

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE BIOLOGIA

Estrutura de populações de *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. (Annonaceae) e *Roupala montana* Aubl. (Proteaceae) em quatro fragmentos de cerrado *sensu lato* no município de Itirapina/SP

Aneliza de Almeida Miranda-Melo

Prof. Dr. Flavio Antonio Maës dos Santos (Orientador)

Prof. Dr. Fernando Roberto Martins (Co-orientador)

Tese apresentada ao Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Biologia Vegetal.

Campinas

2004

DATA DE DEFESA: 01/03/2004

Banca Examinadora

Prof. Dr. Flavio Antonio Maës dos Santos (orientador)

Prof. Dr. John Du Vall Hay

Prof. Dr. Kikyo Yamamoto

Prof. Dr. Carlos Alfredo Joly

Dedico

À minha família

Por todo apoio e amor

Ao meu marido

Pelo companheirismo e grande amor

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desta dissertação, em especial:

À Deus, por ser o alimento que me fortalece dando-me a essência para vencer.

À Fapesp pelo fornecimento da bolsa.

Por toda minha família, especialmente meus pais, Abias (in memoriam) e Simone, por acreditarem no meu esforço, pela dedicação e amor durante todos estes anos da minha vida.

Ao meu marido, Geraldo (Gê), por tudo que sou como mulher, esposa e profissional. Pelas horas de trabalho no campo (mão de obra especializada), auxílio em computação (principalmente no paint), por ser primeiro revisor, crítico, orientador, marido, companheiro, enfim, por me amar.

Ao meu orientador, Flavião, pela grande paciência, verdadeira orientação, apoio e ensino constante.

Ao meu grande co-orientador, Fernando Martins, pelo apoio e críticas fundamentais ao meu desenvolvimento como pesquisadora.

À todos os professores do departamento de Botânica, principalmente pelo incentivo durante o período de seleção para o mestrado, dado pela Profa. Angêla, Profa. Eliana, Profa. Ana Tozzi, Profa. Sandra, Profa. Kykio e Prof. Tamashiro.

Aos professores da pré-banca, John Hay, Williann Hoffmann e Kykio Yamamoto, minha eterna gratidão pelas preciosas sugestões.

Aos amigos e colegas, Divina, Karina, Rosi, Rondon, Edileide, Tiberê, Dani, Flavinho, Talita, Flaviana, que compartilharam comigo as minhas vitórias e fracassos, apoiando-me e acreditando nos meus esforços.

Aos demais colegas, Alessandra, Karin, Andréa, Léo, Alexandre, Júlia, Vanessa, Maíra, Valério e Archimedes pelos momentos que passamos e pelas gostosas conversas.

Ao Instituto Florestal de Itirapina/SP, pelo apoio logístico fornecido para o desenvolvimento do estudo.

Ao Instituto Arruda Botelho, pelo apoio na liberação de áreas para o estudo.

Enfim, a todos parentes e amigos que me incentivaram de uma forma ou de outra, minha eterna gratidão...

RESUMO

A estrutura populacional de duas espécies, *Xylopia aromatica* e *Roupala montana*, foi estudada em quatro fragmentos de cerrado no município de Itirapina/SP com diferentes fisionomias e históricos de perturbação e em três áreas, dentro de um mesmo fragmento, com fisionomias semelhantes. Em cada área, dentro de cada fragmento, foi instalada uma grade de 200 parcelas contíguas de 5 x 5 m, totalizando 0,5 ha. Em cada parcela todos os indivíduos das duas espécies com diâmetro do caule à altura do solo (DAS) ≥ 3 cm foram marcados e sua altura e seu DAS foram registrados. Em sub-parcelas de 1 m², sorteadas dentre os vértices de cada parcela de 25 m², foram marcados os indivíduos com DAS < 3 cm. Para cada espécie estudada, foram identificados seis estádios ontogenéticos: plântula (apresentava uma ou duas folhas cotiledonares), jovem 1 (não apresentava cotilédones nem ramificações), jovem 2 (possuía ramificações), imaturo (apresentava ramificações e reiterações), adulto vegetativo (apresentava diâmetro e altura iguais ou maiores que as do menor indivíduo reprodutivo, mas não se reproduziu no período de coleta de dados) e adulto reprodutivo (apresentava flor, fruto ou cicatriz dessas estruturas), os quais foram utilizados nas demais análises. Uma grande plasticidade da forma arquitetural foi observada entre as espécies, e essas variações foram maiores entre o fragmento de fisionomia mais florestal e os mais abertos. Isto sugere que, dependendo das características de crescimento e da estratégia de resistência e/ou reprodutiva adotadas pelas espécies frente a um fator de perturbação, diferentes formas arquiteturais poderão ser encontradas. A estrutura de estádios ontogenéticos apresentou maior proporção de estádios iniciais de *Xylopia* nas fisionomias mais abertas e sujeitas a alta perturbação. Já *Roupala*, apresentou alta proporção de Jo1 e de Jo1: AR no Valério 1, o qual apresenta fisionomia mais florestal. Essa predominância de diferentes estádios e as diferentes proporções entre estádios geraram estruturas populacionais diferentes em ambas espécies, tanto entre fragmentos com fisionomias diferentes quanto dentro de um mesmo fragmento. Essas diferenças podem ter sido influenciadas pelo histórico de perturbação e pelas características reprodutivas, como padrão fenológico e tipo de reprodução. A distribuição espacial dos estádios ontogenéticos de *Xylopia* e *Roupala* variou, e as diferenças foram maiores entre áreas dentro de um mesmo fragmento do que entre fragmentos. *Xylopia* apresentou padrão espacial aleatório em todos os estádios, exceto para os estádios tardios, no fragmento de fisionomia mais florestal (Valério), em que o padrão foi agregado, enquanto *Roupala* apresentou predominância de

padrão agregado em todos os estádios. Essas diferenças entre as distribuições espaciais podem ser uma consequência da variação das condições ambientais, principalmente de luminosidade, ou a influência de outros fatores aqui não estudados. Foi observado que *Xylopia* ocorreu em todos os fragmentos, enquanto *Roupala* não, indicando um padrão agrupado de ocorrência de *Roupala* na escala entre fragmentos e, ambas espécies apresentaram densidade menor em fragmentos mais abertos, levando-nos a inferir que perturbações, padrão fenológico e tipo de reprodução são prováveis responsáveis pela distribuição espacial das espécies entre os fragmentos e pelas suas densidades. Por fim, diferenças na arquitetura e nas estruturas de estádios ontogenéticos e espacial, como observado neste trabalho, levam a concluir que estudos que enfoquem variações espaciais dentro e entre áreas e as características das espécies e seus habitats são de fundamental importância para compreender melhor quais fatores influenciam os processos populacionais, qual a sua importância em diferentes locais e suas consequências. Assim, a importância de preservação de um maior número possível de fragmentos ganha destaque neste contexto, como sugerido por diversos pesquisadores, pois cada área de cerrado constitui um ambiente diferenciado, que pode contribuir para o sucesso da espécie. Além disso, meios de contenção de fatores de perturbação, como a retirada do gado, o controle do fogo indiscriminado, através da construção de aceiros, são fundamentais nos fragmentos onde essas perturbações são freqüentes.

ABSTRACT

The population structure of two species, *Xylopia aromatica* and *Roupala montana*, has been studied in four fragments of cerrado in Itirapina, SP, SE Brazil, with different physiognomies and disturbance histories, and in three areas of similar physiognomies within the same fragment. Within each fragment a grid of 200-contiguous-plots 5 x 5 m has been installed, totaling 0.5 ha. In each plot, all individuals of these two species, with a stem diameter at the height of the soil (DSH) ≥ 3 cm have been marked and their height and DSH recorded. In 1-m² sub-plots, chosen among the vertices of each 25-m² plot, individuals with DSH < 3 cm have been marked. For each species studied, six ontogenetic stages have been identified: seedling (presented one or two cotyledon leaves), young 1 (did not present cotyledons or ramifications), young 2 (presented ramifications), immature (presented ramifications and reiterations), vegetative adult (presented equal or larger diameter and height than those of the smaller reproductive individual, but did not reproduce during the sample period) and reproductive adult (presented flower, fruit or scar of these structures). A great plasticity of the architectural form was observed among the species studied here, and these variations were greater among the fragments with most forest physiognomy and open ones. This suggests that, depending on the characteristics of growth and on the resistance and/or reproductive strategy adopted by the species in face of a disturbance factor, different architectural forms can be found. We have found a higher proportion of initial stages of *Xylopia* in disturbed areas with open physiognomies, whereas *Roupala* presented high proportion of Jo1 and Jo1:AR in Valério 1, wich present most forest physiognomy. The predominance of different stages and the different proportions among the stages generated different population structure in both species, among fragments with different physiognomies as well as within the same fragment. These differences could have been influenced by the disturbance history and by the reproductive characteristics such as phenological pattern and type of reproduction. The spatial distribution of the ontogenetic stages of the two species differed among areas, being the differences greater among areas within the same fragment. *Xylopia* presented random spatial pattern at all stages, except for the later stages, in forest physiognomy fragment (Valério), in which the pattern was aggregated, while *Roupala* presented predominance of clumped pattern in all stages. These differences among the spatial distributions can be a consequence of the variation in environmental conditions, mainly of luminosity, or the influence of other factors not studied here. It was observed that *Xylopia* was present in all

fragments, whereas *Roupala* wasn't, indicating an aggregated pattern to *Roupala* among fragments and, both species presented lower density in open fragments, leading to the inference that disturbances, phenological patterns and type of reproduction are likely to be responsible for the spatial distribution of the species among the fragments and for their densities. Finally, differences in the architecture and in ontogenetic and spatial stage structure, as observed in this paper, lead to the conclusion that studies focusing on spatial variations within and among areas and the characteristics of species and their habitats are of fundamental importance to understand better which factors influence the population processes, their importance in different places and their consequences. Thus, the importance of preserving as many fragments as possible gains eminence in this context, as suggested by a number of researchers, since each area of cerrado constitutes an environment that can contribute to the success of the species. Moreover, means of restraining disturbance, such as cattle removal, indiscriminate fire control, building of clearings, are fundamental in the fragments where these disturbances are frequent.

ÍNDICE

INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	3
CAPÍTULO 1- ONTOGENIA E RELAÇÕES ALOMÉTRICAS DE <i>XYLOPIA AROMATICA</i> (LAM.) MART. E <i>ROUPALA MONTANA</i> AUBL. EM QUATRO FRAGMENTOS DE CERRADO	5
RESUMO	6
INTRODUÇÃO.....	7
MATERIAL E MÉTODOS	9
RESULTADO	14
DISCUSSÃO.....	18
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25
CAPÍTULO 2- ESTRUTURA POPULACIONAL DE <i>XYLOPIA AROMATICA</i> (LAM.) MART. E <i>ROUPALA MONTANA</i> AUBL. EM QUATRO FRAGMENTOS DE CERRADO	45
RESUMO.....	46
INTRODUÇÃO	47
MATERIAL E MÉTODOS	48
RESULTADOS	52
DISCUSSÃO	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
CAPÍTULO 3- ESTRUTURA ESPACIAL DE <i>XYLOPIA AROMATICA</i> (LAM.) MART. E <i>ROUPALA MONTANA</i> AUBL. EM QUATRO FRAGMENTOS DE CERRADO	69
RESUMO.....	70
INTRODUÇÃO	71
MATERIAL E MÉTODOS	73
RESULTADOS	78
DISCUSSÃO	80
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
CONSIDERAÇÕES FINAIS	102
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103

INTRODUÇÃO GERAL

O estado de São Paulo não foi exceção dentro da realidade histórica de substituição da cobertura vegetal natural por agricultura, pecuária e outras ocupações já que foi submetido a sucessivos ciclos econômicos de uso dos solos, implicando em diminuição de sua cobertura vegetal. Segundo a Secretaria do Meio Ambiente de São Paulo, o cerrado não ocupa mais que 1% do território paulista, sendo que mais de 80% dos fragmentos de cerrado restantes, que sobreviveram à ocupação, são menores que 30 ha (SEMA/SP 2002).

A preocupação com a conservação de ecossistemas fragmentados tem motivado muitos estudos sobre sustentabilidade, regeneração e gerenciamento desses remanescentes (Viana & Tabanez 1996). Os fragmentos de cerrado no estado de São Paulo necessitam de estudos que visem a conservação, pois representam o que restou desse tipo de fisionomia no estado. A relativa abundância de dados florísticos e fitossociológicos sobre a vegetação de cerrado (Oliveira et al. 1989), quando comparado com outras fisionomias, contrasta com a escassez de dados populacionais, principalmente que forneçam informações sobre mudanças temporais e sobre variações espaciais em diferentes escalas, mesmo considerando os estudos mais recentes (ver revisão em Hay 2002), que abordam em sua maioria, aspectos relacionados ao crescimento dos indivíduos, à estrutura de tamanho de populações e à distribuição espacial em escala local (Hay 2002).

A estrutura de populações de plantas pode variar de acordo com a escala (Sarukhán 1974), a qual pode ser induzida simplesmente pela heterogeneidade espacial existente no ambiente (Fowler & Antonovics 1981). No entanto, muitos estudos desconsideram a variação espacial nos processos populacionais, o que leva a conclusões que não podem ser extrapoladas para escalas diferentes (Moloney 1986). Assim, estudos em diferentes escalas são essenciais para entender não somente como o padrão e a dinâmica variam com a

escala, mas também para saber quais são os mecanismos envolvidos, e entender as causas e conseqüências do padrão observado (Levin 1992).

Estudos feitos em diferentes formações e entre locais dentro de uma mesma formação têm enfatizado a importância dos estudos populacionais em diferentes escalas, tendo em vista que os mesmos permitem uma melhor compreensão das características das espécies e dos fatores que influenciam sua estrutura e dinâmica populacional (Ramirez & Arroyo 1990; Milton et al. 1993; Fonseca 2001).

Alometria e estrutura populacional, principalmente a espacial, têm sido sugeridas como instrumentos capazes e poderosos o bastante para descrever como a estrutura populacional de uma determinada espécie muda com a escala (ver Levin 1992). Logo, com este intuito, o primeiro capítulo da dissertação objetivou determinar estádios ontogenéticos para ambas espécies e verificar suas variações de tamanho. Foi verificado também a variação das relações alométricas ao longo da ontogenia e entre fragmentos de cerrado. Além disso, avaliou-se a variação da estrutura de estádios ontogenéticos e de tamanho (segundo capítulo) e a variação da distribuição espacial (terceiro capítulo) das espécies dentro de um mesmo fragmento e entre fragmentos.

Assim, neste estudo, pretendeu-se avaliar a variação espacial da estrutura populacional de *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart (Annonaceae) e *Roupala montana* Aubl. (Proteaceae), dentro e entre fragmentos de cerrado. Levando em consideração que variações da estrutura populacional também podem ocorrer entre espécies, optou-se por trabalhar com duas espécies abundantes localmente e comuns na região, conforme sugerido por Hartshorn (1990).

Embora cada um dos capítulos possa responder à questões específicas, espera-se que estas sejam um primeiro passo na compreensão do significado e das conseqüências das variações da estrutura populacional em diferentes escalas que venham a ser encontradas em

espécies de cerrado, e saber quais são os fatores determinantes dessas variações e suas relativas importâncias em diferentes locais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FONSECA, M.G. 2001. Aspectos demográficos de *Aspidosperma polyneuron* Muell. Arg. (Apocynaceae) em dois fragmentos de floresta semidecídua no município de Campinas, SP. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- FOWLER, N. & ANTONOVICS, J. 1981. Small-scale variability in the demography of transplants of two herbaceous species. *Ecology* 62: 1450-1457.
- HARTSHORN, G.S. 1990. An overview of neotropical forest dynamics. In: Gentry, A.H. (ed.). Four neotropical rainforests. Yale University Press, New Haven and London. p. 585-599.
- HAY, J.D. 2002. Aspectos da ecologia de populações de plantas nativas no cerrado do Brasil. In: Araújo, E.L.; Moura, A.N.; Sampaio, E.V.S.B.; Gestinari, L.M.S. & Carneiro, J.M.T. (eds.). Biodiversidade, conservação e uso sustentável da flora do Brasil. Imprensa Universitária, Recife: UFRPE. P. 153-157.
- LEVIN, S.A. 1992. The problem of pattern and scale in ecology. *Ecology* 73: 1943-1967.
- MILTON, S.J.; RYAN, P.G.; MOLONEY, C.L.; COOPER, J. & DEAN, W.R.J. 1993. Disturbance and demography of *Phyllica arborea* (Rhamnaceae) on the Tristan-Gough group of islands. *Botanical Journal of Linnean Society* 111: 55-70.
- MOLONEY, K.A. 1986. Wave and non-wave regeneration processes in a subalpine *Abies balsamea* forest. *Canadian Journal of Botany* 61:3337-3342.
- OLIVEIRA, P.E.A.M., RIBEIRO, J.F. & GONZALES, M.I. 1989. Estrutura e distribuição espacial de uma população de *Kielmeyera coriacea* Mart. de cerrados de Brasília. *Revista Brasileira de Botânica* 12: 39-47.

- RAMIREZ, N. & ARROYO, M.T.K. 1990. Estructura poblacional de *Copaifera pubiflora* Benth. (Leguminosae, Caesalpinoideae) em los altos Ihanos centrales de Venezuela. *Biotropica* 22:124-132.
- SARUKHÁN, J. 1974. Studies on plant demography: *Ranunculus repens* L., *R. bulbosus* L., and *R. acris* L. II. Reproductive strategies and seed population dynamics. *Journal of Ecology* 62: 151-177.
- SEMA/SP (SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE) - SÃO PAULO. 2002. Textos sobre cerrado. Disponível em <http://www.ambiente.sp.gov.br>. Acesso em: julho 2002.
- VIANA, V.M. & TABANEZ, A.A.J. 1996. Biology and conservation of forest fragments in the Brazilian atlantic moist forest In: Schelhas, J. & Greenberg, R. (eds.). *Forest patches in tropical landscapes*. Island Press, Washington, D.C. p. 151-165.

**CAPÍTULO 1: Ontogenia e Relações Alométricas de *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. e
Roupala montana Aubl. em Quatro Fragmentos de Cerrado**

ANELIZA DE ALMEIDA MIRANDA-MELO¹, FLAVIO ANTONIO MAËS DOS SANTOS² &
FERNANDO ROBERTO MARTINS²

¹ Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Caixa Postal 6109, 13083-970 Campinas, SP, Brasil. e-mail: anemiranda@yahoo.com

² Departamento de Botânica, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Caixa Postal 6109, 13083-970 Campinas, SP, Brasil.

RESUMO-(Ontogenia e Relações Alométricas de *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. e *Roupala montana* Aubl. em Quatro Fragmentos de Cerrado). A ontogenia, a variação de tamanho e as relações alométricas entre diâmetro e altura de *Xylopia aromatica* e de *Roupala montana* foram estudadas para verificar se existem variações da forma arquitetural dos indivíduos ao longo da ontogenia, entre fragmentos de cerrado que apresentam diferentes fisionomias e dentro de um mesmo fragmento, no município de Itirapina, SP. Dentro de cada fragmento foi instalada uma grade de 200 parcelas contíguas de 5 x 5 m, totalizando 0,5 ha. Em cada parcela foram registrados a altura e o diâmetro do caule de todos os indivíduos com DAS \geq 3 cm. Em sub-parcelas de 1 m², sorteadas dentre os vértices de cada parcela de 25 m², foram marcados os indivíduos com DAS < 3 cm. Para cada espécie estudada, foram identificados seis estádios ontogenéticos: plântula (com uma ou duas folhas cotiledonares), jovem 1 (sem cotilédones e sem ramificações), jovem 2 (com ramificações), imaturo (com ramificações e reiteraões), adulto vegetativo (com diâmetro e altura iguais ou maiores que os do menor indivíduo reprodutivo, mas que não se reproduziu no período de coleta de dados) e adulto reprodutivo (com flor, fruto ou cicatriz dessas estruturas). As características de tamanho diferiram entre os estádios ontogenéticos. Uma grande plasticidade da forma arquitetural foi observada entre as espécies aqui estudadas, e essas variações foram maiores entre os fragmentos de fisionomias mais florestais e os mais abertos. Isto sugere que, dependendo das características de crescimento e da estratégia de resistência e/ou reprodutiva adotadas pelas espécies frente a um fator de perturbação, diferentes formas arquiteturais poderão ser encontradas.

Palavras-Chave: alometria, cerrado, estádios ontogenéticos, *Roupala montana*, *Xylopia aromatica*.

INTRODUÇÃO

A maneira como um indivíduo percebe, responde e ocupa o ambiente durante sua ontogenia é denominada história de vida (Silvertown & Doust 1993). Durante a história de vida de uma população, as respostas individuais podem mudar ao longo do desenvolvimento ontogenético (Rabotnov 1985). Plantas individuais, de diferentes estádios ontogenéticos, em uma população, geralmente possuem características ecológicas distintas, podendo explorar os recursos e sofrer influências do ambiente de formas diferentes (Gatsuk et al. 1980). Sendo assim, um passo importante em estudos de ecologia de populações é a caracterização e identificação dos diferentes estádios ontogenéticos existentes na população.

