante, 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). A precipitação anual apresenta totais inferiores a 1.300 mm, e a distribuição das chuvas é sazonal, concentrando-se entre os meses de outubro a abril, sendo os meses de maio a setembro caracteristicamente secos (< 100 mm) (ANA, 2008).

A vegetação do fragmento está enquadrada no sistema de classificação da vegetação brasileira como Floresta Estacional Decidual (VELOSO *et al.*, 1991), onde a maioria das árvores (> 90%) perde totalmente as folhas na estação seca (FELFILI *et al.*, 2008). Segundo Felfili *et al.* (2008) o fragmento apresenta uma comunidade arbórea composta por espécies adaptadas à seca e capazes de se desenvolver sobre os solos rasos e fendas das rochas. Os troncos são retilíneos em sua maioria, com copas formando-se após os 6 m de altura e dossel atingindo de 10 a 20m e emergentes de até 25 m de altura, cujos maiores diâmetros ficam entre 50 e 100 cm. Por ocorrer em relevo acidentado, o fragmento ainda apresenta bom estado de conservação.

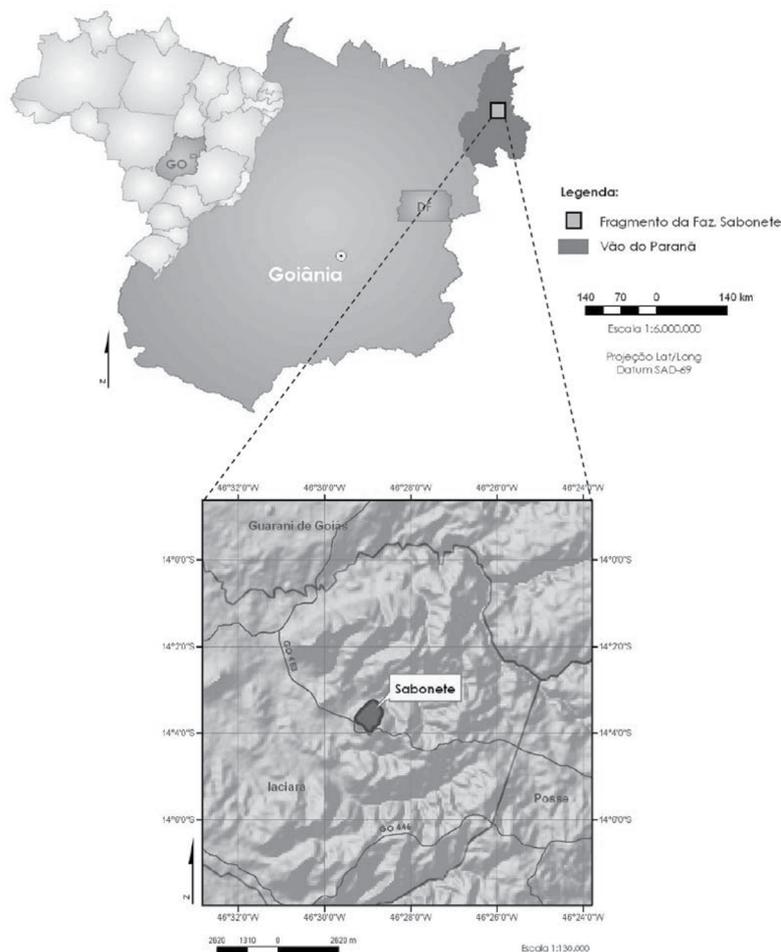


Figura 1. Localização geográfica da região do Vale do Paranã, no nordeste do Estado de Goiás, Brasil Central, e indicação do fragmento de Floresta Estacional Decidual sobre afloramentos de calcário estudado (Fazenda Sabonete), no município de Iaciara.

Figure 1. Geographic location of the Paranã Valley, northeastern of Goiás State, Central Brazil, and indication of the deciduous dry forest on limestone outcrops (Sabonete Farm) at the municipality of Iaciara.