Os estádios ontogenéticos representam diferentes etapas do processo de desenvolvimento pelas quais as plantas passam durante seu ciclo de vida. Cada estágio possui um conjunto de características morfológicas quantitativas ou qualitativas que é reconhecível por meio do aparecimento, perda ou alteração de certas estruturas ou habilidades (Gatsuk et al. 1980). Essas características de cada estágio, que resultam na arquitetura final de um indivíduo da população, representam o balanço entre os requerimentos funcionais, como reprodução, eficiência fotossintética e defesa de uma planta, num determinado nicho ocupado pela espécie na comunidade (Tomlinson 1987). Essa plasticidade de organização da arquitetura de uma espécie pode ser resultante não somente das condições do presente, mas também de fatores genéticos e ambientais que operam no desenvolvimento da plântula até sua maturidade (Archibald & Bond 2003).

Segundo Kohyama (1987), algumas características arquiteturais podem ser expressas quantitativamente por relações alométricas. Assim, o entendimento dessas relações alométricas ao longo da ontogenia (O'Brien et al. 1995) e comparações entre indivíduos de uma mesma espécie, entre populações e entre espécies diferentes constituem uma ferramenta simples e poderosa para investigar variações na forma arquitetural (Archibald &

Bond 2003). Entretanto, os estudos de arquitetura e alometria em plantas têm geralmente abordado o crescimento de espécies arbóreas de florestas, sendo poucos os estudos com árvores de ambientes abertos, como savanas e desertos, que podem apresentar características arquiteturais e de história de vida variadas (Archibald & Bond 2003).

Nos ambientes florestais, a luz tem um importante papel na determinação do padrão arquitetural das árvores, pois é o principal recurso limitante do crescimento e, assim, existe uma forte seleção para o crescimento em altura, principalmente para elevar as folhas em busca de luz acima de competidores (O'Brien et al. 1995; Claussen & Maycock 1995). Por sua vez, diferentes espécies têm diferentes requerimentos de luz e experimentam diferentes condições de luz durante a vida. A forma arquitetural resultante determina o modo como a luz é interceptada, afetando a performance da planta (Sterck et al. 2001). Em ambientes mais abertos, como em algumas fisionomias do cerrado, a luz não seria um fator limitante e outros fatores poderiam agir como força seletiva da forma arquitetural das plantas.

Archibald & Bond (2003), Kennedy & Potgieter (2003) e Hoffmann & Solbrig (2003) sugeriram ser muito importante entender o papel do fogo na forma arquitetural das plantas de savanas tropicais. Intervalos de ocorrência de fogo de 2 a 3 anos são comuns nas savanas tropicais úmidas, como o cerrado (Hoffmann & Solbrig 2003). Assim, árvores desses ambientes somente podem recrutar indivíduos adultos, se escaparem da zona de influência do fogo (Higgins et al. 2000), pois, dentro dessa zona, o fogo pode destruir a biomassa aérea da árvore (Gignoux et al. 1997), impedindo que novos indivíduos se tornem adultos ou apresentem estatura alta. Segundo Gignoux et al. (1997) e Hoffmann & Solbrig (2003), indivíduos adultos podem resistir ao fogo através de adaptações, como o espessamento do córtex, redução no tamanho mínimo para reprodução dos indivíduos ou capacidade de rebrota.

É possível verificar variações morfológicas dentro e entre populações de uma mesma espécie, devido a diferentes condições climáticas ou ecológicas a que as populações estão expostas (Zhukova & Glotov 2001), ou mesmo devido à influência de diferentes histórias de vida das populações de uma mesma espécie (Archibald & Bond 2003). Assim, seria esperado que em ambientes com alta frequência de fogo e com vegetação mais aberta, os indivíduos sejam mais baixos e apresentem diâmetro proporcionalmente maior em relação à altura, enquanto em ambientes com baixa ocorrência de fogo e vegetação florestal, os indivíduos sejam mais altos e apresentem diâmetro proporcionalmente menor em relação à altura.

Este estudo pretendeu investigar as variações da forma dos indivíduos de duas espécies, *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart (Annonaceae) e *Roupala montana* Aubl. (Proteaceae), entre quatro fragmentos de cerrado que apresentam diferentes fisionomias e históricos de perturbação, entre áreas de cerrado com fisionomias semelhantes dentro de um mesmo fragmento e ao longo da ontogenia, verificando quais são os possíveis fatores determinantes da forma arquitetural encontrada.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado na micro-região de Itirapina (SP) (22° 15' S; 47° 48' W), localizada a uma altitude média de 760 m. O clima da região é Cwa de Köppen, temperado macrotérmico com inverno seco não rigoroso, com precipitação anual média de 1425 mm, concentrada no período de outubro a maio, temperatura média de 19,7°C, e déficit hídrico de 23 mm anuais (Delgado 1994). A vegetação da região é representada por um mosaico de formações nativas (cerrado e florestas estacionais semidecíduas), plantio de exóticas, principalmente *Pinus* sp. e *Eucalyptus* sp., culturas agrícolas e pastagens.

O estudo foi desenvolvido em quatro fragmentos de cerrado (Figura 1), sendo um deles dentro da área da E.E.I. (Estação Experimental de Itirapina), enquanto os demais se encontram em propriedades particulares. Esses fragmentos apresentam fisionomias que variam de cerrado *stricto sensu* ralo (Estrela), a cerrado *stricto sensu* típico (Broa e Fepasa) e cerrado *stricto sensu* denso (florestal) (Valério), segundo o sistema de classificação de Ribeiro & Walter (1998), estando submetidos a diferentes impactos antrópicos, principalmente queimadas, que são freqüentes no Broa, Estrela e Fepasa, extração por raizeiros e pastejo pelo gado (Estrela e Fepasa). Apresentam também, pressões externas diferenciadas, como reflorestamento de *Pinus* sp (Valério); atividades agropastoris (Broa); plantios de laranja (Estrela); ou estando localizado dentro do distrito industrial do município (Fepasa) (ver Tabela 1).

Espécies estudadas

Xylopia aromatica (Lam.) Mart. (Annonaceae) e *Roupala montana* Aubl. (Proteaceae) são freqüentemente encontradas em levantamentos florísticos e fitossociológicos realizados em cerrado (*sensu lato*) da região de Itirapina, SP, apresentando altos valores de importância (Mantovani 1987, Giannotti 1988, Rezende et al. 1999). A escolha dessas espécies decorreu de sua grande abundância nos estudos citados acima, principalmente no último (Tabela 2) e da fácil identificação de seus indivíduos no campo.

Xylopia aromatica, referida a partir daqui apenas como *Xylopia*, é vulgarmente conhecida por pindaíba ou pimenta-de-macaco. A inflorescência é formada por fascículos com 3-4 flores em cada axila foliar (Dias 1988), apresentando síndrome de polinização de cantarofilia, predominantemente alógama, com alto grau de auto-incompatibilidade devido a dicogamia do tipo protoginia (Costa 1988). Os frutos são do tipo multifolículos, aromáticos, com dispersão de sementes feita provavelmente por pássaros, que são atraídos pela cor

avermelhada da cápsula quando aberta e consomem as sementes com arilo suculento (Almeida et. al. 1998). Em estudos fenológicos realizados por dois anos em Itirapina, o período de floração foi de novembro a abril e o de frutificação de dezembro a maio (Costa 1988), mas existe coleta dessa espécie com flor e fruto em todos os meses do ano (Dias 1988).

Xylopia é árvore típica do cerrado s.s., podendo ocorrer no cerrado *stricto sensu* denso (Dias 1988). Sua distribuição vai desde as Guianas até Pernambuco, sendo encontrada também na região centro-oeste e nos estados de São Paulo e Minas Gerais (Dias 1988). A espécie é perenifólia, pioneira, geralmente ocorrendo em áreas perturbadas, como beira de estradas ou clareiras, sendo abundante em cerrado com alta luminosidade (Almeida et al. 1998). Apresenta alta capacidade de rebrotamento após a eliminação da parte aérea por fogo ou por geadas (Silberbauer-Gottsberger et al. 1977).

A árvore de *Xylopia* é ornamental pelo formato de sua copa e pelas flores alvas. Sua madeira é empregada em mastros de embarcações, construções civis, obras internas, carpintarias, engradamentos de prédios, cabos de instrumentos agrários e de vassouras e cepas para tamancos e escovas (Lorenzi 1992). Na alimentação, os frutos substituem a pimenta-do-reino, devido ao aroma e paladar suaves, e a planta é usada para fins medicinais, como diurético, vermífugo, contra febres, gases intestinais e hemorróidas (Almeida et al. 1998).

Roupala montana, referida a partir de agora apenas como *Roupala*, é conhecida vulgarmente por carne-de-vaca, caxuá ou farinha-seca. A inflorescência é solitária axilar ou terminal, formada por 10 a 20 flores (Almeida et. al. 1998). É polinizada por mariposas, com polinização alógama, já que a espécie apresenta alto grau de auto-incompatibilidade (Oliveira 1991 apud Borges 2000). Os frutos são do tipo folículo com sementes aladas, com dispersão anemocórica (Almeida et. al. 1998). Floresce de março a novembro, e a frutificação ocorre de

junho a novembro (Almeida et al. 1998). É documentado para a espécie, padrões interanuais de floração e/ou frutificação (Borges 2000).

Roupala ocorre em matas de galeria, cerradão mesotrófico e distrófico, cerrado *stricto sensu* denso, cerrado *stricto sensu* típico, cerrado *stricto sensu* ralo e campo limpo. Encontra-se distribuída desde o Amapá, Amazonas, Ceará, Distrito Federal, Goiás, Maranhão, Pará, Tocantins, Mato Grosso, até Minas Gerais e São Paulo. Segundo Hoffmann (1998), essa espécie reproduz-se vegetativamente por produção de raízes gemíferas, mas também apresenta a capacidade de rebrotar principalmente quando danificada pelo fogo (Sato 1996).

É uma planta melífera, também considerada ornamental pelo formato e textura de suas folhas. Em artesanato, os galhos secos, as folhas e os frutos compõem arranjos florais denominados “flores do planalto”, comercializados em feiras (Ferreira 1974 apud Almeida et al. 1998).

Procedimento de campo

Em cada fragmento, foi instalada uma grade de 50 x 100 m subdividida em 200 parcelas contíguas de 5 x 5 m, totalizando 0,5 ha. Para a análise de fisionomias semelhantes dentro de um mesmo fragmento, no Valério foram amostradas 3 áreas de 0,5 ha, demarcadas como acima, separadas por pelo menos 500 m (Figura 1), denominadas de Valério 1, 2 e 3. Em cada parcela de 25 m², foram marcados todos os indivíduos com diâmetro do caule à altura do solo (DAS) maior ou igual a 3 cm. Em uma sub-parcela de 1 m², sorteada dentre os vértices de cada parcela de 25 m², foram marcados os indivíduos com DAS menor que 3 cm.

No período de julho a setembro de 2002, foram instaladas as parcelas e sub-parcelas e registrados a altura total e o diâmetro do caule à altura do solo (DAS) de todos os

indivíduos. Foi anotada a presença de cotilédones, ramificações, reiteraões ou atividades reprodutivas dos indivíduos.

Segundo Hallé et al. (1978) reiteração difere de ramificação, pois a mesma envolve a ativação de um meristema lateral que estava latente, normalmente não envolvido na expressão do modelo arquitetural. Esta ativação pode ser ocasionada por danos, estresse ambiental ou condições supra-ótimas (Hallé et al. 1978).

Além disso, para se ter uma medida da porcentagem de indivíduos que rebrotam foi registrada a ocorrência de rebrota em todos os fragmentos, definida como regeneração de indivíduos, promovida pela emissão de ramos novos após a eliminação de porção aérea por perturbação (Borges 2000). Rebrota, desse modo, pode ser considerada uma medida indicativa de perturbação.

Análise de dados

O modelo arquitetural de cada espécie foi determinado através do auxílio da chave de identificação proposta por Hallé et al. (1978), com observação em campo das características citadas, como ramificação do caule (mono ou poliaxial), localização das inflorescências, eixo ortotrópico e/ou plagiotrópico, tipo de ramificação do tronco (basal ou lateral), crescimento em altura monopodial ou simpodial e tipo de desenvolvimento dos módulos.

A classificação dos indivíduos nos estádios ontogenéticos foi baseada em observações da presença ou ausência de estruturas morfológicas, como cotilédones, ramificações, reiteraões, flores e frutos. Foi utilizado também, como apoio, o trabalho de Gatsuk et al. (1980).

Após a determinação dos estádios ontogenéticos, foi verificado se havia diferenças de tamanho entre eles. Assim, analisou-se a ocorrência de variação de tamanho dos indivíduos dentro de cada estágio ontogenético nos diferentes fragmentos e entre cada estágio,

utilizando-se diagramas de caixa (box plot) tanto para altura quanto para diâmetro, através do programa Systat 10.0 (Wilkinson, 1990). Nos diagramas de caixa, o retângulo compreende 50% dos dados, o maior estreitamento da caixa representa a mediana e a região estreita ao redor da mediana é o seu intervalo de confiança. A linha horizontal superior indica o limite superior do terceiro quartil (75%) e a linha inferior o do primeiro quartil (25%), as linhas verticais indicam os valores mínimos e máximos, os asteriscos representam valores extremos e os círculos, os muito extremos. Se os intervalos de confiança de distribuições diferentes não se sobrepõem, significa que as medianas diferem ao nível de significância de 5% (Wilkinson, 1990).

As relações alométricas entre o diâmetro (cm) e a altura (m) foram utilizadas para verificar possíveis variações da forma arquitetural dos indivíduos ao longo do desenvolvimento ontogenético, entre as populações dos fragmentos e entre fragmentos de fisionomias mais fechadas (florestais) e mais abertas. Inicialmente foi feita análise de regressão linear no programa ANCOVA33 (Flavio Antonio Maës dos Santos 1997), com os dados transformados em logaritmos na base 10. Posteriormente, no mesmo programa, realizou-se uma análise de covariância para verificar diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os coeficientes angulares (b_1) e lineares (a) da regressão. Comparações múltiplas entre retas com coeficientes angulares semelhantes foram feitas através do teste *a posteriori* de Scheffé com $p < 0,05$ (Zar 1999).

A porcentagem de indivíduos com rebrota foi calculada nas duas espécies, em cada fragmento, e em cada estágio ontogenético.

RESULTADOS

Caracterização dos modelos arquiteturais e estádios ontogenéticos

Xylopia se conformou ao modelo de Roux, caracterizando-se por apresentar tronco monopodial ortotrópico, com crescimento indeterminado e contínuo, e ramos plagiotrópicos inseridos regularmente na lateral do tronco (Figura 2). *Roupala* se conformou ao modelo de Koriba, apresentando tronco simpodial, com crescimento determinado, e ramos representados por três a quatro ramificações inseridas verticalmente no tronco, das quais, mais tarde, uma se torna ereta e dominante, funcionando como um eixo que constitui um tronco (Figura 2).

Para cada espécie foi possível identificar seis estádios ontogenéticos: plântula (PL), jovem 1 (Jo1), jovem 2 (J2), imaturo (Im), adulto vegetativo (AV) e adulto reprodutivo (AR) (Figura 2).

O estágio plântula (PL) em *Xylopia* (Figura 2.2-A) compreendeu indivíduos que apresentaram uma ou duas folhas cotiledonares. *Xylopia* apresentou germinação epigéia e cotilédones foliáceos linear-elípticos, que ocorrem juntamente com as primeiras folhas primárias. É um estágio que dura cerca de quatro meses (obs. pess.). Em *Roupala*, esse estágio não foi observado no período de amostragem.

O estágio jovem 1 (Jo1) foi definido pela ausência de cotilédones e de ramificações (Figura 2.1-B e 2.2-B). *Xylopia* apresentou folhas simples, elípticas, dispostas de forma alterna espiralada. *Roupala* apresentou a mesma filotaxia que *Xylopia*, mas suas folhas são simples pinatissectas. Nesse estágio, estão incluídos indivíduos de *Roupala* resultantes de propagação vegetativa ou de sementes, dada a dificuldade de distinguir esses indivíduos.

Em ambas as espécies, jovem 2 (J2) caracterizou-se pelo surgimento de ramificação no caule (Figura 2.1-C e 2.2-C). Indivíduos de *Xylopia* nesse estágio apresentaram ramos laterais com limbo foliar oval-lanceolado e filotaxia alterna dística, características diferentes de Jo1, mas presentes nos estádios seguintes. No estágio J2 de *Roupala* ocorreram tanto folhas simples pinatissectas (formato predominante), quanto simples inteiras, ou seja, ocorre

heterofilia. A filotaxia presente no estágio Jo1 de *Roupala* foi encontrada tanto em J2 como nos demais estádios.

O estágio imaturo (Im) caracterizou-se pela capacidade de ramificação e reiteração, mas seus indivíduos ainda não se reproduziram (Figura 2.1-D e 2.2-D). Tanto indivíduos de *Xylopia* quanto de *Roupala* nesse estágio apresentaram variação do número de ramos principais que reiteram. Em *Roupala*, apareceram ramos que formam o tronco simpodial.

Indivíduos das duas espécies no estágio adulto vegetativo (AV) apresentaram diâmetro do caule à altura do solo e altura iguais ou maiores que o menor indivíduo reprodutivo, mas não se reproduziram no período de coleta de dados (Figura 2.1-E e 2.2-E). Em ambas as espécies, esse estágio englobou indivíduos que ainda não se reproduziram (virgens) e pode ter englobado ainda alguns indivíduos que podem ter se reproduzido em períodos anteriores ao estudo, mas nos quais não se observaram cicatrizes florais e/ou de frutos.

O estágio adulto reprodutivo (AR), em ambas as espécies, foi caracterizado pela presença de flor, fruto e/ou cicatriz dessas estruturas, durante o período de observação (Figura 2.1-F e 2.2-F). *Roupala*, no Valério 1, apresentou exclusivamente cicatrizes florais.

Variações de tamanho

Em *Xylopia*, a altura e o diâmetro foram progressivamente maiores conforme o desenvolvimento, ou seja, J2 foi maior que Jo1 e assim sucessivamente (Figuras 3 e 4). Apenas os estádios PL e Jo1 no Valério 3 e Jo1 e J2 no Fepasa tiveram alturas similares (Figura 3), enquanto os diâmetros apresentaram maior sobreposição entre estádios, principalmente entre Jo1 e J2 (no Valério 1, Broa e Fepasa) (Figura 4). Os imaturos, adultos vegetativos e reprodutivos de *Xylopia* nas três áreas do Valério, de fisionomia mais florestal, apresentaram maiores alturas e diâmetros do que no Broa, no Estrela e no Fepasa, que

possuem fisionomias mais abertas (Figuras 3 e 4). Tanto a altura quanto o diâmetro do caule dos estádios Jo1 e J2 apresentaram maior sobreposição entre os fragmentos (Figura 3 e 4).

Roupala também apresentou tamanhos progressivamente maiores ao longo do desenvolvimento ontogenético, com exceção das alturas e diâmetros entre AR-AV e AR-Im no Valério 1 e dos diâmetros de Jo1 e J2 no Broa (Figura 5). Apenas as alturas de AV e Im e o diâmetro de AV do Valério 1 foram maiores que no Broa (Figura 5).

Maiores valores de altura e diâmetro conforme o desenvolvimento ontogenético, em ambas as espécies, podem indicar uma relação entre o aparecimento das características morfológicas utilizadas na classificação dos estádios e o tamanho dos indivíduos.

Relações alométricas

A alometria dos indivíduos em cada estágio ontogenético pode ser representada por um modelo ($D=a.H^b$) significativo na maioria dos estádios. No entanto, as relações alométricas de cada estágio tiveram, no geral, baixos valores de r^2 (Tabela 3 e 4) indicando que em cada estágio, a forma alométrica individual foi muito variável entre uma planta e a outra.

Em *Xylopia*, no Valério 1, 2 (exceto o estágio imaturo), 3 e Broa, os estádios apresentaram a mesma proporção (b_1) entre diâmetro e altura, porém, para uma mesma altura, o diâmetro dos estádios tardios (AV e AR no Valério 1, J2 e AV no Valério 2 e 3), principalmente, foi sempre maior que dos demais estádios em cada área (Figura 6, Tabela 3 e 5). *Roupala* também apresentou a mesma proporção (b_1) entre diâmetro e altura entre os estádios, exceto imaturo, em ambos fragmentos de ocorrência. E para uma mesma altura o diâmetro de J2, AV e AR foram os maiores (Figura 7, Tabela 4 e 5). Assim, de modo geral, pode-se dizer que a mudança de estágio foi acompanhada por alterações na forma da planta em ambas as espécies.