Amostragem da vegetação

No ano de 2000 foi realizado o primeiro inventário deste fragmento (FELFILI *et al.*, 2008). Para a amostragem da vegetação foi adotada a metodologia descrita por FELFILI *et al.* (2005) para áreas florestais de pequenas dimensões e com forte gradiente ambiental (neste caso, a encosta foi considerada o principal gradiente ambiental). O fragmento foi dividido em faixas de 20 m perpendiculares ao gradiente longitudinal, 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. Neste primeiro inventário (2000), todos os indivíduos lenhosos com diâmetro a altura do peito (DAP, 1,30 cm acima do nível do solo) maior ou igual a 5,0 cm presentes nas parcelas tiveram seus diâmetros e alturas medidas, foram marcados com plaquetas de alumínio numeradas sequencialmente, e identificados. O material testemunho encontra-se depositado no Herbário do IBGE, em Brasília. Os resultados deste inventário indicaram *Acacia tenuifolia* (L.) Willd. como uma espécie de destaque na comunidade arbórea do fragmento, ocorrendo com elevada densidade e frequência, sendo a segunda espécie em termos de densidade relativa (12,6%) e a quinta em valor de importância (7,4%) (FELFILI *et al.*, 2008). Um segundo inventário foi realizado em 2006, onde todos os indivíduos presentes nas parcelas foram remeidos quanto ao DAP e altura, incluindo mortos e recrutados com DAP \geq 5 cm.

Estrutura e dinâmica da população

Todos os indivíduos de *Acacia tenuifolia* amostrados nos dois inventários, incluídos vivos (2000 e 2006), mortos (2006) e recrutados (2006), foram selecionados para os cálculos dos parâmetros de dinâmica de sua população.

Para a análise da distribuição diamétrica foram utilizados intervalos de classe determinados a partir da fórmula de Spiegel (FELFILI e RESENDE, 2003): $IC = A / nc$, onde A é a amplitude de diâmetros e nc o número de classes, sendo que $nc = 1 + 3,3 \log(n)$, onde n é o número de indivíduos. O teste de Kolmogorov-Smirnov (D) foi utilizado para avaliar se houve diferença na estrutura diamétrica da população entre os dois períodos (BROWN e ROTHERY, 1993).

As taxas anuais de crescimento, expressas pelos valores de incremento diamétrico médio anual (IMA), foram calculadas a partir das diferenças entre os diâmetros dos indivíduos nos dois

intervalos (2000 e 2006), dividido pelo intervalo total (6 anos) (LOETHSCH e HALLER, 1973). As taxas anuais de mortalidade (perda de indivíduos, em $\% \cdot \text{ano}^{-1}$) e recrutamento (ingresso de indivíduos, em $\% \cdot \text{ano}^{-1}$) foram calculadas através do modelo logarítmico (SHEIL e MAY, 1996). A partir das taxas de mortalidade e recrutamento foram calculados os valores de meia-vida (o número de anos necessários para uma redução da população inicial de 50% em função da mortalidade) e tempo de duplicação (o número de anos necessários para duplicar o tamanho em função do recrutamento) da população (SWAINE *et al.*, 1987). Também foram calculados os valores de estabilidade (a partir da diferença entre o tempo de duplicação e a meia vida, expresso em anos) e rotatividade (a partir da média entre o tempo de duplicação e a meia vida, expresso em anos) da população (FELFILI, 1995a).

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 período final (2006) eram dependentes da densidade de indivíduos vivos no período inicial (2000). As análises foram desenvolvidas no software PAST versão 1.81 (HAMMER *et al.*, 2001).

Relação entre a dinâmica e variáveis ambientais

A relação entre os parâmetros de dinâmica e variáveis ambientais foi explorada através de uma análise de correspondência canônica (CCA), através do programa CANOCO versão 4.5 (TER BRAAK e SMILAUER, 2002). Foram elaboradas duas matrizes de dados, uma com os parâmetros de dinâmica (IMA, mortalidade e recrutamento) e a outra com as variáveis ambientais (composição química e rochosidade do solo), conforme procedimentos descritos em Felfili *et al.* (2007b).

Para a determinação da composição química do solo foram coletadas amostras superficiais (0-20 cm de profundidade) a uma distância de aproximadamente 5 m de cada vértice da parcela. Estas amostras foram misturadas para compor uma amostra composta de solo para cada parcela. Foram determinados o pH; os teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), matéria orgânica e a saturação de bases do solo. O grau de rochosidade (percen-

tagem da superfície ocupada por rocha exposta) foi avaliado visualmente, dentro de intervalos de percentagem definidos através do método de *Braun-Blanquet* (KENT e COKER, 1992). Foram adotados os intervalos: 0-25% (rochosidade baixa), 26-50% (média), 51- 75% (alta) e 76-100% (muito alta) para cada parcela.