Para análises considerando todas as fisionomias mais florestais (Valério 1, 2 e 3) e as mais abertas (Broa, Estrela e Fepasa) em conjunto, as primeiras apresentaram maior variabilidade na forma alométrica (menor r^2) dos indivíduos de *Xylopia* (Tabela 6). Além disso, os indivíduos de *Xylopia* nessas áreas apresentaram um menor aumento em diâmetro por aumento de altura em relação aos fragmentos de fisionomias mais abertas ($Fs_{(1,2889)} = 35,78$, $p < 0,001$). Foi observado também uma mesma tendência, principalmente entre Estrela e os demais fragmentos, na análise entre os indivíduos das espécies no conjunto, sem considerar os diferentes estádios ($Fs_{(4;2875)} = 14,80$, $p < 0,001$), ou seja, esses resultados indicam que a altura dos indivíduos aumentou proporcionalmente mais que o diâmetro nos fragmentos mais florestais (Tabela 6). *Roupala* apresentou maior aumento na espessura do tronco com o aumento da altura no Valério 1, indicando que o diâmetro dos indivíduos aumentou proporcionalmente mais que a altura em relação ao Broa ($Fs_{(1,623)} = 6,32$, $p < 0,05$), e seus indivíduos variaram pouco em relação aos indivíduos do Broa (Tabela 6).

Porcentagem de rebrota

A porcentagem de indivíduos com rebrotas em *Xylopia* foi maior nas áreas do Valério e no Broa, sendo os estádios intermediários, principalmente o Im, aqueles com maior porcentagem de rebrota, indicando desse modo, maior dano nesses estádios. Já para *Roupala*, a maior porcentagem de indivíduos com rebrotas ocorreu no Broa, sendo o estádio Jo1 aquele que sofreu maior dano, pois apresentou maior porcentagem de rebrotas nos dois fragmentos (Tabela 7).

DISCUSSÃO

Plântulas de *Xylopia* apresentaram um curto período de permanência nesse estádio. Essa característica, juntamente com a curta longevidade das sementes, as quais

permanecem viáveis por menos de dois meses (Lorenzi 1992), indicam uma grande dependência de condições favoráveis para o sucesso do estabelecimento dos indivíduos. Essas características implicam que plântulas devem ocorrer em micro-sítios espacialmente e temporalmente favoráveis para se desenvolverem. Em decorrência, ou as plântulas são recrutadas para o próximo estágio, ou morrerão se as condições não forem favoráveis.

O estágio de plântula em *Roupala* não foi observado no período de amostragem. Isso pode estar ligado ao fato de essa espécie apresentar propagação vegetativa, tornando o estágio de plântula proporcionalmente mais raro, uma vez que indivíduos provenientes de propagação vegetativa entram na população diretamente como Jo1. A ausência de plântulas também pode ser devida a padrões interanuais de floração e/ou frutificação, como documentado para várias espécies do cerrado, inclusive para *Roupala* (Borges 2000), onde esses eventos de floração e frutificação e posterior germinação e desenvolvimento das plântulas podem ter ocorrido em período anterior ao amostrado.

No estágio Jo1, o formato da folha em *Roupala* é bastante característico e há heterofilia, o que é freqüente na família Proteaceae (Barroso 1984). Em *Xylopia*, a diferença na forma do limbo não implica necessariamente na existência de heterofilia e sim de heteroblastia. De acordo com Bell (1993) heteroblastia caracteriza-se por mudanças progressivas na forma da folha ao longo do seu desenvolvimento. Já heterofilia pode ser resultado da plasticidade fenotípica ou de mudanças ontogenéticas no tamanho e na forma da folha, podendo essas mudanças ontogenéticas denotar transição entre estádios de desenvolvimento (Winn 1999). Assim, estudos que visem saber qual o fator determinante da heterofilia e conhecer as conseqüências funcionais e ecológicas dessas mudanças são de fundamental importância para se entender a ecologia das espécies.

O estágio Im se diferenciou do J2, em ambas espécies, essencialmente pela ocorrência de reiteração. Reiteração, segundo Hallé et al. (1978), só é expressa nos estádios

mais tardios do desenvolvimento ontogenético e pode ser uma resposta oportunista para uma grande diversidade de condições, como alta intensidade luminosa. Assim, como as condições de luz não são limitantes a poucos metros do solo em ambientes mais abertos, seria esperado que em fragmentos mais abertos, o estágio Im fosse observado em indivíduos com menores alturas do que em fragmentos mais fechados, o que aconteceu.

Além disso, em função das condições de luminosidade, alguns indivíduos imaturos ainda não apresentam todos os ramos reiterados, porém observa-se a ocorrência desses ramos ainda simples apenas nos indivíduos de menor estatura. Possivelmente, à medida que a árvore cresce e alcança intensidade luminosa maior, começará a reiterar, substituindo os ramos simples pelos reiterados.

Nas duas espécies, o estágio adulto reprodutivo foi caracterizado pela presença de flor, fruto e/ou cicatriz dessas estruturas. No entanto, apenas cicatrizes de flores foram observadas em *Roupala*, no Valério 1. Padrões interanuais de floração e/ou frutificação têm sido documentados em *Roupala* (Borges 2000), sendo possível que o ano em que fizemos este estudo corresponda ao intervalo entre reproduções.

Além da utilização de caracteres morfológicos, as características quantitativas têm auxiliado na determinação dos estádios ontogenéticos (Silva 1991, Carvalho 1994, Danciguer 1996, Araújo 1998 e Souza et al. 2000). Por meio da análise da variação da altura e diâmetro, pode-se concluir que as características de tamanho diferiram entre os estádios ontogenéticos. Os maiores tamanhos dos estádios consecutivos em ambas espécies, apesar de ocorrência de sobreposição, sugere que existe uma relação entre o aparecimento das características morfológicas, como ramificação, reiteração e reprodução, utilizadas na classificação dos estádios, e os tamanhos dos indivíduos.

Araújo (1998) indicou que atingir um tamanho mínimo é importante na transição entre estádios, ou seja, existe um tamanho mínimo a partir do qual o indivíduo pode passar ao

estádio seguinte. Desta forma, fica claro que características morfológicas usadas na identificação dos estádios somente ocorrem a partir de um certo tamanho.

Foi observada uma grande plasticidade da forma arquitetural das espécies aqui estudadas. Essa plasticidade esteve relacionada à fisionomia da vegetação, sendo a forma arquitetural diferente entre fragmentos com fisionomia florestal e com fisionomia aberta. *Xylopia* nos fragmentos florestais são árvores altas e mais finas do que nos fragmentos abertos, enquanto *Roupala* apresentou comportamento contrário, com árvores baixas e de caule mais espesso no fragmento florestal.

Levando em consideração que *Xylopia* é intolerante à sombra (Felfili & Silva 1992, Almeida et al. 1998), e o crescimento em altura é fundamental para o seu sucesso reprodutivo, principalmente nos ambientes mais florestais, essa característica pode ser um dos principais determinantes da forma arquitetural das plantas de *Xylopia* nas áreas do Valério.

Rebrotamento é indicado como uma estratégia de resistência frente a perturbações, como fogo e geada. É também estreitamente ligado à alta taxa de crescimento da planta em altura (Gignoux et al 1997, Hoffmann & Solbrig 2003, Archibald & Bond 2003). Logo, como nas áreas do Valério a última ocorrência de fogo foi há mais de 18 anos, e essas áreas apresentaram maior porcentagem de indivíduos com rebrotas em relação aos demais fragmentos (Tabela 7), sugere-se que o rebrotamento seja estimulado pela geada, a qual ocorre com mais frequência, sendo 1994 e 2000 anos de geadas fortes (com. pess. Ripasa S/A), o que também pode ter influenciado a arquitetura das plantas nas áreas do Valério, conjuntamente com a característica de crescimento.

Nos fragmentos de fisionomia aberta (Broa, Estrela e Fepasa) tanto fogo quanto geada parecem não ter estimulado alto rebrotamento em *Xylopia* (Tabela 7), indicando que, principalmente a geada, não sejam fatores intensos o suficiente para causar dano nas

plantas, ao contrário do observado no fragmento mais florestal (Valério). Desse modo, o menor aumento em altura observado nos resultados desses fragmentos para *Xylopia*, levou-nos a concluir que possivelmente a característica de crescimento da espécie seja o principal determinante da forma arquitetural nas fisionomias mais abertas aqui estudadas, pois, em locais onde luz não é um fator limitante, não existe uma forte seleção para o crescimento em altura.

Observou-se grande variabilidade de formas entre os indivíduos dentro de cada estágio em *Xylopia*, principalmente nas áreas do Valério. Essa variabilidade pode estar ligada a fatores já destacados como influenciadores da arquitetura de *Xylopia* nesse fragmento, como por exemplo a geada, que pode atingir de modo diferenciado cada indivíduo, dependendo da sua sensibilidade e de sua localização (Larcher 1995), ou talvez a variabilidade seja resultado da própria heterogeneidade das condições ambientais, como da variação de cobertura vegetal no fragmento Valério. Oliveira-Filho et al. (1996), trabalhando com uma espécie de *Xylopia* em fisionomia florestal, destacaram que a fase em que os indivíduos começam a investir em altura para alcançar o dossel pode ser crítica e altamente influenciada pelo regime de luz.

A inclinação da reta dos indivíduos de *Roupala*, no Broa, apresentou menor coeficiente angular em relação ao Valério 1, indicando maior aumento em altura do que diâmetro das plantas, naquele fragmento.

Segundo Higgins et al. (2000), árvores de savanas sujeitas a queimadas somente recrutam adultos se escaparem da zona de influência do fogo. Logo, a habilidade do caule aéreo rebrotar após ser queimado é uma característica da história de vida que é chave para promover a persistência de árvores em savanas sujeitas a incêndios freqüentes. No entanto, a freqüência de escape do fogo de juvenis rebrotados depende da taxa de crescimento do caule, principalmente em áreas com fogo freqüente (Higgins et al. 2000). Desse modo, os

resultados para *Roupala* no Broa sugerem que rebrotamento estimulado pelo fogo possivelmente tenha grande importância na forma de seus indivíduos, já que essa espécie apresentou alta porcentagem de indivíduos com rebrota nesse fragmento.

A ocorrência de fogo no Broa não exclui a possibilidade de que outros fatores, como geada, que também ocorre com frequência na região (com. pess. Ripasa/SA), tenham influenciado o rebrotamento e, conseqüentemente, a forma arquitetural. Entretanto, Silberbauer-Gottsberger et al. (1977), em cerrados próximos a Itirapina, documentaram que *Roupala* é pouco susceptível a geada, logo apresenta baixa taxa de rebrotamento em decorrência de geada.

Roupala, no Broa, apresentou grande variabilidade de formas dentro de cada estádio, indicando que alguns indivíduos apresentaram maior aumento de diâmetro por aumento de altura e outros não. Hoffmann & Solbrig (2003), trabalhando com essa espécie nos cerrados de Brasília/DF, observaram que seus clones apresentavam 20-37% do tamanho mínimo reprodutivo, mas contribuíam para o crescimento populacional através da produção de novos indivíduos provenientes de propagação vegetativa, mesmo não atingindo a maturidade sexual. Desse modo, a propagação vegetativa pode ser também considerada como um determinante da forma arquitetural dessa espécie no cerrado, tendo implicações importantes na dinâmica de suas populações.

Propagação vegetativa talvez possa ser considerada como um dos principais influenciadores da forma arquitetural de *Roupala* no Valério 1, já que neste fragmento a última ocorrência de fogo foi há mais de 18 anos e geada causa baixa taxa de rebrotamento nessa espécie, como já mencionado, levando os indivíduos a apresentarem menor aumento em altura. No entanto, a explicação sobre a forma arquitetural de *Roupala* necessita de mais estudos, pois em se tratando de uma espécie intolerante à sombra (Felfili & Silva 1995), seria esperado um maior aumento proporcional da altura em relação ao diâmetro em fragmentos

de fisionomia mais fechada. Assim, estudos futuros que observem a diferença na relação alométrica entre indivíduos resultantes de propagação vegetativa e os de reprodução sexuada, e se indivíduos provenientes de propagação vegetativa têm requisitos diferentes ou não têm problemas com luz, pois podem funcionar como dreno em relação aos indivíduos maiores, talvez ajudem na compreensão dos fatores determinantes da forma arquitetural de *Roupala*.

Plasticidade de formas também foi documentada por Archibald & Bond (2003) para *Acacia karroo* (Leguminosae-Mimosoidae) e por Kennedy & Potgieter (2003) para *Colophospermum mopane* (Leguminosae-Caesalpinioideae), nas savanas Africanas. Nesses casos, o fogo foi um dos principais determinantes da forma dessas espécies, selecionando espécies com estratégias de resistência, como espessamento do córtex, como apresentado por *Crossopteryx febrifuga* (Rubiaceae), reprodução precoce, como em muitos subarbustos, e alta capacidade de rebrotamento, como em *Piliostigma thonningii* (Leguminosae-Caesalpinioideae) e *Acacia karroo* (Leguminosae-Mimosoidae), estreitamente ligada à alta taxa de crescimento da planta (Gignoux et al 1997, Hoffmann & Solbrig 2003, Archibald & Bond 2003).

Tudo isso leva-nos a sugerir que, dependendo do fator influenciador, das características de crescimento e da estratégia de resistência e/ou reprodutiva adotada pelas espécies de savana, especificamente as espécies de cerrado aqui estudadas, diferentes formas arquiteturais poderão ser encontradas. Archibald & Bond (2003) já ressaltavam que diferentes fatores no mesmo ambiente podem selecionar formas de crescimento diferentes.

Outros estudos, relacionando diâmetro e/ou altura com a profundidade e tamanho da copa, número de ramificações, altura da primeira ramificação e número de rebrotas, talvez ajudem a traçar melhor o padrão de forma arquitetural apresentado por uma espécie frente a um determinado fator. King (1995) e Sterck et al. (2001) salientaram que muito da variação

interespecífica na alometria do tronco pode ser explicada pela variação da copa, e Archibald & Bond (2003) ressaltaram que o formato da copa diz muito a respeito do padrão de crescimento de uma planta em um determinado ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, S.P., PROENÇA, C.E., SANO, S.M. & RIBEIRO, J.F. 1998. Cerrado: espécies vegetais úteis. Embrapa. Planaltina, DF.
- ARAÚJO, E.L. 1998. Aspectos da dinâmica populacional de duas espécies em floresta tropical seca (Caatinga), nordeste do Brasil. Tese de doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- ARCHIBALD, S & BOND, W.J. 2003. Growing tall vs growing wide: tree architecture and allometry of *Acacia karroo* in forest, savanna, and arid environments. *Oikos* 102: 3-14.
- BARROSO, G.M. 1984 Sistemática de Angiospermas do Brasil. V. 2. Imprensa Universitária de Viçosa, Viçosa.
- BELL, A.D. 1993. Plant form: an illustrated guide to flowering plant morphology. Oxford University Press, Oxford.
- BORGES, H.B.N. 2000. Biologia reprodutiva e conservação do estrato lenhoso numa comunidade do cerrado. Tese de doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- CARVALHO, R.M. 1994. Aspectos da história de vida de folhas de palmiteiro (*Euterpe edulis* Mar., Arecaceae). Tese de mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- CLAUSSEN, J.W. & MAYCOCK, C.R. 1995. Stem allometry in a north Queensland tropical rainforest. *Biotropica* 27: 421-426.
- COSTA, R.B. 1988. Avaliação do sistema reprodutivo de *Anadenanthera falcata* Benth., *Vochysia tucanorum* Mart. e *Xylopia aromatica* Baill. em área de cerrado no município

- de Itirapina- Estado de São Paulo. Dissertação de mestrado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- DANCIGUER, L. 1996. Aspectos da regeneração de duas espécies arbóreas em um fragmento florestal do sudeste brasileiro. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- DELGADO, J.M. (coord.) 1994. Plano de manejo integrado das unidades de Itirapina-SP. Instituto Florestal de São Paulo, São Paulo.
- DIAS, M.C. 1988. Estudos taxonômicos do gênero *Xylopia* L.(Annonaceae) no Brasil Extra- Amazônica. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- FELFILI, J.M. & SILVA JR., M.C. 1992. Floristic composition, phytosociology and comparison of cerrado and gallery forests at Fazenda Agua Limpa, Federal District, Brazil. In: Furley, P. A.; Procter, J.; Ratter, J. A. (eds.). Nature and dynamics of the forest-savanna boundaries. Chapman & Hall, London, p. 393-429.
- GATSUK, E., SMIRNOVA, O.V., VORONTZOVAL, I., ZALGONOVA, L.B. & ZHUKOVA, L.A. 1980. Age states of plants of various growth forms: a review. *Journal of Ecology* 68: 675-696.
- GIANNOTTI, E. 1988. Composição florística e estrutura fitossociológica da vegetação de cerrado e de transição entre cerrado e mata ciliar da Estação Experimental de Itirapina (SP). Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- GIGNOUX, J., CLOBERT, J., MENAUT, J. 1997. Alternative fire resistance strategies in savanna trees. *Oecologia* 110: 576-583.
- HALLÉ, F; OLDEMAN, R.A.A & TOMLINSON, P.B. 1978. Tropical trees and forests: An architectural analysis. Springer-Verlag, New York.
- HIGGINS, S.I., BOND, W.J. & TROLLOPE, W.S.W. 2000. Fire, resprouting and variability: a recipe for grass-tree coexistence in savanna. *Journal of Ecology* 88: 213-229.

- HOFFMANN, W.A. 1998. Post-burn reproduction of woody plants in a Neotropical savanna: the relative importance of sexual and vegetative reproduction. *Journal of Applied Ecology* 35:422-433.
- HOFFMANN, W.A. & SOLBRIG, O.T. 2003. The role of topkill in the differential response of savanna woody species to fire. *Forest Ecology and Management* 180: 273-286.
- KENNEDY, A.D. & POTGIETER, A.L.F. 2003. Fire season affects size and architecture of *Colophospermum mopane* in southern African savannas. *Plant Ecology* 167:179-192.
- KING, D. 1995. Allometry and life history of tropical trees. *Journal of Tropical Ecology* 12:25-44.
- KOHYAMA, T. 1987. Significance of architecture and allometry in saplings. *Functional Ecology* 1:399-404.
- LARCHER, W. 1995. *Physiological plant ecology*. Springer-Verlag, Berlin. p. 359-370.
- LORENZI, H. 1992. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. Plantarum, Nossa Odessa.
- MANTOVANI, W. 1987. Análise florística e fitossociológica do estrato herbáceo-subarbustivo do cerrado na reserva biológica de Moji Guaçu e em Itirapina, SP. Tese de doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- O'BRIEN, S.T.; HUBBELL, S.P.; SPIRO, P.; CONDIT, R. & FOSTER, R.B. 1995. Diameter, height, crown, and age relationships in eight neotropical tree species. *Ecology* 76:1926-1939.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T.; CAMISÃO-NETO, A.A. & VOLPATO, M.M. 1996. Structure and dispersion of four tree populations in an area of montane semideciduous forest in southeastern Brazil. *Biotropica* 28: 762-769.
- RABOTNOV, T.A. 1985. Dynamics of plant coenotic populations. In: White, I. (ed.). *The population structure of vegetation*. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht. p. 121-142.

- REZENDE, A.A.; MALTEZ, H.M.; FREITAS, M.F.; PEREIRA, M.F.P.A. & KONRAD, M.L.F. 1999. Estudos da organização de uma comunidade arbustivo-arbórea de cerrado no município de Itirapina, São Paulo. In: Santos, F.A.M.; Martins, F.R & Tamashiro, J.Y. (orgs.). Relatórios de projetos desenvolvidos na disciplina NE211 - Ecologia de Campo II do Programa de Pós-Graduação em Ecologia, IB, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. Relatórios de curso de campo. Disponível em: <http://www.unicamp.br/profs/fsantos/relatorios/>. Acesso em: julho 2002.
- RIBEIRO, J.F. & WALTER, B.M.T. 1998. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In Sano, S.M. & Almeida, S.P. (eds.) Cerrado: ambiente e flora. Embrapa, Planaltina, p. 89-166.
- SANTOS, F.A.M. 1997. Ancova33: Programa para cálculo de regressão e covariância. Versão 3.3. Departamento de Botânica. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- SATO, M.N. 1996. Mortalidade de plantas lenhosas do cerrado submetidas a diferentes regimes de queima. Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília, Brasília.
- SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I.; MORAWETZ, W. & GOTTSBERGER, G. 1977. Frost damage of cerrado plants in Botucatu, Brazil, as related to the geographical distribution of the species. *Biotropica* 9:253-261.
- SILVA, D.M. 1991. Estrutura de tamanho e padrão espacial de uma população de *Euterpe edulis* Mart. (Arecaceae) em mata mesófila semidecídua no município de Campinas-SP. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- SILVERTOWN, J.W. & DOUST, J.L. 1993. Introduction to plant population biology. Blackwell Scientific Pub., Oxford.
- SOUZA, A.F.; MARTINS, F.R. & SILVA-MATOS, D.M. 2000. Detecting ontogenetic stages of the palm *Attalea humilis* in fragments of the Brazilian Atlantic Forest. *Canadian Journal of Botany* 78:1227-1237.