Os autovalores gerados na análise foram utilizados para critérios de correlação entre as variáveis, sendo adotado o nível de significância de $> 0,3$ (FELFILI *et al.*, 2007b). Após uma análise preliminar algumas variáveis ambientais foram eliminadas devido à alta redundância (alto valor de inflação) ou baixa correlação com os eixos principais (eixos 1 e 2), conforme sugerido por Felfili *et al.* (2007b). O teste de permutação de Monte Carlo foi aplicado para verificar a significância das correlações entre os parâmetros da dinâmica e as variáveis ambientais restantes (FELFILI *et al.*, 2007b). Uma análise de correlação de Spearman (r_s) foi aplicada a *posteriori*, para testar a relação entre os parâmetros de dinâmica e as variáveis ambientais resultantes na análise CCA final (KENT e COKER, 1992).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição dos indivíduos da população pelas classes de diâmetro apresentou uma conformação do tipo J-reverso, em ambos os períodos analisados (Figura 2). Não foi detectada diferença significativa na distribuição dos indivíduos pelas classes de diâmetro entre os dois intervalos analisados ($D = 0,160$, $P = 0,13$). A conformação do tipo J-reverso em ambos os intervalos analisados, e a ausência de diferenças nesta conformação nos dois períodos, sugere uma franca capacidade

auto-regenerativa e de estabilidade estrutural da população, no sentido de que um maior estoque de indivíduos de menores portes será capaz de manter a população em longo prazo pela substituição dos indivíduos senis ou em decriptude (FELFILI, 1997b; CLARK e CLARK, 1999).

O incremento médio anual (IMA) dos indivíduos da população foi de $0,35 \text{ cm.ano}^{-1}$, e aumentou com o aumento das classes de diâmetro até a classe de $11,7 \text{ cm}$, após o qual houve um tênue decréscimo nas taxas de crescimento (Figura 3). A variabilidade do IMA da população foi elevada ($CV = 51\%$), e por classe de diâmetro foi menor na menor classe, de $5,1$ a $7,3 \text{ cm}$ ($CV = 28\%$) e maior na classe intermediária, de $7,4$ a $9,5 \text{ cm}$ ($CV = 63\%$). Os IMAs mínimos e máximos foram de $0,03$ e $0,76 \text{ cm.ano}^{-1}$ respectivamente, ambos na classe de diâmetro intermediária de $7,4$ a $9,5 \text{ cm}$.

O valor do IMA da população ($0,35 \text{ cm.ano}^{-1}$) foi considerado alto em comparação com valores registrados em outros estudos de populações arbóreas em diversas florestas tropicais (SWAINE *et al.*, 1987; FELFILI 1995b; CLARK e CLARK, 1999), fato explicado pela estratégia de crescimento acelerado típico de uma espécie pioneira (HARTSHORN, 1990). Felfili (1995a) estudando a dinâmica arbórea de uma mata de galeria no Brasil Central encontrou valores similares de incremento para algumas populações de espécies pioneiras (*Ocotea mollis*: $0,31 \text{ cm.ano}^{-1}$; *Piptocarpha macropoda*: $0,37 \text{ cm.ano}^{-1}$), registrando também um aumento nas taxas de crescimento com o aumento do porte dos indivíduos, concluindo que estas estariam mais aptas a competir por luz em relação às árvores de menor porte, que ocupam os estratos inferiores da floresta. O valor do IMA também concorda com os des-