- STERCK, F.J.; BONGERS, F. & NEWBERY, D.M. 2001. Tree architecture in a Bornean lowland rain forest: intraspecific and interspecific patterns. *Plant Ecology* 153:279-292.
- TOMLINSOM, P.B. 1987. Architecture of tropical plant. *Annual Review of Ecology and Systematics* 18:1-21.
- WILKINSON. L. 1990. SYSTAT: the system for statisticians. Evanston: SYSTAT INC.
- WINN, A.A. 1999. The functional significance and fitness consequences of heterophylly. *International Journal of Plant Sciences* 160:S113-S126.
- ZAR, J.H. 1999. Biostatistical analysis. Prentice-Hall, New Jersey.
- ZHUKOVA, L.A.; GLOTOV, N.V. 2001. Morphological polyvariance of ontogeny in natural plant populations. *Russian Journal of Developmental Biology*. 32:381-387. (traduzido de *Ontogenez* 32:455-461).

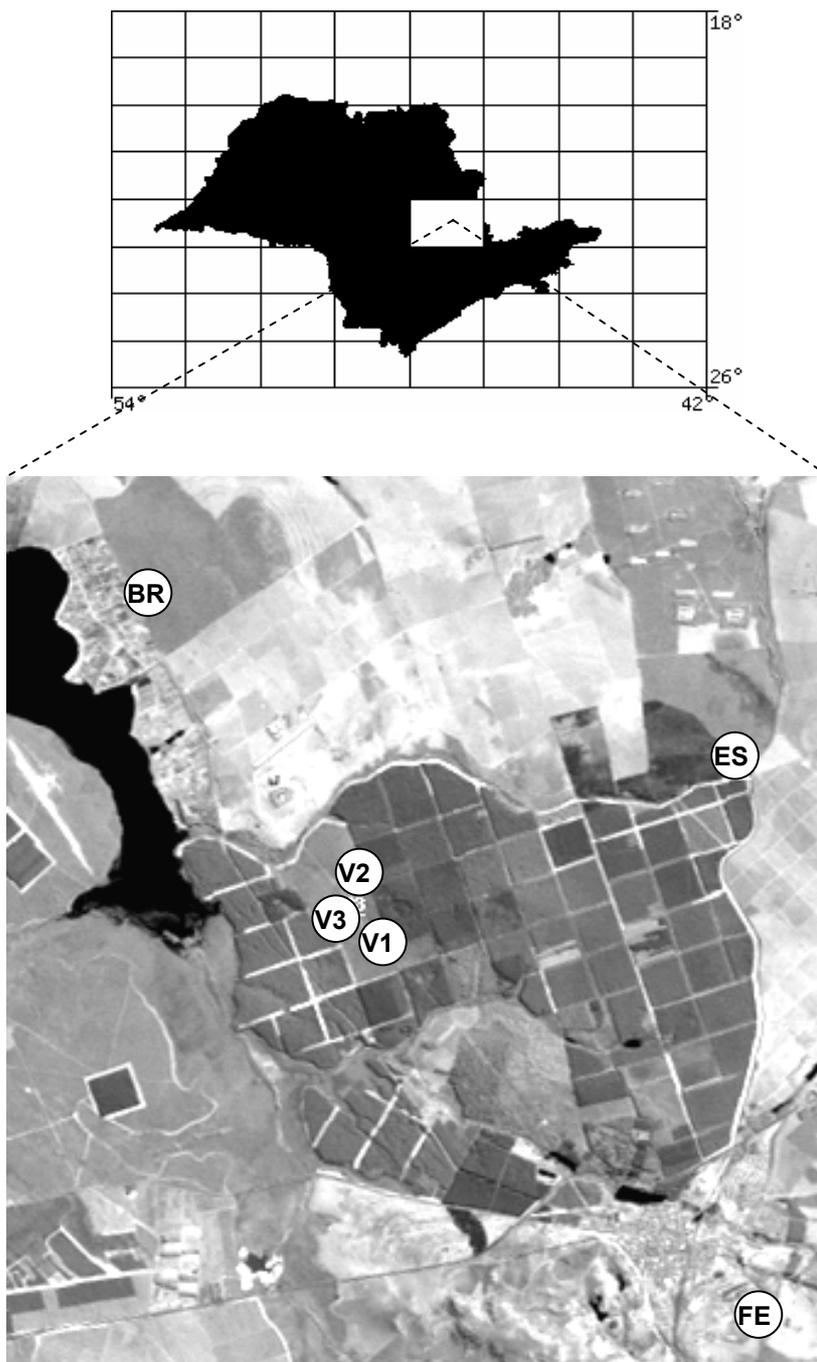
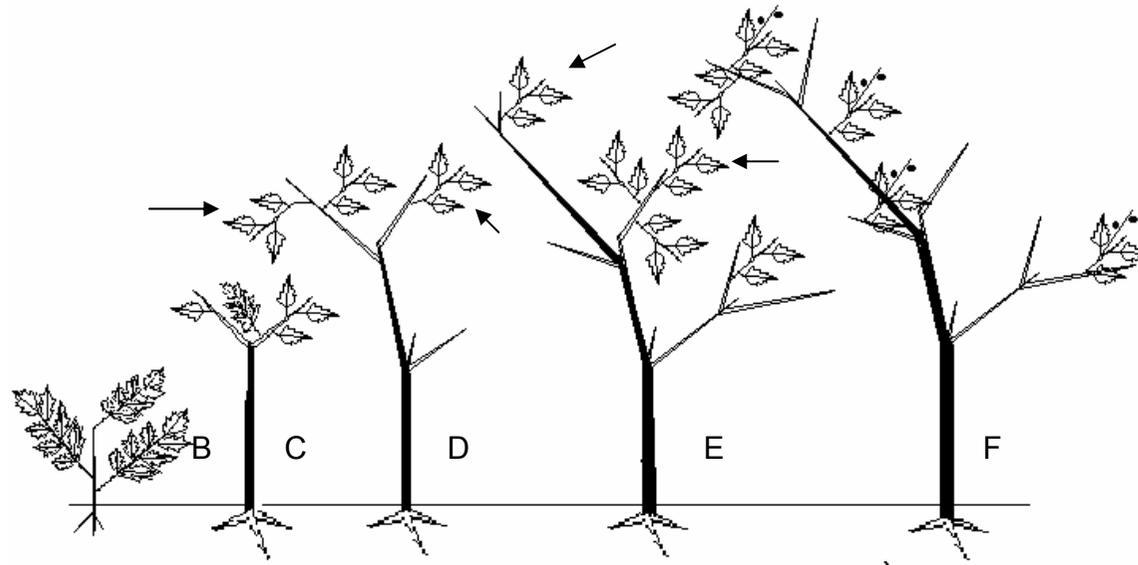


Figura 1. Imagem de satélite da micro-região de Itirapina/SP, com a localização dos fragmentos de cerrado estudados. BR= Broa ($22^{\circ} 10' 34''$ S; $47^{\circ} 52' 54''$ W), ES= Estrela ($22^{\circ} 12' 02''$ S; $47^{\circ} 48' 32''$ W), FE= Fepasa ($22^{\circ} 15' 38''$ S; $47^{\circ} 48' 32''$ W) e V1 ($22^{\circ} 13' 08''$ S; $47^{\circ} 51' 06''$ W), V2 ($22^{\circ} 12' 42''$ S; $47^{\circ} 51' 16''$ W) e V3 ($22^{\circ} 12' 56''$ S; $47^{\circ} 51' 18''$ W) que correspondem às áreas estudadas no fragmento Valério (Fonte: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2002. <http://www.cdbrasil.cnpm.embrapa.br/sp/index.htm>).

2.1



2.2

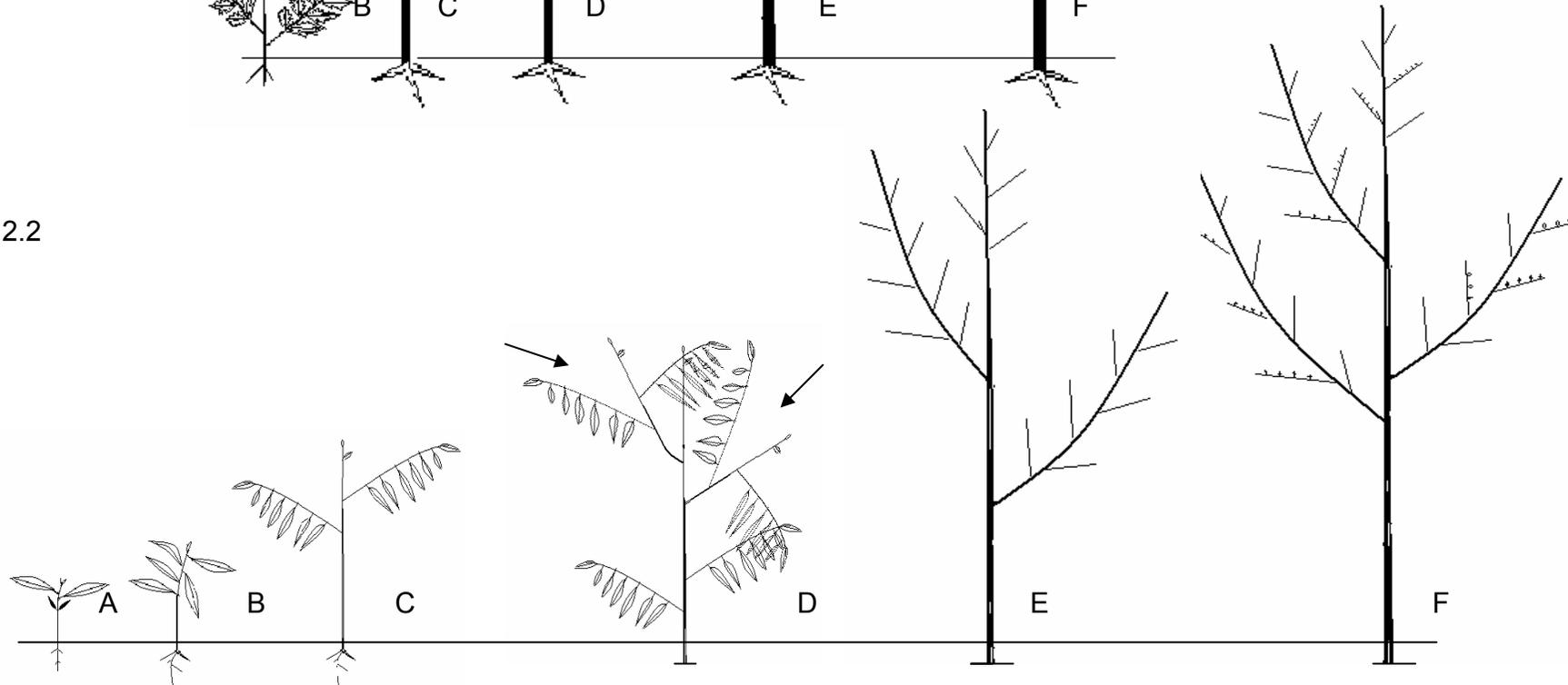


Figura 2. Esquema dos estádios ontogenéticos de *Roupala montana* (2.1) e *Xylopia aromatica* (2.2). Sendo A= plântula, B= Jovem 1, C= Jovem 2, D= Imaturo, E= Adulto vegetativo, F= Adulto reprodutivo e setas= reiteração. Em ambas espécies a partir do esquema D repete-se o modelo arquitetural.

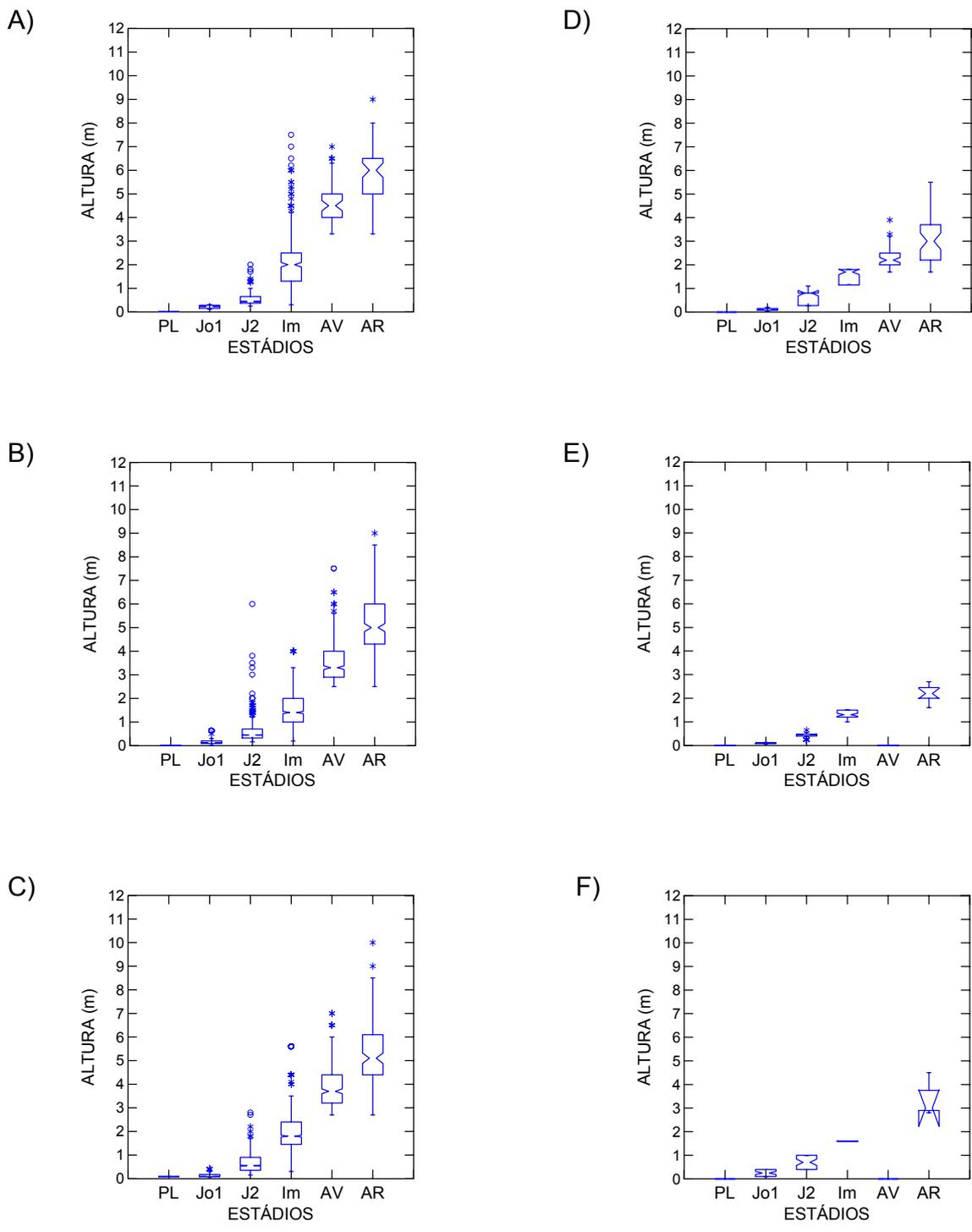


Figura 3. Box-plot de altura (m) dos estádios de *Xylopia aromatica* nos fragmentos Valério 1 (A), Valério 2 (B), Valério 3 (C), Broa (D), Estrela (E) e Fepasa (F). PL = Plântula, Jo1 = Jovem 1, J2 = Jovem 2, Im = Imaturo, AV = Adulto vegetativo e AR = Adulto reprodutivo.

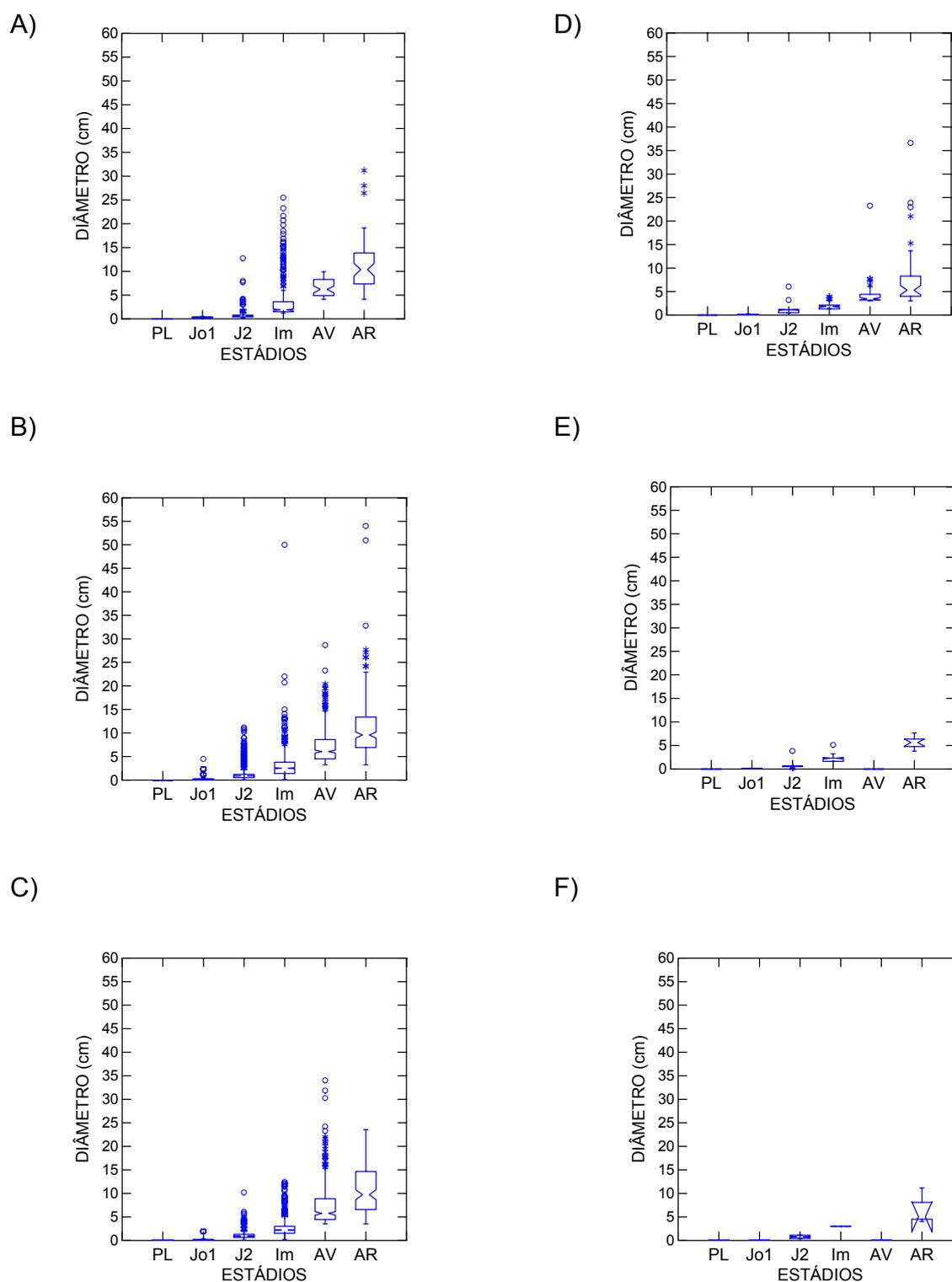
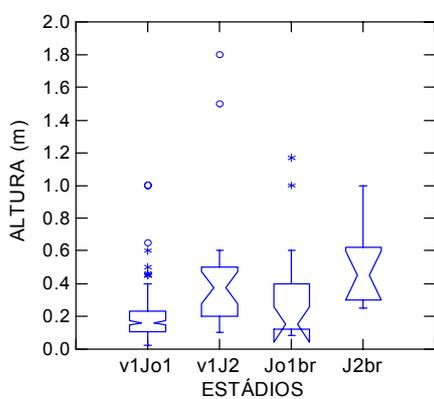
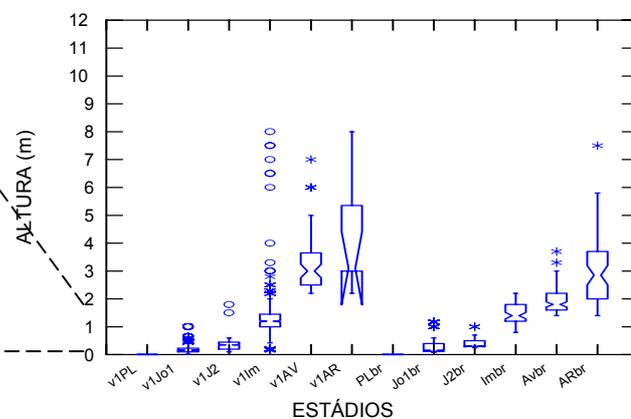


Figura 4. Box-plot de diâmetro (cm) dos estádios de *Xylopia aromatica* nos fragmentos Valério1 (A), Valério 2 (B), Valério 3 (C), Broa (D), Estrela (E) e Fepasa (F). PI = Plântula, Jo1 = Jovem 1, J2 = Jovem 2, Im = Imaturo, AV = Adulto vegetativo e AR = Adulto reprodutivo.

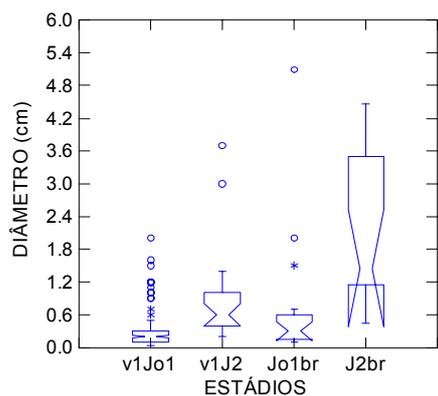
A)



B)



C)



D)

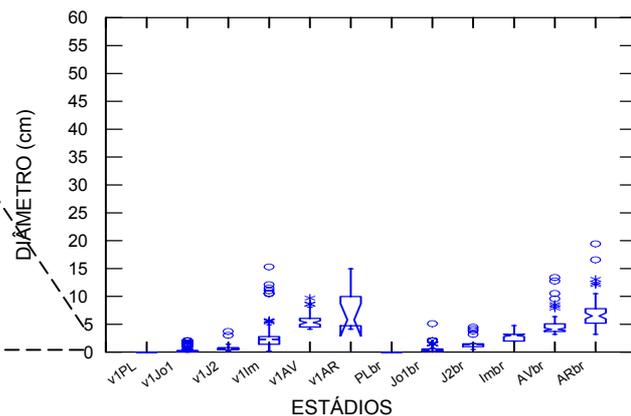
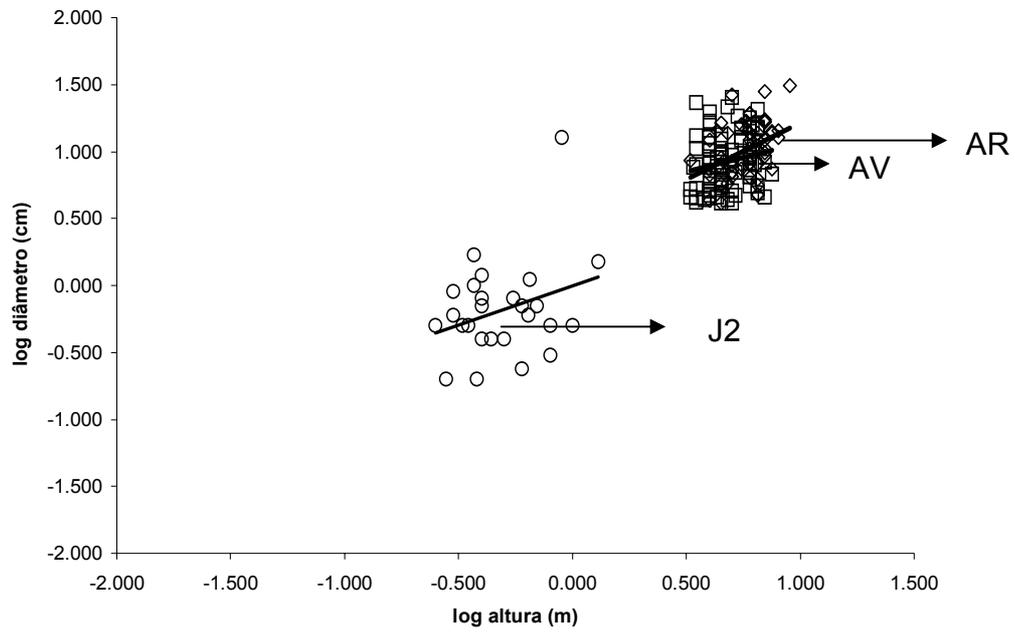
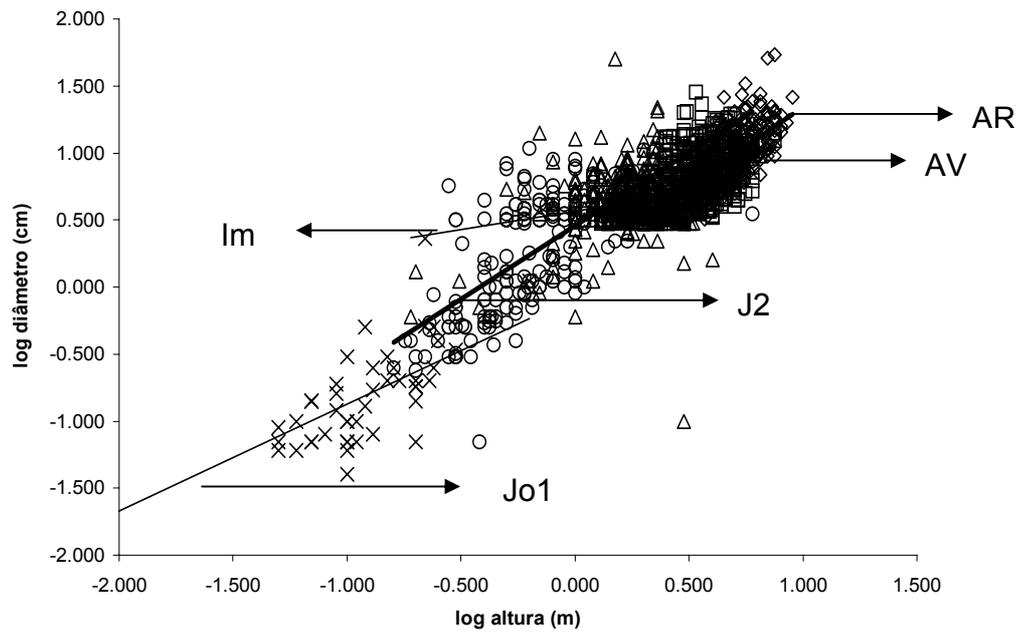


Figura 5. Box-plot de altura (m) (A e B) e diâmetro (cm) (C e D) dos estádios de *Roupala montana* nos fragmentos Valério 1 (V1) e Broa (br). Jo1 = Jovem 1, J2 = Jovem 2, Im = Imaturo, AV = Adulto vegetativo e AR = Adulto reprodutivo e v1 = Valério 1 e br = Broa.

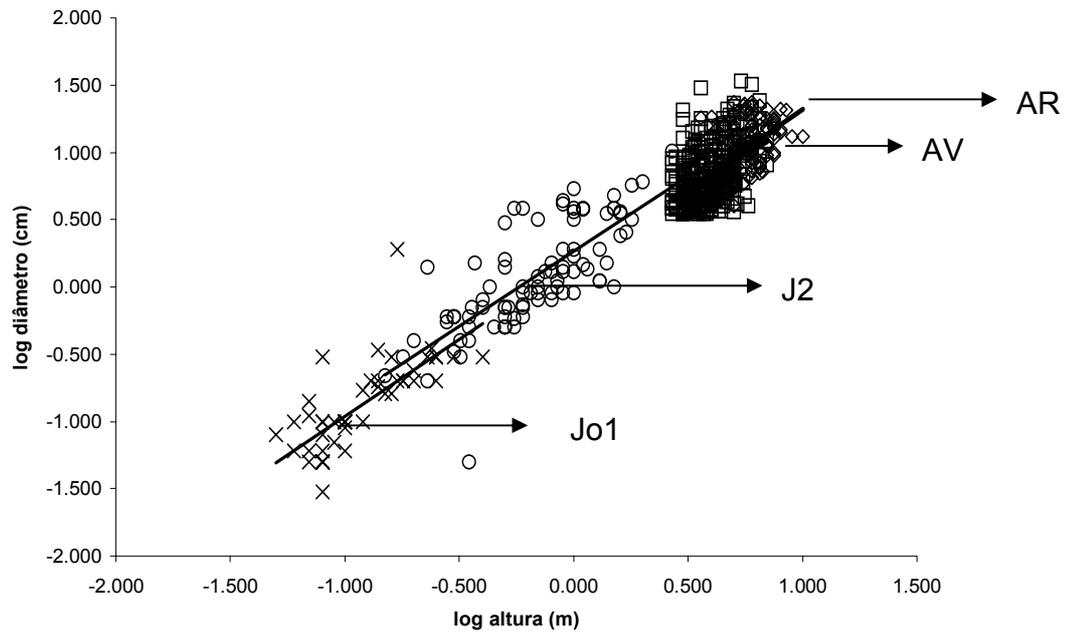
A)



B)



C)



D)

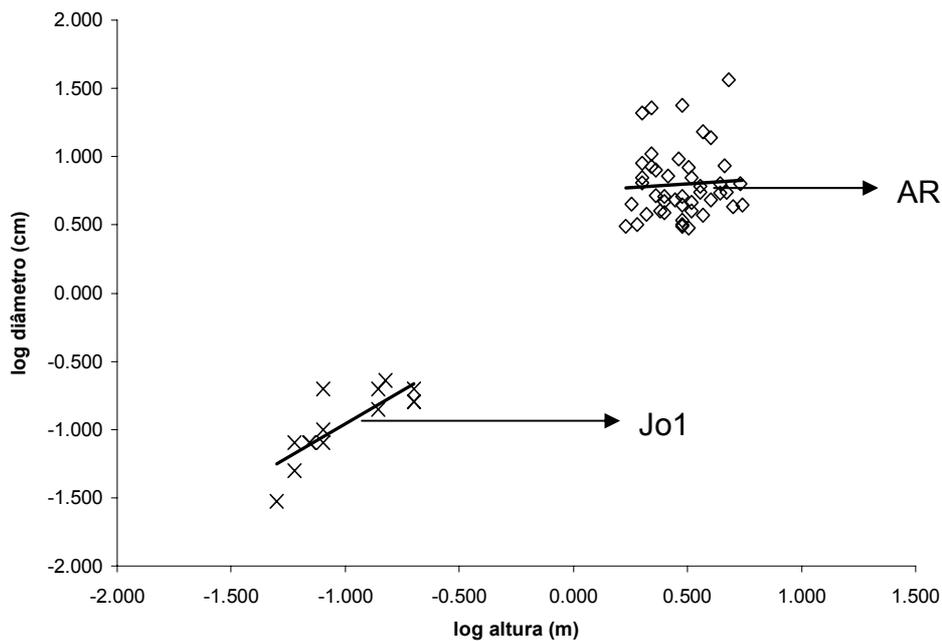
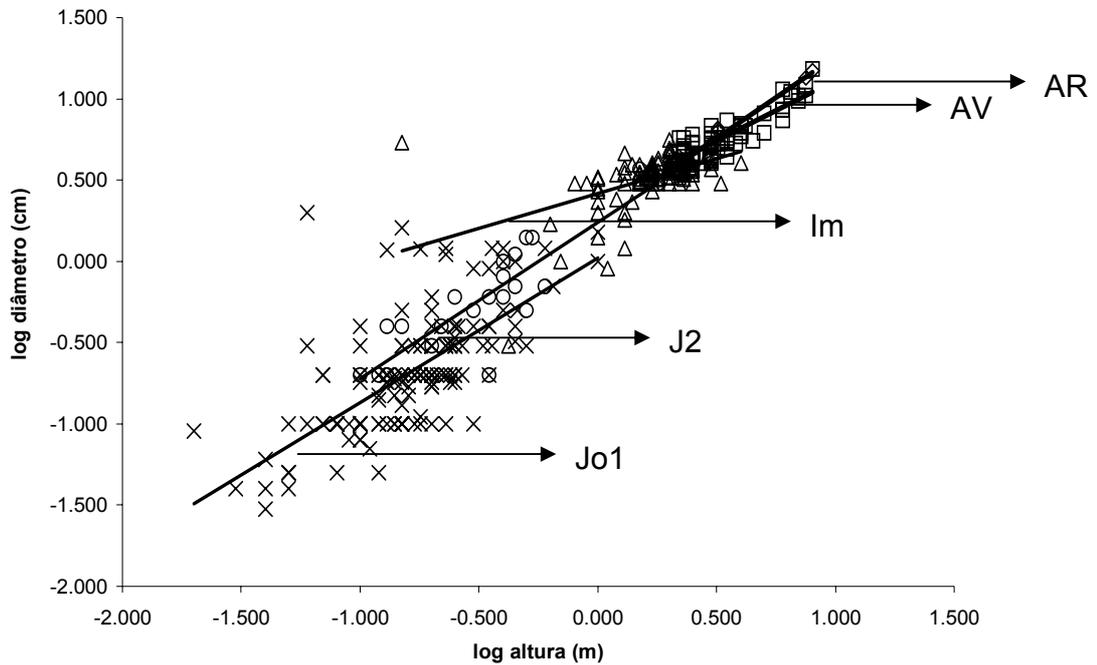


Figura 6. Regressões lineares significativas ($\log d = a + b \log h$) entre diâmetro (cm) e altura (m) na ontogenia de *Xylopia aromatica* nos fragmentos Valério 1 (A), Valério 2 (B), Valério 3 (C) e Broa (D). Equações das retas estão expressas na tabela 4. Jovem 1 (Jo1) = x, Jovem 2 (J2) = O, Imaturo (Im) = Δ, Adulto vegetativo (AV) = □, e Adulto reprodutivo (AR) = ◇.

A)



B)

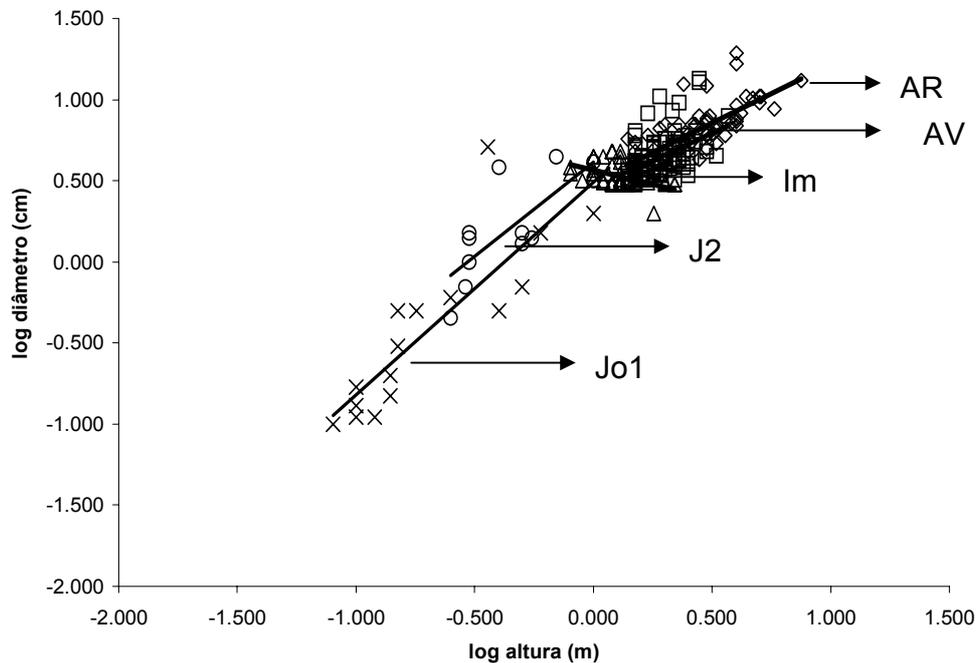


Figura 7. Regressões lineares significativas ($\log d = a + b \log h$) entre diâmetro (cm) e altura (m) na ontogenia de *Roupala montana* nos fragmentos Valério 1 (A) e Broa (B). Equações das retas estão expressas na tabela 5. Jovem 1 (Jo1) = x, Jovem 2 (J2) = O, Imaturo (Im) = Δ , Adulto vegetativo (AV) = \square , e Adulto reprodutivo (AR) = \diamond .

Tabela 1. Caracterização dos fragmentos estudados na região de Itirapina, SP. Em todas as áreas, o solo é Neossolo Quartzarênico (Delgado 1994).

ÁREA	VEGETAÇÃO	AÇÃO ANTRÓPICA	ENTORNO
ESTRELA	Cerrado <i>stricto sensu</i> ralo, altura média de 2 a 4 m, estrato graminóide presente	fogo	Plantios de laranja
VALÉRIO	Cerrado <i>stricto sensu</i> denso, altura média de 8 m, estrato graminóide ausente e espessa camada de serrapilheira sobre o solo	Extração de resina e corte de <i>Pinus</i>	Reflorestamento com <i>Pinus</i> sp. (parte da E.E.I.)
BROA	Cerrado <i>stricto sensu</i> típico, altura média de 3 a 6 m e estrato graminóide presente	pastejo e fogo	Atividade agropastoril
FEPASA	Cerrado <i>stricto sensu</i> típico, altura média de 3 a 6 m e estrato graminóide presente	raizeiros, pastejo e fogo	Dentro do distrito industrial do município

Tabela 2. Ordem de valor de importância (VI) e de densidade absoluta (ind./ha) encontradas em levantamentos florísticos e fitossociológicos realizados em cerrado (*sensu lato*) da região de Itirapina/SP.

AUTOR	ESPÉCIE	ORDEM DE VI	DENSIDADE ABSOLUTA
Rezende et al. 1999	<i>Roupala montana</i>	7	706.2
Rezende et al. 1999	<i>Xylopia aromatica</i>	9	481.2
Giannotti 1988	<i>Roupala montana</i>	21	118.4
Giannotti 1988	<i>Xylopia aromatica</i>	7	401.6
Mantovani 1987	<i>Roupala montana</i>	5	*
Mantovani 1987	<i>Xylopia aromatica</i>	12	*

* trabalho não apresenta esses dados.

Tabela 3. Parâmetros das regressões lineares entre \log_{10} diâmetro (cm) e \log_{10} altura (m) nos estádios ontogenéticos de *Xylopia aromatica*. n = número de indivíduos, a = coeficiente linear, b_1 = coeficiente angular, r^2 = coeficiente de determinação, p = significância das regressões, *= significância a nível de 0,05. Letras semelhantes nas colunas a e b_1 indicam similaridade estatística (ANCOVA, p < 0,05 e teste *a posteriori* de Scheffé, p = 0,05). Adulto reprodutivo (Ad.rept.) e Adulto vegetativo (Ad.vegt.).

<i>Xylopia aromatica</i>	n	a	b_1	r^2	p
A)Valério 1					
Jovem 1	4	0.100	0.959	0.570	0.240
Jovem 2	42	-0.001 ^b	0.870 ^a	0.295	0.003*
Imaturo	122	0.541	0.220	0.020	0.065
Ad.vegt.	81	0.474 ^a	0.662 ^a	0.080	0.010*
Ad.rept.	60	0.371 ^a	0.843 ^a	0.150	0.002*
B)Valério 2					
Jovem 1	46	-0.072 ^a	0.798 ^{a b}	0.412	<0.001*
Jovem 2	198	0.456 ^b	1.093 ^a	0.487	<0.001*
Imaturo	436	0.566 ^d	0.272 ^c	0.038	<0.001*
Ad.vegt.	445	0.433 ^c	0.702 ^b	0.133	<0.001*
Ad.rept.	243	0.179 ^a	1.166 ^a	0.350	<0.001*
C)Valério 3					
Jovem 1	47	0.180 ^a	1.141 ^a	0.529	<0.001*
Jovem 2	97	0.263 ^b	1.115 ^a	0.588	<0.001*
Imaturo	399	0.533	0.108	0.006	0.123
Ad.vegt.	359	0.240 ^c	0.990 ^a	0.197	<0.001*
Ad.rept.	148	0.133 ^d	1.190 ^a	0.415	<0.001*
D)Broa					
Jovem 1	14	0.020 ^a	0.978 ^a	0.662	<0.001*
Jovem 2	4	0.517	1.551	0.718	0.118
Imaturo	9	0.458	-0.114	0.002	0.913
Ad.vegt.	53	0.477	0.340	0.027	0.240
Ad.rept.	46	0.241 ^a	1.172 ^a	0.398	<0.001*
E)Estrela					
Jovem 1	6	-1.407	-0.385	0.050	0.671
Jovem 2	6	0.557	2.029	0.586	0.076
Imaturo	9	0.518	-0.422	0.037	0.619
Ad.rept.	11	0.714	0.087	0.005	0.841

Tabela 4. Parâmetros das regressões lineares entre \log_{10} diâmetro (cm) e \log_{10} altura (m) nos estádios ontogenéticos de *Roupala montana*. n = número de indivíduos, a = coeficiente linear, b_1 = coeficiente angular, r^2 = coeficiente de determinação, p = significância das regressões, *= significância a nível de 0,05. Letras semelhantes nas colunas a e b_1 indicam similaridade estatística (ANCOVA, $p < 0,05$ e teste *a posteriori* de Scheffé, $p = 0,05$). Adulto reprodutivo (Ad.rept.) e Adulto vegetativo (Ad.vegt.).