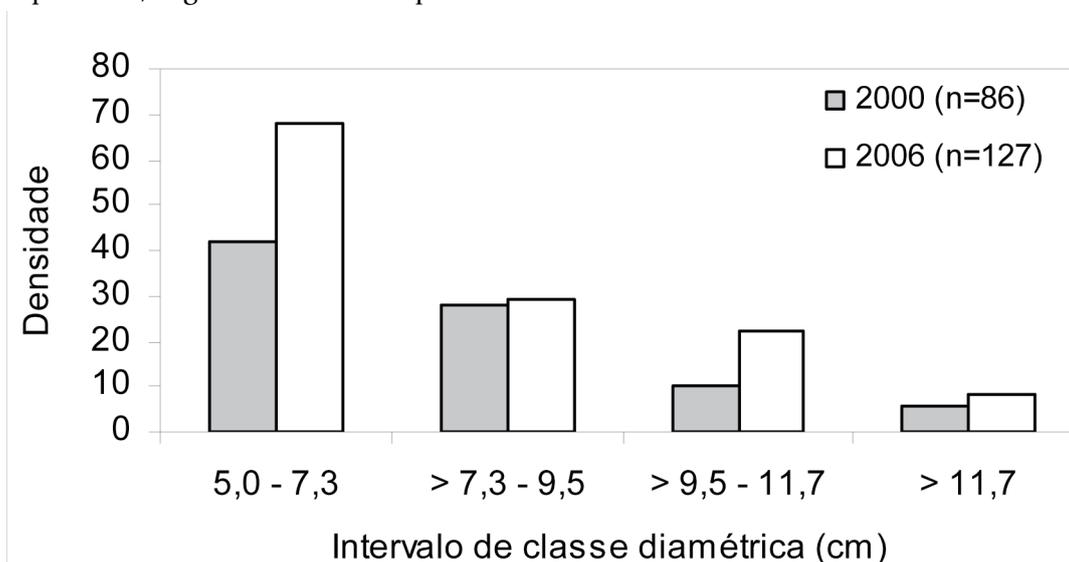


Figura 2. Distribuição diamétrica dos indivíduos de *Acacia tenuifolia* nos dois períodos amostrados (2000 e 2006).
Figure 2. Diametric distribution of *Acacia tenuifolia* trees in sampled intervals (2000 and 2006).

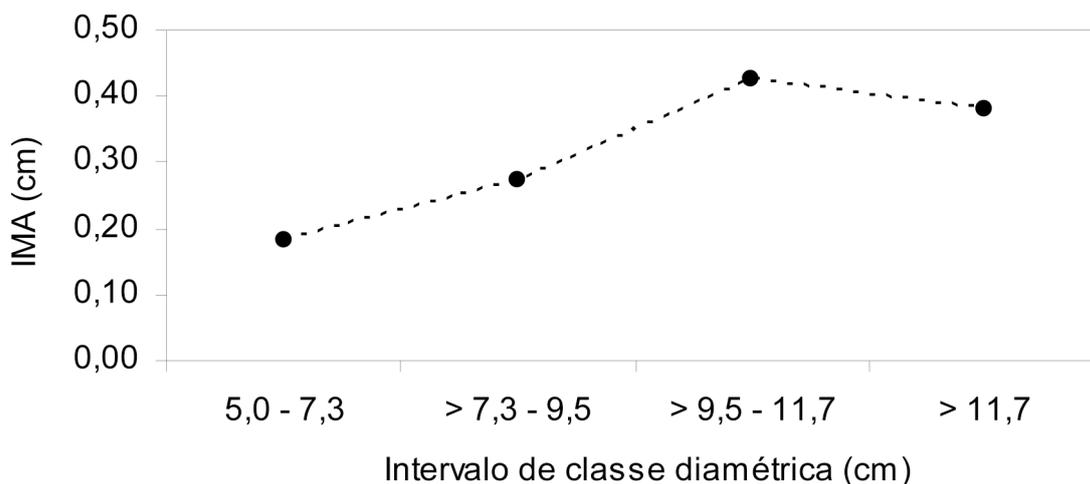


Figura 3. Incremento médio anual (IMA) dos indivíduos de *Acacia tenuifolia*, por classes diamétricas, no período amostrado (2000 a 2006).

Figure 3. Annual mean increment (IMA) of *Acacia tenuifolia* trees by diameter classes, in the sampled interval (2000 to 2006).

critos por Baker *et al.* (2003) para populações de pioneiras arbóreas de florestas estacionais na África, e num contexto geral, os autores demonstram que pioneiras de florestas estacionais tendem a apresentar maior IMA em relação às florestas úmidas, onde a disponibilidade de luz torna-se um fator mais limitante.

Os altos coeficientes de variação detectados nos IMAs dos indivíduos reflete a variabilidade intra e inter específica no crescimento arbóreo, sendo esta uma característica frequentemente encontrada em florestas tropicais (SWAINE *et al.*, 1987; FELFILI, 1995a; CLARK e CLARK, 1999; BAKER *et al.*, 2003), como consequência da elevada heterogeneidade genética e ambiental típica destes ambientes (HUBBELL *et al.*, 1999). De acordo com Felfili (1995a), cada árvore possui características genéticas próprias e está estabelecida sob condições ambientais únicas ao longo da floresta, e 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 em florestas tropicais, Felfili (1995a) cita a competição por luz, que está diretamente relacionada com a capacidade fotossintética da planta. Neste sentido, a maior parte dos indivíduos de *A. tenuifolia* presentes nos intervalos de classes diamétricas de maiores IMAs (7,4 a 11,7 cm) possui alturas dentro do intervalo de dossel (8 a 15 m) do fragmento (FELFILI *et al.*, 2008), indicando que estão aptos a competir por luz nos estratos mais altos da floresta.

A mortalidade total obtida no período amostrado foi de 32%. Um maior número de indivíduos mortos ocorreu nas menores classes de diâmetro, sendo maior na classe inferior, de 5,1 a 7,3 cm (44% do total), seguido da classe intermediária, de 7,4 a 9,5 cm (31% do total) (Figura 4). No entanto, as taxas de mortalidade média anual, cujo total foi de 7,8%, apresentaram padrões inversos, sendo maiores nas classes de maiores diâmetros (Figura 4). O número de indivíduos mortos entre as parcelas apresentou distribuição agrupada ($\chi^2 = 24,44$, $P < 0,01$), e positivamente correlacionada com a densidade de indivíduos vivos nas parcelas ($r_s = 0,48$, $P < 0,05$).

A taxa anual de mortalidade de 7,8% está muito próxima à encontrada por Felfili (1995a) para a espécie pioneira *Piptocarpha macropoda* (7,9%.ano⁻¹) em uma mata de galeria no Brasil Central, indicando que altas taxas de mortalidade são peculiares a espécies pioneiras, característica compartilhada com as florestas tropicais num contexto geral (SWAINE *et al.*, 1987). As maiores taxas anuais de mortalidade observadas nas menores classes de diâmetro estão muito provavelmente relacionadas a uma competição mais acirrada por espaço e recursos entre os indivíduos mais jovens, visto que estes apresentaram maior densidade e distribuição espacial agrupada. Por outro lado, os maiores valores de mortalidade anual para as árvores de maior porte estão relacionadas tanto com sua menor densidade quanto com seu padrão natural de senescência ao atingir sua máxima longevidade (CLARK e CLARK, 1999; BAKER *et al.*, 2003).

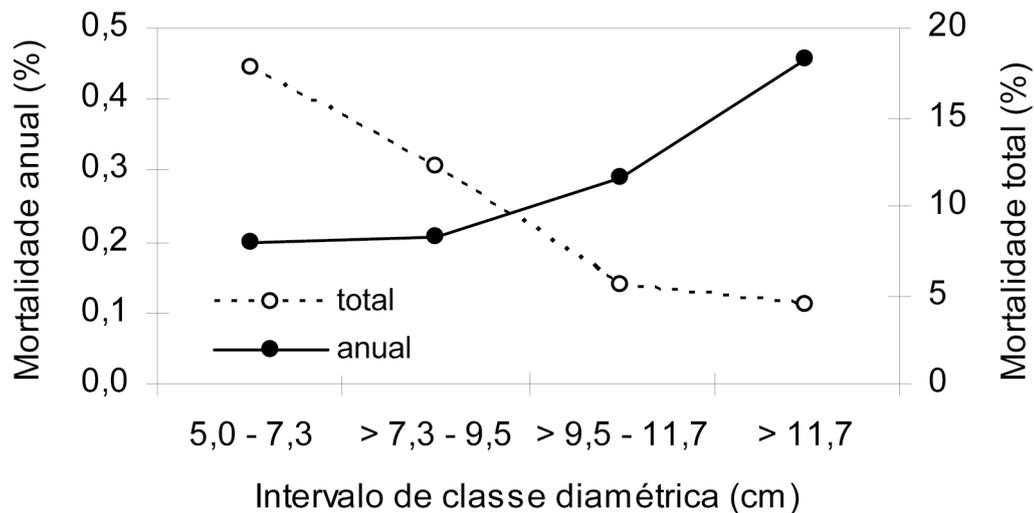


Figura 4. Taxas de mortalidade total e periódica anual para *Acacia tenuifolia*, por classes diamétricas, no período amostrado (2000 a 2006).

Figure 4. Total and periodic annual mortality rates of *Acacia tenuifolia* trees, distributed in diametric classes, in the sampled interval (2000 to 2006).

O recrutamento da população foi superior à mortalidade, tanto com relação ao total de recrutadas ao final do intervalo (57%) quanto com relação à taxa de recrutamento médio anual total, que foi de 10,2%. O recrutamento entre as parcelas também apresentou distribuição agrupada ($\chi^2 = 22,73$, $P < 0,01$), e positivamente correlacionada com a densidade de indivíduos vivos nas parcelas ($r_s = 0,48$, $P < 0,05$).