<i>Roupala montana</i>	n	a	b_1	r^2	p
A)Valério 1					
Jovem 1	172	0.020 ^b	0.889 ^a	0.465	<0.001*
Jovem 2	22	0.238 ^{a,b}	0.961 ^a	0.774	<0.001*
Imaturo	122	0.417 ^c	0.429 ^b	0.233	<0.001*
Ad.vegt.	63	0.369 ^a	0.744 ^a	0.778	<0.001*
Ad.rept.	8	0.253 ^{a,b}	1.005 ^a	0.929	<0.001*
B)Broa					
Jovem 1	17	0.184 ^b	0.941 ^a	0.498	0.002*
Jovem 2	12	0.615 ^a	1.156 ^a	0.597	0.003*
Imaturo	45	0.564 ^c	-0.346 ^b	0.188	0.003*
Ad.vegt.	106	0.460 ^a	0.668 ^a	0.249	<0.001*
Ad.rept.	60	0.495 ^a	0.725 ^a	0.536	<0.001*

Tabela 5. Valores de F_s e suas respectivas probabilidades (p) da análise de covariância (ANCOVA) para os coeficientes angulares (b_1) e coeficientes lineares (a).

	b_1	p	a	p
<i>Xylopiá aromática</i>				
A)Valério 1	$F_s_{(2,162)} = 0.339$	0.811	$F_s_{(2,162)} = 3.797$	0.023
B)Valério 2	$F_s_{(4,1357)} = 24.571$	<0.001		
C)Valério 3	$F_s_{(3,640)} = 0.506$	0.682	$F_s_{(3,643)} = 5.573$	0.001
D)Broa	$F_s_{(1,56)} = 0.361$	0.557	$F_s_{(1,57)} = 0.370$	0.552
<i>Roupala montana</i>				
E)Valério 1	$F_s_{(4,377)} = 4.446$	0.002		
F)Broa	$F_s_{(4,230)} = 8.605$	<0.001		

Tabela 6. Parâmetros das regressões lineares entre \log_{10} diâmetro (cm) e \log_{10} altura (m) nos fragmentos de ocorrência das espécies, nos fragmentos de fisionomia florestal (Valério 1, 2 e 3) juntas e nos fragmentos de fisionomia aberta (Broa, Estrela e Fepasa). n = número de indivíduos, a = coeficiente linear, b_1 = coeficiente angular, r^2 = coeficiente de determinação, p = significância das regressões, * = significância a nível de 0,05. Letras semelhantes nas colunas a e b_1 indicam similaridade estatística (ANCOVA, $p < 0,05$ e teste *a posteriori* de Scheffé, $p = 0,05$).

	n	a	b_1	r^2	p
<i>Xylopia aromatica</i>					
Valério 1	309	0.213 ^a	1.040 ^a	0.660	<0.001*
Valério 2	1368	0.363 ^b	0.918 ^b	0.700	<0.001*
Valério 3	1050	0.223 ^a	1.046 ^a	0.787	<0.001*
Broa	126	0.223 ^a	1.147 ^a	0.892	<0.001*
Estrela	32	0.314 ^c	1.296 ^c	0.931	<0.001*
Fisionomia florestal	2727	0.304 ^a	0.959 ^a	0.720	<0.001*
Fisionomia aberta	166	0.220 ^b	1.187 ^b	0.887	<0.001*
<i>Roupala montana</i>					
Valério 1	387	0.212 ^a	1.079 ^a	0.907	<0.001*
Broa	240	0.383 ^b	0.974 ^b	0.792	<0.001*

Tabela 7. Porcentagem de indivíduos com rebrota em cada estágio e em cada fragmento. Jo1 = jovem 1, J2 = Jovem 2, Im = Imaturo, AV= Adulto vegetativo, AR = Adulto reprodutivo.

	TOTAL	Jo1	J2	Im	AV	AR
Xylopia aromatica						
A)Valério 1	30.4	2.0	10.5	11.5	4.2	2.2
B)Valério 2	46.8	4.8	21.6	12.4	5.3	2.7
C)Valério 3	45.1	6.8	16.1	15.1	5.2	1.9
D)Broa	31.8	4.3	4.5	8.9	7.9	6.2
E)Estrela	19.7	0	7.5	9.0	0	3.2
F)Fepasa	0.9	0	0	0	0	0.9
Roupala montana						
G)Valério 1	23.8	17.3	5.1	1.4	0.0	0.0
H)Broa	39.4	17.4	9.0	5.7	4.5	2.7

CAPÍTULO 2: Estrutura Populacional de *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. e *Roupala montana* Aubl. em Quatro Fragmentos de Cerrado

ANELIZA DE ALMEIDA MIRANDA-MELO¹, FLAVIO ANTONIO MAËS DOS SANTOS² &
FERNANDO ROBERTO MARTINS²

¹ Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Caixa Postal 6109, 13083-970 Campinas, SP, Brasil. e-mail: anemiranda@yahoo.com

² Departamento de Botânica, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Caixa Postal 6109, 13083-970 Campinas, SP, Brasil.

RESUMO-(Estrutura Populacional de *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. e *Roupala montana* Aubl. em Quatro Fragmentos de Cerrado). A estrutura populacional de *Xylopia aromatica* e *Roupala montana* foi estudada em fragmentos de cerrado no município de Itirapina, SP com diferentes fisionomias e históricos de perturbação e em áreas de cerrado com fisionomias semelhantes dentro de um mesmo fragmento. Dentro de cada fragmento foi instalada uma grade de 200 parcelas contíguas de 5 x 5 m, totalizando 0,5 ha. Em cada parcela foram registrados a altura e o diâmetro de todos os indivíduos das duas espécies com DAS \geq 3 cm. Em sub-parcelas de 1 m², sorteadas dentre os vértices de cada parcela de 25 m², foram marcados os indivíduos com DAS < 3 cm. As medidas de tamanho serviram para analisar a distribuição de tamanho. Os indivíduos foram classificados em estádios ontogenéticos para análise da estrutura baseada em estádios, sendo plântula (PL); jovem 1 (Jo1); jovem 2 (J2); imaturo (Im); adulto vegetativo (AV); e adulto reprodutivo (AR). Encontrou-se maior proporção de estádios iniciais de *Xylopia* nas fisionomias mais abertas e que apresentam alta perturbação. *Roupala* apresentou alta proporção de Jo1 e Jo1:AR na fisionomia mais florestal. As diferentes proporções de cada estágio geraram estruturas populacionais significativamente diferentes em ambas espécies, tanto entre fragmentos com fisionomias diferentes quanto dentro de um mesmo fragmento. Essas diferenças podem ter sido influenciadas pelo histórico de perturbação e pelas características reprodutivas, como padrão fenológico e tipo de reprodução. As distribuições de tamanho em cada fragmento foram na maioria semelhantes, principalmente a distribuição de diâmetro em *Xylopia*, provavelmente influenciadas pelo rebrotamento dos indivíduos. Diferenças nas estruturas de tamanho e de estádios ontogenéticos, como observadas neste trabalho, levam a concluir que estudos que enfocam variações espaciais dentro e entre áreas e as características das espécies e seus habitats são de fundamental importância para compreender melhor quais fatores influenciam os processos populacionais.

Palavras-Chave: estrutura de estádios ontogenéticos, estrutura de tamanho, cerrado, *Roupala montana*, *Xylopia aromatica*.

INTRODUÇÃO

Os estudos de estrutura populacional podem abordar as estruturas genética, espacial, etária, de tamanho ou de estádios ontogenéticos. Dentre essas abordagens, as distribuições de indivíduos em classes de tamanho ou estádios ontogenéticos têm sido bastante utilizadas em estudos de populações vegetais, pois acredita-se que sejam reflexos da ação de fatores bióticos e abióticos sobre as taxas de crescimento e mortalidade, bem como de eventos passados de recrutamento (Hutchings 1998, Hay et al. 2000).

Assim, a caracterização do ambiente, juntamente com estudos de estrutura de tamanho e/ou de estádios ontogenéticos de populações de plantas, é um passo importante no sentido de compreender quais fatores influenciam nos processos populacionais, na regeneração (Clark 1994) e nas perturbações em um determinado local (Harper 1977).

Saber quais fatores determinam a estrutura populacional de plantas lenhosas na savana é de interesse global (Roques et al. 2001) e uma diversidade de fatores tem sido sugerida como determinante dessa estrutura. Herbivoria, variações climáticas, competição com gramíneas e impactos antropogênicos, como fogo e gado, são indicados como alguns dos principais fatores operantes nas savanas (Hoffmann 1996, Skarpe 1991, Higgins et al. 2000). Outros fatores, como recrutamentos episódicos e abertura natural do dossel, também podem desempenhar papel determinante na estrutura populacional de uma espécie em uma determinada área (Clark & Clark 1987).

Na caracterização das espécies e dos fatores que influenciam sua dinâmica populacional, deve-se levar em consideração possíveis variações espaciais na estrutura populacional. Desse modo, análises da estrutura populacional em locais diferentes são necessárias, pois ajudam a entender se as estruturas descritas são resultado de perturbações passadas ou não (Manokaran & Kochummen 1987).

Alguns autores têm observado que uma mesma espécie pode apresentar diferenças na estrutura de tamanho em diferentes formações e entre locais dentro de uma mesma formação (Ramirez & Arroyo 1990; Milton et al. 1993; e Fonseca 2001). Logo, considerando-se fragmentos diferentes em relação à cobertura vegetal, ao histórico de perturbação e a pressões externas, podemos esperar diferenças na estrutura populacional de uma espécie entre fragmentos.

Este estudo avaliou a estrutura de tamanho e de estádios ontogenéticos de duas espécies, *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart (Annonaceae) e *Roupala montana* Aubl. (Protaceae), entre fragmentos de cerrado com diferentes fisionomias e históricos de perturbação, e entre áreas de cerrado com fisionomias semelhantes dentro de um mesmo fragmento, com o intuito de entender quais fatores influenciam na estrutura populacional.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado na micro-região de Itirapina (22° 15' S; 47° 48' W) estado de São Paulo, numa altitude média de 760 m. O clima da região é Cwa de Köppen, temperado macrotérmico com inverno seco não rigoroso, com precipitação anual média de 1425 mm, concentrada no período de outubro a maio, temperatura média de 19,7°C, e déficit hídrico de 23 mm anuais (Delgado 1994). A vegetação da região é representada por um mosaico de formações nativas (cerrado e florestas estacionais semidecíduas), plantio de exóticas, principalmente *Pinus* sp. e *Eucalyptus* sp., culturas agrícolas e pastagens.

O estudo foi desenvolvido em quatro fragmentos de cerrado (Figura 1), sendo um deles dentro da área da E.E.I. (Estação Experimental de Itirapina), enquanto os demais se encontram em propriedades particulares. Esses fragmentos apresentam fisionomias que variam de cerrado *stricto sensu* ralo (Estrela), a cerrado *stricto sensu* típico (Broa e Fepasa)

e cerrado *stricto sensu* denso (florestal) (Valério), segundo o sistema de classificação de Ribeiro & Walter (1998), estando submetidos a diferentes impactos antrópicos, principalmente queimadas, que são freqüentes no Broa, Estrela e Fepasa, extração por raizeiros e pastejo pelo gado (Estrela e Fepasa). Apresentam também, pressões externas diferenciadas, como reflorestamento de *Pinus* sp (Valério); atividades agropastoris (Broa); plantios de laranja (Estrela); ou estando localizado dentro do distrito industrial do município (Fepasa) (ver Tabela 1).

Espécies estudadas

Xylopia aromatica (Lam.) Mart. (Annonaceae) e *Roupala montana* Aubl. (Proteaceae) são freqüentemente encontradas em levantamentos florísticos e fitossociológicos realizados em cerrado (*sensu lato*) da região de Itirapina, apresentando altos valores de importância (Mantovani 1987, Giannotti 1988, Rezende et al. 1999). Essas espécies ocorrem em grande abundância em estudos desenvolvidos na área, e seus indivíduos são de fácil identificação no campo em todos os estádios ontogenéticos (ver capítulo 1).

Xylopia aromatica, referida a partir daqui apenas como *Xylopia*, é vulgarmente conhecida por pindaíba ou pimenta-de-macaco. A inflorescência é formada por fascículos com 3-4 flores em cada axila foliar (Dias 1988), apresentando síndrome de polinização de cantarofilia, predominantemente alógama, com alto grau de auto-incompatibilidade devido a dicogamia do tipo protoginia (Costa 1988). Os frutos são do tipo multifolículos, aromáticos, com dispersão de sementes feita provavelmente por pássaros, que são atraídos pela cor avermelhada da cápsula quando aberta e consomem as sementes com arilo suculento (Almeida et. al. 1998). Em estudos fenológicos realizados por dois anos em Itirapina, o período de floração foi de novembro a abril e o de frutificação de dezembro a maio (Costa

1988), mas existe coleta dessa espécie com flor e fruto em todos os meses do ano (Dias 1988).

Xylopia é árvore típica do cerrado s.s., podendo ocorrer no cerrado *stricto sensu* denso (Dias 1988). Sua distribuição vai desde as Guianas até Pernambuco, sendo encontrada também na região centro-oeste e nos estados de São Paulo e Minas Gerais (Dias 1988). A espécie é perenifólia, pioneira, geralmente ocorrendo em áreas perturbadas, como beira de estradas ou clareiras, sendo abundante em cerrado com alta luminosidade (Almeida et al. 1998). Apresenta alta capacidade de rebrotamento após a eliminação da parte aérea por fogo ou por geada (Silberbauer-Gottsberger et al. 1977).

Roupala montana, referida a partir de agora apenas como *Roupala*, é conhecida vulgarmente por carne-de-vaca, caxuá ou farinha-seca. A inflorescência é solitária axilar ou terminal, formada por 10 a 20 flores (Almeida et. al. 1998). É polinizada por mariposas, com polinização alógama, já que a espécie apresenta alto grau de auto-incompatibilidade (Oliveira 1991 apud Borges 2000). Os frutos são do tipo folículo com sementes aladas, com dispersão anemocórica (Almeida et. al. 1998). Floresce de março a novembro, e a frutificação ocorre de junho a novembro (Almeida et al. 1998). É documentado para a espécie, padrões interanuais de floração e/ou frutificação (Borges 2000).

Roupala ocorre em matas de galeria, cerradão mesotrófico e distrófico, cerrado *stricto sensu* denso, cerrado *stricto sensu* típico, cerrado *stricto sensu* ralo e campo limpo. Encontra-se distribuída desde o Amapá, Amazonas, Ceará, Distrito Federal, Goiás, Maranhão, Pará, Tocantins, Mato Grosso, até Minas Gerais e São Paulo. Segundo Hoffmann (1998), essa espécie reproduz-se vegetativamente por produção de raízes gemíferas, mas também apresenta a capacidade de rebrotar, principalmente quando danificada pelo fogo (Sato 1996).

Procedimento de campo

Em cada fragmento, foi instalada uma grade de 50 x 100 m subdividida em 200 parcelas contíguas de 5 x 5 m, totalizando 0,5 ha. Para a análise de áreas com fisionomia semelhante dentro de um mesmo fragmento (Valério), foram amostradas 3 áreas de 0,5 ha demarcadas como acima, separadas por pelo menos 500 m (Figura 1). Essas áreas apresentaram características fisionômicas, como altura e densidade, muito semelhantes e foram denominadas de Valério 1, 2 e 3.

Em cada parcela de 25 m², foram marcados todos os indivíduos com diâmetro do caule à altura do solo (DAS) maior ou igual a 3 cm. Em uma sub-parcela de 1 m², sorteada dentre os vértices de cada parcela de 25 m², foram marcados os indivíduos com DAS menor que 3 cm.

No período de julho a setembro de 2002, foram instaladas as parcelas e sub-parcelas e registrados a altura total e o diâmetro do caule à altura do solo (DAS) de todos os indivíduos. As medidas foram tomadas com auxílio de uma fita métrica, um paquímetro e uma trena, e para os indivíduos com alturas superiores a 2m, utilizou-se uma vara graduada.

Para cada indivíduo foi registrado o seu estágio ontogenético (capítulo 1): plântula (PL) apresentava uma ou duas folhas cotiledonares; jovem 1 (Jo1) não apresentava cotilédones, e nem ramificações; jovem 2 (J2) possuía ramificações do caule; imaturo (Im) apresentava capacidade de ramificações e reiteraões; adulto vegetativo (AV) possuía diâmetro e altura iguais ou maiores àqueles observados para o menor indivíduo reprodutivo, mas que não se reproduziu no período de coleta de dados; e adulto reprodutivo (AR) apresentava flor, fruto ou cicatriz dessas estruturas durante o período de observação.

Análise de dados

A estrutura populacional foi analisada por meio da distribuição de frequência dos indivíduos em cada estágio ontogenético. As distribuições de estágios ontogenéticos foram comparadas entre os fragmentos e entre as espécies estudadas através de testes de Kolmogorov-Smirnov (Zar 1999), com correções de Bonferroni (α_B) para testes seqüenciais (Rice 1989).

Foi calculado o coeficiente de Gini (Weiner & Solbrig, 1984) e posteriormente foi feito um teste de bootstrap com 1000 repetições para verificar diferenças desses coeficientes entre fragmentos e espécies, considerando os dados de diâmetro e de altura ($p < 0,05$). As análises foram feitas utilizando-se o programa WINGINI versão 1.0 (Flavio Antonio Maës dos Santos 1996). O coeficiente de Gini pode variar de 0 a 1, sendo que valores próximos a 0 (zero) indicam que os indivíduos na população possuem tamanhos similares (baixa hierarquização de tamanhos), enquanto valores próximos a 1 (um) indicam o máximo de desigualdade de tamanhos de indivíduos na população (alta hierarquização de tamanhos) (Weiner & Solbrig 1984).

RESULTADOS

Xylopia ocorreu em todos os fragmentos estudados, sendo que nas áreas do Valério ocorreram as maiores densidades, com no mínimo 2,3 vezes mais indivíduos que nos demais fragmentos (Tabela 2). *Roupala* ocorreu somente em dois fragmentos, Valério 1 e Broa, apresentando maior número de indivíduos no Valério 1 (Tabela 2).

Comparação entre áreas

Xylopia aromatica – Nas três áreas do Valério, *Xylopia* ocorreu em densidade total maior que na dos demais fragmentos e o Fepasa apresentou a menor, com cerca de 12

vezes menos indivíduos (Tabela 2). A presença de plântulas foi registrada apenas em uma das áreas do Valério (Valério 3).

As distribuições de estádios ontogenéticos de *Xylopia* diferiram entre os fragmentos, exceto entre o Estrela e o Fepasa (Tabela 3).

Nas três áreas do Valério, *Xylopia* apresentou maior proporção de jovem 2 (Figura 2), embora com diferenças entre as três áreas. No Valério 1, a proporção de J2 foi 7 vezes maior que a de Jo1 e 1,7 vezes maior que a de Im. No Valério 2, a proporção de J2 foi 2,2 vezes maior que a de Jo1 e 2,3 vezes maior do que a de Im. No Valério 3, houve a menor proporção de J2, sendo 1,5 vezes maior que a de Jo1 e 1,3 vezes maior que a de Im.

No Broa, *Xylopia* apresentou predomínio de jovem 1 (cerca de 60%), enquanto no Estrela e no Fepasa as proporções de Jo1 e J2 foram similares (cerca de 43% de Jo1 e 36% de J2 no Estrela e 48% para ambos no Fepasa), sem que nenhum AV e poucos Im tenham sido amostrado nesses fragmentos (Figura 2 e Tabela 2).

O número médio de Jo1 por AR foi maior no Fepasa (16,7) e no Estrela (13,6), intermediário no Valério 3 (7,9), no Broa (7,7) e no Valério 2 (4,6) e menor no Valério 1 (1,7).

As estruturas de tamanho, tanto de altura quanto de diâmetro, apresentaram resultados diferentes daqueles obtidos para estádios. As distribuições de diâmetro foram semelhantes ($p > 0,05$) entre as três áreas do Valério, o Estrela e o Fepasa. O Broa diferiu dos fragmentos acima ($p < 0,001$), exceto do Fepasa. O Broa também apresentou a maior hierarquização de diâmetro (coeficiente de Gini = 0,733), com cerca de 60% dos indivíduos concentrando apenas 5% do diâmetro, enquanto as demais áreas apresentaram menor hierarquização com somente 32% (Valério 1) a 40% (Valério 2 e 3 e Estrela) dos indivíduos concentrando 5% de diâmetro e coeficientes de Gini entre 0,619 e 0,652.

As populações do Broa (Gini = 0,648) e Fepasa (Gini = 0,642) foram as mais hierarquizadas quanto à altura. As hierarquias nas áreas do Valério diferiram entre si e do

Broa ($p < 0,001$), enquanto o Estrela apresentou coeficientes semelhantes aos do Valério 1 e 3 ($p > 0,05$).

Roupala montana – A distribuição de estádios ontogenéticos no Valério 1 diferiu da observada no Broa (Figura 2 e Tabela 4). O Valério 1, apresentou a maior frequência de jovens 1 (80% contra 47%) e o maior número médio de Jo1 por AR, cerca de 80 vezes maior do que no Broa.