O balanço entre o recrutamento (10,2%.ano⁻¹) e a mortalidade (7,8%.ano⁻¹) concorda com o resultado da análise de distribuição diamétrica, reforçando a idéia de que esta população é auto-regenerante e capaz de persistir na comunidade em longo prazo. No entanto, este resultado discorda do padrão geral encontrado em outras florestas tropicais preservadas ou em fase de progressão para estágios sucessionais mais avançados, onde as espécies pioneiras tendem a apresentar maior mortalidade em relação ao recrutamento (FELFILI, 1995a, OLIVEIRA-FILHO *et al.*, 1997; WERNECK e FRANCHESCHINELLI, 2004). Segundo Hubbell *et al.* (1999), as espécies pioneiras ocorrem naturalmente em baixas densidades nas florestas tropicais maduras, e uma elevada abundância aparece como um indicativo de perturbações naturais (ex. clareiras) ou antrópicas. Observações de campo ao longo dos últimos dez anos indicam que esta floresta apresenta baixo impacto antrópico, sendo encontrados apenas algumas evidências de extrações de madeira (tocos) e queimadas antigas, especialmente em suas bordas, sendo considerada por Felfili *et al.* (2008) como uma floresta em bom estado de conservação. Neste sentido, é

muito provável que os indivíduos de *A. tenuifolia* estejam se estabelecendo em áreas de distúrbios naturais, especialmente clareiras provocadas pela queda de outras árvores, uma vez que os solos rasos e rochosos tendem a proporcionar uma maior mortalidade via tombamento (CARVALHO, 2009), ou aproveitando-se do maior espaçamento entre as árvores proporcionado pelo solo rochoso (FELFILI *et al.* 2008).

As elevadas taxas de mortalidade e recrutamento proporcionaram baixos valores de meia-vida (8,9 anos), tempo de duplicação (6,8 anos) e rotatividade (7,9 anos). Conseqüentemente, a estabilidade da população foi alta, de apenas 2,2 anos, considerando que quanto mais próximo o valor for de zero mais estável é a população (KORNING e BASLEV, 1994). Em síntese, os resultados obtidos confirmaram que a população estudada apresenta uma dinâmica acelerada, corroborando a hipótese 1.

A análise de correspondência canônica (CCA) entre os parâmetros de dinâmica e as variáveis ambientais mais importantes gerou autovalores baixos (< 0,25) para todos os eixos, indicando gradientes "curtos", ou seja, sugerindo que a dinâmica da população não apresenta variações vinculadas aos gradientes ambientais considerados. Tal fato foi corroborado pelos valores não significativos do teste de Monte Carlo, tanto para o primeiro eixo ($F = 4,12$, $P = 0,55$) quanto para o conjunto de todos os eixos ($F = 1,01$, $P = 0,48$), indicando que a dinâmica desta população não apresenta uma nítida relação com as variáveis ambientais consideradas. Os resultados da análise de correlação de Spearman reforçaram

os padrões da CCA, não tendo sido encontrados coeficientes de correlação significativos entre nenhum dos parâmetros de dinâmica e as variáveis ambientais consideradas (r_s , $P > 0,05$).

Os resultados da CCA indicam, em princípio, que a dinâmica desta população ocorre independentemente das variações ambientais locais, o que levaria à rejeição da hipótese 2. Entretanto, deve ser salientado que este tipo de análise de gradientes é fundamentalmente exploratória (FELFILI *et al.*, 2007b), e que outros fatores além dos edáficos considerados na análise, como por exemplo, a abertura do dossel e a intensidade luminosa, possam ser mais importantes para governar os processos dinâmicos desta população. Conforme salientado anteriormente, a luz é um fator determinante no ciclo de vida das espécies pioneiras, tipicamente heliófilas, e a presença de padrões dinâmicos (recrutamento e mortalidade) agrupados e dependentes da densidade para a espécie sugere um padrão de ocupação de micro-sítios ótimos para seu estabelecimento, muito provavelmente quanto à luminosidade, sendo esta uma variável que merece ser testada futuramente quanto ao desempenho da espécie. De qualquer maneira, estes resultados indicam que a população estudada apresenta comportamento generalista, e por este motivo é capaz de colonizar e se desenvolver de forma muito eficiente ao longo da floresta.

CONCLUSÕES

A população de *Acacia tenuifolia* estudada apresentou estrutura estável nos dois períodos analisados (2000 e 2006), indicando capacidade de auto-regeneração e manutenção em longo prazo.

A população apresentou uma dinâmica acelerada, conforme esperado para uma espécie pioneira, com elevadas taxas de crescimento, mortalidade e recrutamento, sendo observada uma nítida relação entre tais parâmetros e o porte dos indivíduos.

As taxas de mortalidade e recrutamento ocorreram de forma agrupada e dependente da densidade, sugerindo que esta população se estabelece em micro-sítios favoráveis.

A CCA mostrou que a dinâmica da população não está relacionada aos gradientes edáficos da floresta, indicando que a espécie é generalista e que talvez outros fatores não incluídos na análise, como a luminosidade, por exemplo, possam ser mais determinantes em sua dinâmica espaço-temporal.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho faz parte da tese de doutorado do primeiro autor, e é dedicado à professora orientadora Jeanine Maria Felfili Fagg, que faleceu prematuramente (1956-2009) no auge de sua extraordinária carreira científica, uma querida amiga e mentora que dedicou sua vida ao Cerrado. Agradecemos à Fundação O Boticário de Proteção à Natureza (Projeto nº 0705_20061) e ao CNPq (Projeto nº 476477/2006-9) pelo apoio financeiro. Ao técnico Newton R. Oliveira e aos pesquisadores do Laboratório de Manejo Florestal Ricardo F. Haidar, Elisa L. Meirelles e Elaina C. Oliveira pelo auxílio nas coletas dos dados. Ao Sr. Sílvio Lacerda, por ceder livre acesso à área de estudo. Ao CNPq pelas bolsas concedidas a Fabrício Alvim Carvalho (doutorado) e Jeanine Maria Felfili (produtividade).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **HidroWeb, sistema de informações hidrológicas: série histórica de precipitação da bacia do rio Tocantins, 1969-2006.** Brasília, 2008. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/>. Acesso em: 30 maio 2008.
- BAKER, T.R.; SWAINE, M.D.; BURSLEM, D.F.R.P. Variation in tropical forest growth rates: combined effects of functional group composition and resource availability. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, Amsterdam, v.6, n.1, p.21-36, 2003.
- BROWN, D.; ROTHERY, P. **Models in biology: mathematics, statistics and computing.** New York: John Wiley & Sons, 1993. 688p.
- CARVALHO, F.A. **Dinâmica da vegetação arbórea de uma floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no Brasil Central.** 2009. 134p. Tese (Doutorado em Ecologia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2009.
- CHÁZARO BAZÁNEZ, M.J. *Acacia pennatula* (Schlect. & Cham.) Benth.: una invasora del Centro de Veracruz. **Biotropica**, Lawrence, v.2, n.1, p.1-18, 1977.
- CLARK, D.A.; CLARK, D.B. Assessing the growth of tropical rain forest trees: issues for forest modeling and management. **Ecological Applications**, Washington, v.9, n.4, p.981-997, 1999.

- CRAWLEY, M.J. Life history and environment. In: CRAWLEY, M.J. **Plant ecology**. Oxford: Blackwell Science, 1997. p.73-131.
- FAGG, C.W.; HARIDASAN, M. Estrutura e distribuição espacial de *Acacia tenuifolia* em um fragmento de floresta estacional no Vale do Paranã-Goiás. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, Brasília, v.15, n.1, p.9-18, 2005.
- FELFILL, J.M. Comparison of dynamics of two gallery forests in Central Brazil. In: IMAÑA-ENCINAS, J.; KLEIN, C. **Proceedings of the international symposium on assessment and monitoring of forest in tropical dry regions with special reference to gallery forests**. Brasília: Universidade de Brasília, 1997a. p.115-124.
- FELFILL, J.M. 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**, São Paulo, v.20, n.2, p.155-162, 1997b.
- FELFILL, J.M. Diversity, structure and dynamics of a gallery forest in central Brazil. **Vegetatio**, Amsterdam, v.117, n.1, p.1-15, 1995b.
- FELFILL, J.M. Fragmentos de florestas estacionais do Brasil Central: diagnóstico e proposta de corredores ecológicos. In: COSTA, R.B. **Fragmentação florestal e alternativas de desenvolvimento rural na Região Centro-Oeste**. Campo Grande: Universidade Católica Dom Bosco, 2003. p.138-160.
- FELFILL, J.M. Growth, recruitment and mortality in Gama gallery forest in central Brazil over a six-year period (1985-1991). **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v.11, n.1, p.67-83, 1995a.
- FELFILL, J.M.; CARVALHO, F.A.; FAGG, C.W. **Recuperação de matas secas e vegetações associadas no Vale do Paranã, GO**. Brasília: Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, 2007a. 32p.
- FELFILL, J.M.; CARVALHO, F.A.; HAIDAR, R.F. **Manual para o monitoramento de parcelas permanentes nos biomas Cerrado e Pantanal**. Brasília: Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, 2005. 60p.
- FELFILL, J.M.; CARVALHO, F.A.; LÍBANO, A.M.; VENTUROLI, E.; PEREIRA, B.A.S. **Análise multivariada em estudos de vegetação**. Brasília: Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, 2007b. 60p.
- FELFILL, J.M.; NASCIMENTO, A.R.T.; FAGG, C.W.; MEIRELLES, E.L. Floristic composition and community structure of a seasonally deciduous forest on limestone outcrops in Central Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.30, n.4, p.611-621, 2008.
- FELFILL, J.M.; RESENDE, R.P. **Conceitos e métodos em fitossociologia**. Brasília: Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, 2003. 64p.
- FELFILL, J.M.; REZENDE, A.V.; SILVA-JUNIOR, M.C.; SILVA, M.A. Changes in floristic composition of cerrado *sensu stricto* in Brazil over a nine year period. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v.16, n.4, p.579-590, 2000.
- HAMMER, Ø; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. PAST: paleontological statistical software package for education and data analysis. **Palaentologia Electronica**, Oslo, v. 4, p.1-9, 2001.
- HARTSHORN, G.S. An overview of neotropical forest dynamics. In: GENTRY, A.H. (Ed.) **Four neotropical rainforests**. New Haven: Yale University Press, 1990. p.585-600.
- HUBBELL, S.P.; FOSTER, R.B.; O'BRIEN, S.T.; HARMS, K.; CONDIT, R.; WECHSLER, B.; WRIGHT, S.J.; LAO, S.L. Light gaps disturbance, recruitment limitations and tree diversity in a neotropical forest. **Science**, Hanover, v.283, p.554-557, 1999.
- KENT, M.; COKER, P. **Vegetation description and analysis: a practical approach**. Chichester: John Wiley & Sons, 1992. 363p.
- KORNING, J.; BALSLEV, H. Growth rates and mortality patterns of tropical lowland tree species and the relation to forest in Amazonian Ecuador. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v.10, n.1, p.151-166, 1994.
- LÍBANO, A.M.; FELFILL, J.M. Mudanças temporais na composição florística e na diversidade de um cerrado *sensu stricto* do Brasil Central em um período de 18 anos. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v.20, n.4, p.927-936, 2006.
- LOETHSCH, E.; HALLER, K.E. **Forest inventory**. Munich: BLV, 1973. 436p.