As distribuições de diâmetro foram mais hierarquizadas no Valério 1 (Gini = 0,621) do que no Broa (Gini = 0,579) ($p = 0,04$). O mesmo não ocorreu com as distribuições de altura que apresentaram hierarquias semelhantes nos dois fragmentos (Gini = 0,542 no Valério 1 e 0,551 no Broa, $p = 0,48$).

Comparação entre espécies

No Valério 1 – *Roupala* apresentou aproximadamente 4 vezes mais indivíduos, maior proporção de Jo1 (80% contra 7,5%) e maior número médio de Jo1 por AR (cerca de 323 vezes maior) do que *Xylopi*a (Figura 2 e Tabela 2). As distribuições de estádios diferiram entre as espécies (Tabela 4).

Apesar dessas diferenças na distribuição de estádios, as distribuições de tamanho foram semelhantes tanto para diâmetro (Gini = 0,621 para *Roupala* e para *Xylopi*a, $p = 0,90$) quanto para altura (Gini = 0,546 para *Roupala* e 0,526 para *Xylopi*a, $p = 0,07$).

No Broa – Apesar de ambas as espécies apresentarem maior proporção de Jo1 do que dos demais estádios, *Xylopi*a apresentou 1,3 vezes mais Jo1, 1,7 vezes mais Im e 2,7 vezes menos J2 do que *Roupala*. As distribuições de indivíduos nos estádios ontogenéticos diferiram entre as espécies (Tabela 4).

As distribuições de tamanho também diferiram entre as espécies ($p < 0,001$), com *Xylopia* apresentando maior desigualdade de tamanhos (Gini = 0,733 para diâmetro e 0,647 para altura) do que *Roupala* (Gini = 0,571 para diâmetro e 0,551 para altura).

Logo, apesar de ambas espécies apresentarem distribuições de estádios ontogenéticos diferentes, no Valério 1 as distribuições de estádios ontogenéticos apresentaram resultados diferentes daqueles obtidos para as distribuições de tamanho.

DISCUSSÃO

As fisionomias mais densas de cerrado, principalmente o Valério 1, apresentaram uma maior proporção de indivíduos de *Xylopia* em estádios intermediários, enquanto nas fisionomias mais abertas, como no Broa, no Estrela e no Fepasa, ocorreram maiores proporções de indivíduos das duas espécies em estádios iniciais. Segundo Khan et al. (1987), em áreas mais abertas e/ou perturbadas, como alguns dos fragmentos aqui estudados, espera-se maior recrutamento dos estádios iniciais, devido à ocorrência de um grande número de micro-sítios favoráveis, gerados por perturbação recente, aumentando a germinação e as chances de estabelecimento de plântulas, devido ao aumento da radiação solar incidente e o conseqüente aumento da temperatura, além da redução na competição com árvores estabelecidas.

O fogo também tem um importante efeito na demografia de plantas lenhosas do cerrado através do seu impacto na sobrevivência, no crescimento e na morte de biomassa aérea (Hoffmann & Solbrig 2003). Este tipo de perturbação age reduzindo a dominância de plantas estabelecidas e aumentando a disponibilidade de recursos para plântulas, além de remover serapilheira e húmus, que podem agir como barreiras para o estabelecimento de plântulas (Hoffmann 1998). Como resultado, freqüentemente se observa que, após uma perturbação, ocorre diminuição na taxa de recrutamento, aumento na mortalidade de plantas

juvenis e aumento no estabelecimento e crescimento de plântulas. Isso parece ter ocorrido com ambas as espécies, *Xylopia* e *Roupala*, nos fragmentos onde o fogo ocorre freqüentemente, e onde tem se documentado fogo recente, como no Broa, Estrela e no Fepasa (com. pess. moradores de Itirapina, SP).

A maior proporção de estádios iniciais de *Roupala* no Broa pode ser resultante também da propagação vegetativa, pois incêndios freqüentes também podem aumentar a importância da propagação vegetativa, devido o mesmo representar condições desfavoráveis para a reprodução sexuada, queimando suas flores e frutos e gerando irregularidade no processo reprodutivo (Borges 2000). Assim a propagação vegetativa pode garantir a permanência da espécie no ambiente e até afetar a dinâmica de regeneração da vegetação.

Além do fogo, a presença de gado no fragmento Fepasa (com. pess. moradores de Itirapina, SP e Instituto Florestal) provavelmente seria a causa da baixa densidade e menor proporção dos indivíduos dos estádios intermediários a tardios de *Xylopia*, pois o gado geralmente aumenta a mortalidade de juvenis (entre 1-3 m de altura), ocasionando um efeito negativo na taxa de recrutamento (Tiver et al. 2001).

Já a alta proporção de Jo1 e de Jo1:AR observada em *Roupala* na área do Valério 1, pode estar ligada a eventos interanuais de floração e/ou frutificação massiva ocorridos no passado, como documentado por vários autores em outras formações e espécies (Ramirez & Arroyo 1990; Milton et al. 1993; Fonseca 2001) e em várias espécies do cerrado, incluindo *Roupala* (Borges 2000). Outra explicação para essa observação seria a estagnação dos indivíduos no estágio Jo1, ocasionada por eliminação do caule, redução do crescimento devido às condições de luminosidade e/ou crescimento lento dos indivíduos resultantes de propagação vegetativa até a sua independência (Higgins et al. 2000; Hoffmann & Solbrig 2003; Cook 1983).

Segundo Higgins et al. (2000), alguns caules que apresentam habilidade de rebrotar após serem eliminados por alguma perturbação, como quebra mecânica ou morte do eixo principal devido à geada ou fogo, podem persistir como juvenis, sendo suprimidos por muitos anos, devido a repetidas rebrotas a cada eliminação do caule, permanecendo no mesmo estágio ontogenético. Assim, a alta porcentagem de rebrota apresentada por Jo1 em relação aos demais estádios (ver capítulo 1) leva a inferir que quebra mecânica ou morte do eixo principal tem influência na estagnação desse estágio em *Roupala*. A eliminação do caule pode ter sido provocada por quebras ou geadas, pois foi documentada a ocorrência de geadas severas em 1994 e 2000 (com. pess. Ripasa/SA) na região, e não devido ao fogo, já que a última ocorrência de fogo no fragmento Valério foi há mais de dezoito anos (com.pess. Instituto Florestal).

As condições de luminosidade são essenciais na fase inicial de crescimento, principalmente para espécies intolerantes à sombra. Estas condições de luminosidade podem ser influenciadas pela baixa porcentagem de abertura do dossel no Valério 1 (ver capítulo 3), o que levaria a menores taxas de crescimento dos indivíduos de *Roupala*, como documentado por Hoffmann (2002) e Hoffmann & Solbrig (2003) nos cerrados de Brasília/DF.

A alta proporção do estágio Jo1 de *Roupala*, no Valério 1, pode decorrer também de reprodução vegetativa, onde os indivíduos se tornam independentes apenas cerca de um ano após sua produção (Hoffmann 1998). Como a sua independência somente se torna viável após a formação de raízes laterais próprias, que são eficientes na absorção de nutrientes e na sustentação da planta (Cook 1983), seria esperado que esses clones de *Roupala* permanecessem no mesmo estágio durante o período de formação de um sistema radicular eficiente.

Por fim, a predominância de um estágio diferente em cada área e as diferentes proporções entre estádios, observadas entre áreas diferentes, indicam estruturas

populacionais diferentes, que podem ter sido influenciadas pelo histórico de perturbação e pelas diferentes características reprodutivas.

As distribuições de tamanho em cada fragmento foram na maioria semelhantes, principalmente a distribuição de diâmetro em *Xylopia*, provavelmente influenciada pelo rebrotamento. O mesmo foi observado por Oliveira et al. (1989), que encontraram distribuições de tamanho semelhantes em decorrência de rebrotamento em *Kielmeyera coriacea*. Possivelmente, o fator perturbador que pode ter ocasionado alta mortalidade da parte aérea e posterior rebrotamento dos indivíduos, principalmente nas áreas do Valério (ver capítulo 1), seja a ocorrência de forte geada.

Diferenças nas estruturas de tamanho e de estádios ontogenéticos, como observadas neste trabalho, levam a concluir que estudos que enfocam variações espaciais dentro e entre áreas e as características das espécies e seus habitats são de fundamental importância para compreender melhor quais fatores influenciam os processos populacionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, S.P.; PROENÇA, C.E.; SANO, S.M. & RIBEIRO, J.F. (orgs.) 1998. Cerrado: espécies vegetais úteis. Embrapa. Planaltina, DF.
- BORGES, H.B.N. 2000. Biologia reprodutiva e conservação do estrato lenhoso numa comunidade do cerrado. Tese de doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- CLARK, D.A. 1994. Plant demography. In: Mc Dade, L.A.; Bawa, K.S.; Hespeneide, H.A. & Hartshorn, G.S. (eds). La Selva – ecology and natural history of a neotropical rain forest. The University of Chicago Press, Chicago. p. 90-105.
- CLARK, D.B. & CLARK, D.A. 1987. Population ecology and microhabitat distribution of *Dipteryx panamensis*, a neotropical rain forest emergent tree. *Biotropica*, 9:236-244.

- COOK, R.E. 1983. Clonal plant populations. *American Scientist* 71:244-243.
- COSTA, R.B. 1988. Avaliação do sistema reprodutivo de *Anadenanthera falcata* Benth., *Vochysia tucanorum* Mart. e *Xylopia aromatica* Baill. em área de cerrado no município de Itirapina- Estado de São Paulo. Dissertação de mestrado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- DELGADO, J.M. (coord.) 1994. Plano de manejo integrado das unidades de Itirapina-SP. Instituto Florestal de São Paulo, São Paulo.
- DIAS, M.C. 1988. Estudos taxonômicos do gênero *Xylopia* L.(Annonaceae) no Brasil Extra- Amazônica. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- FONSECA, M.G. 2001. Aspectos demográficos de *Aspidosperma polyneuron* Muell. Arg. (Apocynaceae) em dois fragmentos de floresta semidecídua no município de Campinas, SP. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- GIANNOTTI, E. 1988. Composição florística e estrutura fitossociológica da vegetação de cerrado e de transição entre cerrado e mata ciliar da Estação Experimental de Itirapina (SP). Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- HARPER, J.L. 1977. Population biology of plants. Academic Press, London.
- HAY, J.D.; BIZERRIL, M.X.; CALOURO, A.M.; COSTA, E.M.N.; FERREIRA, A.A.; GASTAL, M.L.A.; GOES JÚNIOR, C.D.; MANZAN, D.J.; MARTINS, C.R.; MONTEIRO, J.M.G.; OLIVEIRA, S.A.; RODRIGUES, M.C.M.; SEYFARTH, J.A.S. & WALTER, B.M.T. 2000. Comparação do padrão da distribuição espacial em escalas diferentes de espécies ativas do cerrado, em Brasília, DF. *Revista Brasileira de Botânica* 23: 341-347
- HIGGINS, S.I.; BOND, W.J. & TROLLOPE, W.S.W. 2000. Fire, resprouting and variability: a recipe for grass-tree coexistence in savanna. *Journal of Ecology* 88: 213-229.
- HOFFMANN, W.A. 1996. The effects of fire and cover on seedling establishment in a neotropical savanna. *Journal of Ecology* 84:383-393.

- HOFFMANN, W.A. 1998. Post-burn reproduction of woody plants in a Neotropical savanna: the relative importance of sexual and vegetative reproduction. *Journal of Applied Ecology* 35:422-433.
- HOFFMANN, W.A. 2002. Direct and indirect effects of fire on radial growth of cerrado savanna trees. *Journal of Tropical Ecology* 18:137-142.
- HOFFMANN, W.A. & SOLBRIG, O.T. 2003. The role of topkill in the differential response of savanna woody species to fire. *Forest Ecology and Management* 180: 273-286.
- HUTCHINGS, M.J. 1998. Structure of plant population. In: Crawley, M.J. (ed.) *Plant Ecology*. 2nd ed. Blackwell Scientific Pub., Oxford. p. 325-358.
- KHAN, M.L.; RAI, J.P.N. & TRIPATHI, R.S. 1987. Population structure of some tree species in disturbed and protected subtropical forests of north-east India. *Acta Oecologica* 8: 247-256.
- MANOKARAN, N. & KOCHUMMEN, K.M. 1987. Recruitment, growth and mortality of tree species in a lowland dipterocarp forest in Peninsular Malaysia. *Journal of Tropical Ecology* 3:315-330.
- MANTOVANI, W. 1987. Análise florística e fitossociológica do estrato herbáceo-subarbustivo do cerrado na reserva biológica de Moji-Guaçu e em Itirapina, SP. Tese de doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- MILTON, S.J.; RYAN, P.G.; MOLONEY, C.L.; COOPER, J. & DEAN, W.R.J. 1993. Disturbance and demography of *Phyllica arbores* (Rhamnaceae) on the Tristan-Gough group of islands. *Botanical Journal of Linnean Society* 111: 55-70.
- OLIVEIRA, P.E.A.M.; RIBEIRO, J.F. & GONZALES, M.I. 1989. Estrutura e distribuição espacial de uma população de *Kielmeyera coriacea* Mart. de cerrados de Brasília. *Revista Brasileira de Botânica* 12: 39-47.

- RAMIREZ, N. & ARROYO, M.K. 1990. Estrutura populacional de *Copaifera pubiflora* Benth. (Leguminosae, Caesalpinoideae) em los lhanos centrales de Venezuela. *Biotropica* 22:124-132.
- REZENDE, A.A.; MALTEZ, H.M.; FREITAS, M.F.; PEREIRA, M.F.P.A. & KONRAD, M.L.F. 1999. Estudos da organização de uma comunidade arbustivo-arbórea de cerrado no município de Itirapina, São Paulo. In: Santos, F.A.M.; Martins, F.R & Tamashiro, J.Y. (orgs.). Relatórios de projetos desenvolvidos na disciplina NE211 - Ecologia de Campo II do Programa de Pós-Graduação em Ecologia, IB, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. Relatórios de curso de campo. Disponível em: <http://www.unicamp.br/profs/fsantos/relatorios/>. Acesso em: julho 2002.
- RIBEIRO, J.F. & WALTER, B.M.T. 1998. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In Sano, S.M. & Almeida, S.P. (eds.) Cerrado: ambiente e flora. Embrapa, Planaltina, p. 89-166.
- RICE, W.R. 1989. Analyzing tables of statistical tests. *Evolution* 43: 223-225.
- ROQUES, K.G.; O'CONNOR, T.G. & WATKINSON, A.R. 2001. Dynamics of shrubs encroachment in an African savanna: relative influences of fire, herbivory, rainfall and density dependence. *Journal Applied Ecology* 38: 268-280.
- SANTOS, F.A.M. 1996. Wingini: Programa para cálculo do coeficiente de Gini. Versão 1.0. Departamento de Botânica. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- SATO, M.N. 1996. Mortalidade de plantas lenhosas do cerrado submetidas a diferentes regimes de queima. Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília, Brasília.
- SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I.; MORAWETZ, W. & GOTTSBERGER, G. 1977. Frost damage of cerrado plants in Botucatu, Brazil, as related to the geographical distribution of the species. *Biotropica* 9:253-261.
- SKARPE, C. 1991. Spatial patterns and dynamics of woody vegetation in an arid savanna. *Journal of Vegetation Science* 2: 565-572.

- TIVER, F.; NICHOLAS, M.; KRITICOS, D. & BROWN, J.R. 2001. Low density of prickly *Acacia* under sheep grazing in Queensland. *Journal Range Management* 54: 382-389.
- WEINER, J. & SOLBRIG, O.T. 1984. The meaning and measurement of size hierarchies in plant populations. *Oecologia*, 61:334-336.
- ZAR, J.H. 1999. *Bioestatistical analysis*. Prentice-Hall, New Jersey.

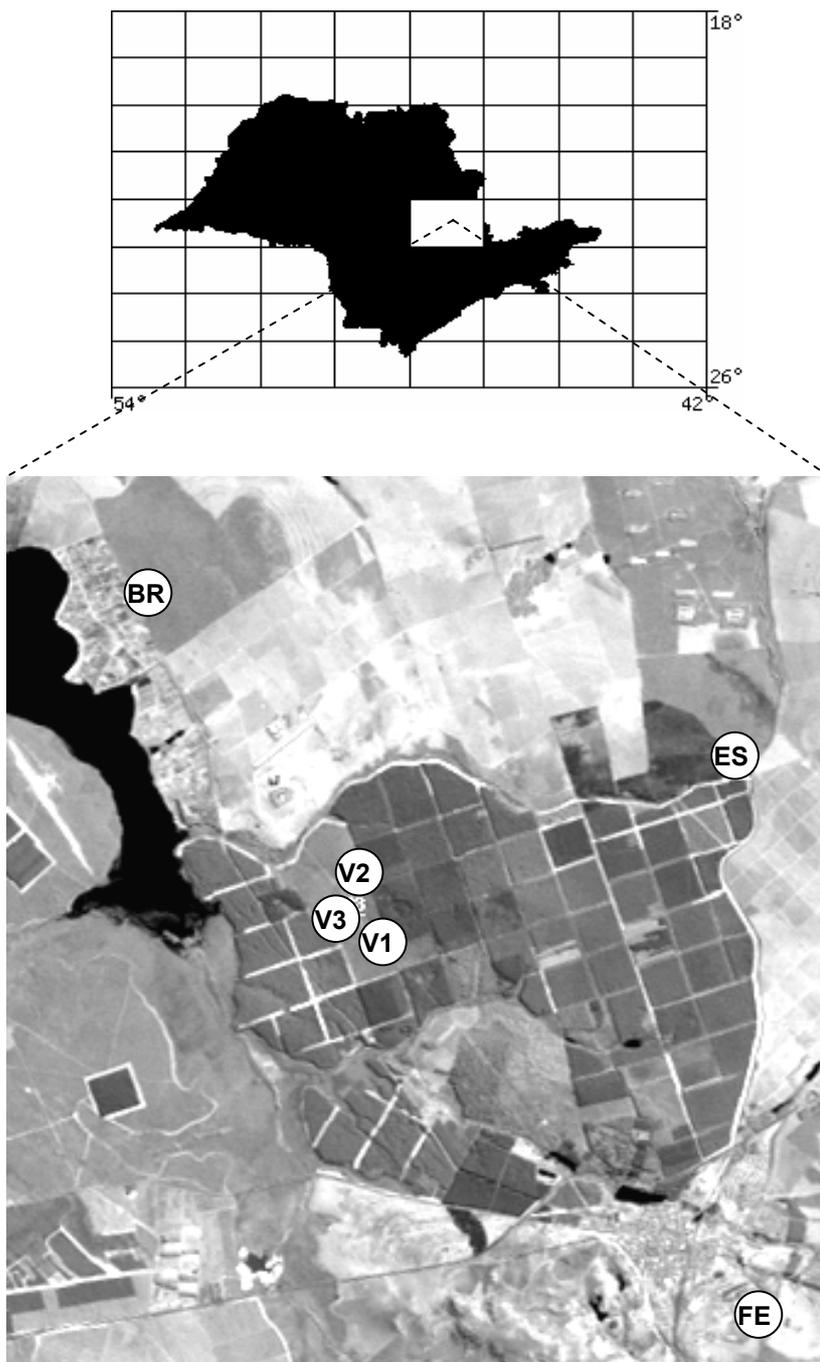


Figura 1. Imagem de satélite da micro-região de Itirapina/SP, com a localização dos fragmentos de cerrado estudados. BR= Broa ($22^{\circ} 10' 34''$ S; $47^{\circ} 52' 54''$ W), ES= Estrela ($22^{\circ} 12' 02''$ S; $47^{\circ} 48' 32''$ W), FE= Fepasa ($22^{\circ} 15' 38''$ S; $47^{\circ} 48' 32''$ W), e V1 ($22^{\circ} 13' 08''$ S; $47^{\circ} 51' 06''$ W), V2 ($22^{\circ} 12' 42''$ S; $47^{\circ} 51' 16''$ W) e V3 ($22^{\circ} 12' 56''$ S; $47^{\circ} 51' 18''$ W) correspondem às áreas estudadas no fragmento Valério (Fonte: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2002. <http://www.cdbrasil.cnpm.embrapa.br/sp/index.htm>).