- MENDONÇA, R.; FELFILI, J.M.; WALTER, B.M.T.; SILVA JUNIOR, M.C.; REZENDE, A.V.; FILGUEIRAS, T.S.; NOGUEIRA, P.E. Flora vascular do bioma Cerrado. In: SANO, S.; ALMEIDA, P. **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1998. p.287-556.
- MURPHY, P.G.; LUGO, A.E. Ecology of tropical dry forest. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v.17, p.67-88, 1986.
- NASCIMENTO, A.R.T.; FELFILI, J.M.; MEIRELLES, E.M. Florística e estrutura da comunidade arbórea de um remanescente de Floresta Estacional Decidual de encosta, Monte Alegre, Goiás, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v.18, n.3, p.659-669, 2004.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T.; MELLO, J.M.; SCOLFORO J.R.S. Effects of past disturbance and edges on tree community structure and dynamics within a fragment of tropical semideciduous forest in south-eastern Brazil over a five-year period (1987-1992). **Plant Ecology**, Amsterdam, v.131, n.1, p.45-66, 1997.
- REES, M.; CONDIT, R.; CRAWLEY, M.; PACALA, S.; TILMAN, D. Long-term studies of vegetation dynamics. **Science**, Hanover, v.293, p.650-658, 2001.
- SHEIL, D.; MAY, R. Mortality and recruitment rate evaluations in heterogeneous tropical forests. **Journal of Ecology**, London, v.84, n.1, p.91-100, 1996.
- SILVA, J.F.; FARIÑAS, M.R.; FELFILI, J.M.; KLINK, C.A. Spatial heterogeneity, land use and conservation in the cerrado region of Brazil. **Journal of Biogeography**, Oxford, v.33, n.4, p.536-548, 2006.
- SWAINE, M.D.; LIEBERMAN, D.; PUTZ, F.E. The dynamics of tree populations in tropical forests: a review. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v.3, p.359-366, 1987.
- TERBRAAK, C.J.F.; SMILAUER, P. **CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5)**. Ithaca: Microcomputer Power, 2002. 500p.
- VELOSO, H.P.; RANGEL-FILHO, A.L.R.; LIMA, J.C.A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 123p.
- WERNECK, M.S.; FRANCESCHINELLI, E.V. Dynamics of a dry forest fragment after the exclusion of human disturbance in southeastern Brazil. **Plant Ecology**, Amsterdam, v.174, n.3, p.337-346, 2004.

Recebido em 15/08/2009
Aceito para publicação em 04/05/2010