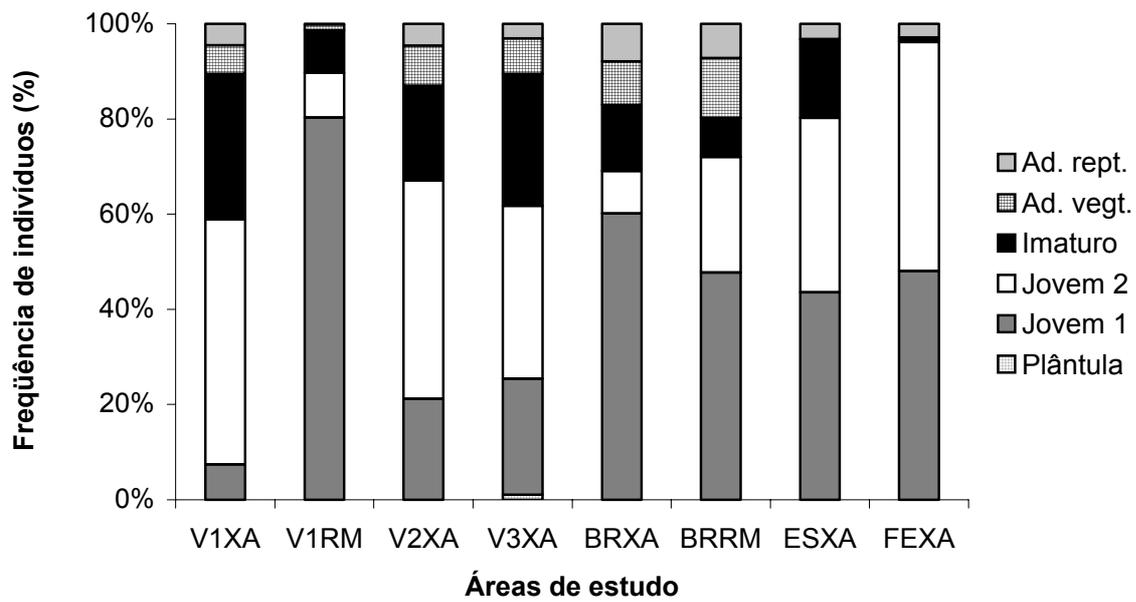


Figura 2. Distribuição de estádios ontogenéticos de *Xylopia aromatica* (XA) e *Roupala montana* (RM) em todos fragmentos. V1= Valério 1, V2= Valério 2, V3= Valério 3, BR= Broa, ES= Estrela, FE= Fepasa, Ad.rept.= Adulto reprodutivo e Ad.vezt.= Adulto vegetativo.

Tabela 1. Caracterização dos fragmentos estudados na região de Itirapina, SP. Em todas as áreas, o solo é Neossolo Quartzarênico (Delgado 1994).

ÁREA	VEGETAÇÃO	AÇÃO ANTRÓPICA	ENTORNO
ESTRELA	Cerrado <i>stricto sensu</i> ralo, altura média de 2 a 4 m, estrato graminóide presente	fogo	Plantios de laranja
VALÉRIO	Cerrado <i>stricto sensu</i> denso, altura média de 8 m, estrato graminóide ausente e espessa camada de serrapilheira sobre o solo	Extração de resina e corte de <i>Pinus</i>	Reflorestamento com <i>Pinus</i> sp. (parte da E.E.I.)
BROA	Cerrado <i>stricto sensu</i> típico, altura média de 3 a 6 m e estrato graminóide presente	pastejo e fogo	Atividade agropastoril
FEPASA	Cerrado <i>stricto sensu</i> típico, altura média de 3 a 6 m e estrato graminóide presente	raizeiros, pastejo e fogo	Dentro do distrito industrial do município

Tabela 2. Número de indivíduos de cada estágio ontogenético de *Xylopia aromatica* e *Roupala montana* em todas as áreas. Valério 1 (V1), Valério 2 (V2), Valério 3 (V3), Broa (BR), Estrela (ES) e Fepasa (FE). Ad.rept.= Adulto reprodutivo e Ad.vegt.= Adulto vegetativo.

	V1	V2	V3	BR	ES	FE
<i>Xylopia aromatica</i>						
Plântula	0	0	50	0	0	0
Jovem 1	100	1126	1175	350	150	50
Jovem 2	690	2430	1753	52	126	50
Imaturo	410	1060	1335	81	57	1
Ad.vegt.	81	445	359	53	0	0
Ad.rept.	60	244	148	46	11	3
TOTAL	1341	5305	4820	582	344	104
<i>Roupala montana</i>						
Plântula	0			0		
Jovem 1	4300			401		
Jovem 2	502			204		
Imaturo	482			69		
Ad.vegt.	63			106		
Ad.rept.	8			60		
TOTAL	5355			840		

Tabela 3. Valores do teste Kolmogorov-Smirnov ($D_{m\acute{a}x}$), com correções de Bonferroni (α_B), para as comparações das distribuições de estádios ontogenéticos de *Xylopiia aromatica* entre áreas. *= significância a nível de α_B .

	VALÉRIO 1	VALÉRIO 2	VALÉRIO 3	BROA	ESTRELA
VALÉRIO 2	$D_{m\acute{a}x} = 0.14^*$ $p < 0.01$				
VALÉRIO 3	$D_{m\acute{a}x} = 0.17^*$ $p < 0.01$	$D_{m\acute{a}x} = 0.06^*$ $p < 0.01$			
BROA	$D_{m\acute{a}x} = 0.53^*$ $p < 0.01$	$D_{m\acute{a}x} = 0.39^*$ $p < 0.01$	$D_{m\acute{a}x} = 0.35^*$ $p < 0.01$		
ESTRELA	$D_{m\acute{a}x} = 0.36^*$ $p < 0.01$	$D_{m\acute{a}x} = 0.22^*$ $p < 0.01$	$D_{m\acute{a}x} = 0.19^*$ $p < 0.01$	$D_{m\acute{a}x} = 0.16^*$ $p < 0.01$	
FEPASA	$D_{m\acute{a}x} = 0.40^*$ $p < 0.01$	$D_{m\acute{a}x} = 0.29^*$ $p < 0.01$	$D_{m\acute{a}x} = 0.34^*$ $p < 0.01$	$D_{m\acute{a}x} = 0.27^*$ $p < 0.01$	$D_{m\acute{a}x} = 0.15$ $p = 0.02$

Tabela 4. Valores do teste Kolmogorov-Smirnov ($D_{m\acute{a}x}$), com correções de Bonferroni (α_B), para as comparações das distribuições de estádios ontogenéticos entre *Xylopia aromatica* e *Roupala montana* e entre as áreas do Valério 1 e Broa. Em todos os casos, $p < 0,01$. *= significância a nível de α_B .

ÁREA	ESPÉCIE	VALÉRIO 1		BROA
		XYLOPIA	ROUPALA	XYLOPIA
VALÉRIO 1	ROUPALA	$D_{m\acute{a}x} = 0.73^*$		
BROA	XYLOPIA	$D_{m\acute{a}x} = 0.53^*$	$D_{m\acute{a}x} = 0.20^*$	
	ROUPALA	$D_{m\acute{a}x} = 0.40^*$	$D_{m\acute{a}x} = 0.32^*$	$D_{m\acute{a}x} = 0.12^*$

**CAPÍTULO 3: Estrutura Espacial de *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. e *Roupala montana*
Aubl. em Quatro Fragmentos de Cerrado**

ANELIZA DE ALMEIDA MIRANDA-MELO¹, FLAVIO ANTONIO MAËS DOS SANTOS² &
FERNANDO ROBERTO MARTINS²

¹ Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Caixa Postal 6109, 13083-970 Campinas, SP, Brasil. e-mail: anemiranda@yahoo.com

² Departamento de Botânica, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Caixa Postal 6109, 13083-970 Campinas, SP, Brasil.

RESUMO-(Estrutura Espacial de *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. e *Roupala montana* Aubl. em Quatro Fragmentos de Cerrado). A distribuição espacial de *Xylopia aromatica* e *Roupala montana* foi estudada em fragmentos de cerrado no município de Itirapina, SP, com diferentes fisionomias e entre áreas de cerrado com fisionomias semelhantes dentro de um mesmo fragmento. Dentro de cada fragmento foi instalada uma grade de 200 parcelas contíguas de 5 x 5 m, totalizando 0,5 ha. Em cada parcela todos os indivíduos dessas espécies com diâmetro do caule à altura do solo (DAS) \geq 3 cm foram marcados e sua altura e seu DAS foram registrados. Em parcelas de 1 m², sorteadas dentre os vértices de cada parcela de 25 m², foram marcados os indivíduos com DAS < 3 cm. Os resultados indicaram que a distribuição espacial dos estádios ontogenéticos de *Xylopia* e *Roupala* são variáveis, e as diferenças foram maiores entre áreas dentro de um mesmo fragmento. *Xylopia* apresentou padrão espacial aleatório em todos os estádios, exceto nos estádios tardios no fragmento de fisionomia mais florestal, em que o padrão foi agregado. *Roupala* apresentou predominância de padrão agregado entre os estádios. Essas diferenças entre as distribuições espaciais podem ser uma consequência da variação das condições ambientais, principalmente de luminosidade, ou a influência de outros fatores aqui não estudados, especialmente para *Roupala*. Foi observado que *Xylopia* ocorreu em todos os fragmentos, enquanto *Roupala* não, indicando um padrão agrupado de ocorrência de *Roupala* na escala entre fragmentos e, ambas as espécies apresentaram densidade menor em fragmentos mais abertos, levando a inferir que perturbações, padrão fenológico e tipo de reprodução são prováveis fatores responsáveis pela distribuição espacial das espécies entre fragmentos e suas densidades. No entanto, o acompanhamento no tempo dessas espécies faz-se necessário, a fim de verificar a persistência dessa variação da distribuição espacial entre fragmentos e espécies, o que poderá ajudar a entender os fatores que originaram o padrão observado, e distinguir a influência das características da história de vida das espécies e do ambiente nos processos populacionais.

Palavras-Chave: estrutura espacial, correlograma, teste de Mantel, *Roupala montana*, *Xylopia aromatica*.

INTRODUÇÃO

Uma planta, para adquirir os recursos necessários à sua sobrevivência, como água, luz e nutrientes, precisa ocupar o espaço para capturá-los. A distribuição espacial das plantas adultas depende do padrão espacial de recrutamento e da influência dos fatores de mortalidade, os quais diferem em intensidade, tanto no espaço quanto no tempo (Santos 1991). Logo, conhecer a maneira como os indivíduos de uma espécie se distribuem é um passo importante para entender a dinâmica de uma população (Sternier et al. 1986).

Variações no padrão espacial podem ocorrer em diferentes escalas, desde entre distâncias de metros até hectares (Hay et al. 2000). Além das variações entre diferentes escalas, uma espécie arbórea geralmente apresenta mudanças no padrão espacial entre os diferentes estádios de desenvolvimento ou entre classes de tamanho (Henriques & Souza 1989, Alvarez-Buylla & Martinez-Ramos 1992) e ainda entre diferentes ambientes (Barot et al. 1999, Fonseca 2001). Como os processos envolvidos na determinação do padrão espacial em grandes escalas quase sempre são diferentes dos envolvidos em pequenas escalas (Sternier et al. 1986), análises da variação da estrutura espacial das populações em diferentes escalas podem indicar possíveis fatores causais envolvidos nas distribuições espaciais observadas (Hutchings 1998).

Entre os fatores relacionados ao padrão espacial de uma população, estão os fatores bióticos, como propagação vegetativa (Harper 1977), dispersão de sementes (Janzen 1970) e interações intra e interespecíficas (Henriques & Souza, 1989, Oliveira et al. 1989); e fatores abióticos, como luminosidade, temperatura, solo, umidade, ou seja, a ocorrência e distribuição de diferentes micro-habitats (Harper 1977, Dale 2000), ou tipos e níveis de perturbações (Skarpe 1991). Um padrão espacial pode ser, portanto, resultante de um ou da interação de diversos fatores (Grau 2000).

Propagação vegetativa tem sido considerada comum no cerrado, onde muitas espécies lenhosas são conhecidas por produzirem brotos a partir de raízes ou rizomas (Raw & Hay 1985, Hoffmann 1998). Esse tipo de regeneração geralmente pode levar a um padrão agregado (Harper 1977; Dale 2000), pois, de acordo com Hutchings (1998), além de serem produzidos vegetativamente, a distância média entre uma planta parental e um novo broto leva em consideração, entre outras coisas, o custo de produção e/ou a permanência em sítios favoráveis para o crescimento do broto.

Além da propagação vegetativa, a heterogeneidade ambiental, principalmente relacionada à luz, pode influenciar o padrão espacial (Dale 2000). Variações espaciais da luz podem levar os organismos de uma mesma espécie a serem encontrados juntos em áreas com condições favoráveis, resultando num padrão agregado dos indivíduos (Dale 2000).

Outro fator freqüente no cerrado são as perturbações, principalmente as provocadas pelo fogo (Hoffmann & Solbrig 2003), o qual pode influenciar na distribuição espacial das espécies na comunidade (Menaut et al. 1990; Skarpe 1991). Skarpe (1991) explicou que, a menor ocorrência de gramíneas que servem de combustível ao fogo, dentro do agrupamento, faz com que ocorra menor mortalidade dos indivíduos agrupados, favorecendo assim o padrão agregado.

Tem sido observada uma tendência a um padrão agregado ao longo do ciclo de vida em muitas espécies de árvores de cerrado (Moreira 1987; Oliveira et al. 1989; Meirelles & Luiz 1995), assim como nas savanas em geral (Skarpe 1991, San Jose et al. 1991). Logo, pode ser que as espécies aqui estudadas, *Xylopia aromatica* e *Roupala montana*, apresentassem esta mesma tendência de distribuição espacial ao longo da ontogenia. Além disso, considerando-se as características dessas espécies, pode ser que *Xylopia* tenha maior ocorrência nas áreas mais abertas, já que a mesma é encontrada com maior freqüência em cerrados com alta luminosidade (Almeida et al. 1998), e que *Roupala* ocorra em todos os

fragmentos, pois tem sido observada a ocorrência da mesma desde cerrado mais denso até campo limpo (Almeida et al. 1998).

Neste sentido, avaliou-se o padrão espacial de *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart (Annonaceae) e de *Roupala montana* Aubl. (Proteaceae) entre os estádios ontogenéticos e em diferentes escalas, comparando amostras entre áreas com fisionomias semelhantes num mesmo fragmento e entre fragmentos com fisionomias diferentes, o que ajudará no entendimento sobre quais fatores podem ter originado o padrão observado, e distinguir a influência das características da história de vida das espécies e do ambiente nos processos populacionais.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado na micro-região de Itirapina (22° 15' S; 47° 48' W) estado de São Paulo, numa altitude média de 760 m. O clima da região é Cwa de Köppen, temperado macrotérmico com inverno seco não rigoroso, com precipitação anual média de 1425 mm, concentrada no período de outubro a maio, temperatura média de 19,7°C, e déficit hídrico de 23 mm anuais (Delgado 1994). A vegetação da região é representada por um mosaico de formações nativas (cerrado e florestas estacionais semidecíduas), plantio de exóticas, principalmente *Pinus* sp. e *Eucalyptus* sp., culturas agrícolas e pastagens.

O estudo foi desenvolvido em quatro fragmentos de cerrado (Figura 1), sendo um deles dentro da área da E.E.I. (Estação Experimental de Itirapina), enquanto os demais se encontram em propriedades particulares. Esses fragmentos apresentam fisionomias que variam de cerrado *stricto sensu* ralo (Estrela), a cerrado *stricto sensu* (Broa e Fepasa) e cerrado *stricto sensu* denso (florestal) (Valério), segundo o sistema de classificação de Ribeiro & Walter (1998), estando submetidos a diferentes impactos antrópicos,

principalmente queimadas, que são freqüentes no Broa, Estrela e Fepasa, extração por raizeiros e pastejo pelo gado (Estrela e Fepasa). Apresentam também, pressões externas diferenciadas, como reflorestamento de *Pinus* sp (Valério); atividades agropastoris (Broa); plantios de laranja (Estrela); ou estando localizado dentro do distrito industrial do município (Fepasa).

Espécies estudadas

Xylopia aromatica (Lam.) Mart. (Annonaceae) e *Roupala montana* Aubl. (Proteaceae) são freqüentemente encontradas em levantamentos florísticos e fitossociológicos realizados em cerrado (*sensu lato*) da região de Itirapina, apresentando altos valores de importância (Mantovani 1987, Giannotti 1988, Rezende et al. 1999). Essas espécies têm grande abundância em estudos desenvolvidos na área, e seus indivíduos são de fácil identificação no campo (ver capítulo 1).

Xylopia aromatica, referida a partir daqui apenas como *Xylopia*, é vulgarmente conhecida por pindaíba ou pimenta-de-macaco. A inflorescência é formada por fascículos com 3-4 flores em cada axila foliar (Dias 1988), apresentando síndrome de polinização de cantarofilia, predominantemente alógama, com alto grau de auto-incompatibilidade devido a dicogamia do tipo protoginia (Costa 1988). Os frutos são do tipo multifolículos, aromáticos, com dispersão de sementes feita provavelmente por pássaros, que são atraídos pela cor avermelhada da cápsula quando aberta e consomem as sementes com arilo succulento (Almeida et. al. 1998). Em estudos fenológicos realizados por dois anos em Itirapina, o período de floração foi de novembro a abril e o de frutificação de dezembro a maio (Costa 1988), mas existe coleta dessa espécie com flor e fruto em todos os meses do ano (Dias 1988).

Xylopia é árvore típica do cerrado s.s., podendo ocorrer no cerrado *stricto sensu* denso (Dias 1988). Sua distribuição vai desde as Guianas até Pernambuco, sendo encontrada também na região centro-oeste e nos estados de São Paulo e Minas Gerais (Dias 1988). A espécie é perenifólia, pioneira, geralmente ocorrendo em áreas perturbadas, como beira de estradas ou clareiras, sendo abundante em cerrado com alta luminosidade (Almeida et al. 1998). Apresenta alta capacidade de rebrotamento após a eliminação da parte aérea por fogo ou por geada (Silberbauer-Gottsberger et al. 1977).

Roupala montana, referida a partir de agora apenas como *Roupala*, é conhecida vulgarmente por carne-de-vaca, caxuá ou farinha-seca. A inflorescência é solitária axilar ou terminal, formada por 10 a 20 flores (Almeida et. al. 1998). É polinizada por mariposas, com polinização alógama, já que a espécie apresenta alto grau de auto-incompatibilidade (Oliveira 1991 apud Borges 2000). Os frutos são do tipo folículo com sementes aladas, com dispersão anemocórica (Almeida et. al. 1998). Floresce de março a novembro, e a frutificação ocorre de junho a novembro (Almeida et al. 1998). É documentado para a espécie, padrões interanuais de floração e/ou frutificação (Borges 2000).

Roupala ocorre em matas de galeria, cerradão mesotrófico e distrófico, cerrado *stricto sensu* denso, cerrado *stricto sensu* típico, cerrado *stricto sensu* ralo e campo limpo. Encontra-se distribuída desde o Amapá, Amazonas, Ceará, Distrito Federal, Goiás, Maranhão, Pará, Tocantins, Mato Grosso, até Minas Gerais e São Paulo. Segundo Hoffmann (1998), essa espécie reproduz-se vegetativamente por produção de raízes gemíferas, mas também apresenta a capacidade de rebrotar, principalmente quando danificada pelo fogo (Sato 1996).

Procedimento de campo

No período de julho a setembro de 2002, em cada fragmento, foi instalada uma grade de 50 x 100 m subdividida em 200 parcelas contíguas de 5 x 5 m, totalizando 0,5 ha. Em um mesmo fragmento (Valério) foram amostradas 3 áreas de 0,5 ha demarcadas como acima, separadas por pelo menos 500 m (Figura 1), e que apresentam fisionomias semelhantes, denominadas a partir daqui de Valério 1, 2 e 3.

Em cada parcela de 25 m², foram marcados todos os indivíduos com diâmetro do caule à altura do solo (DAS) maior ou igual a 3 cm. Em uma sub-parcela de 1 m², sorteada dentre os vértices de cada parcela de 25 m², foram marcados os indivíduos com DAS menor que 3 cm.

Os indivíduos com diâmetro do caule à altura do solo (DAS) maior ou igual a 5 cm foram mapeados por triangulação, tendo como referência as estacas que delimitavam as parcelas.

Para cada indivíduo foi registrado o seu estágio ontogenético (ver capítulo 1), sendo que plântula (PL) apresentava uma ou duas folhas cotiledonares; jovem 1 (Jo1) não apresentava cotilédones, e nem ramificações; jovem 2 (J2) possuía ramificações do caule; imaturo (Im) apresentava capacidade de ramificações e reiteraões; adulto vegetativo (AV) possuía diâmetro e altura iguais ou maiores àquelas observadas para o menor indivíduo reprodutivo, mas que não se reproduziu no período de coleta de dados; e adulto reprodutivo (AR) apresentava flor, fruto ou cicatriz dessas estruturas durante o período de observação.

Com a finalidade de obter informações sobre a influência das condições de luminosidade na distribuição espacial dos indivíduos em cada estágio, especificamente a porcentagem de cobertura vegetal acima de 1,30 m nas áreas de fisionomias semelhantes (Valério 1, 2 e 3), foram tomadas fotografias hemisféricas no centro de cada parcela,

utilizando-se uma câmera digital Nikon Coolpix 950 e lente olho de peixe - autofocus Nikon 8mm com ângulo de 180°.

Análise de dados

Foi calculada a densidade total e dos indivíduos amostrados com $DAS \geq 3$ cm e com $DAS < 3$ cm para cada fragmento, a fim de saber qual classe de diâmetro tem maior influência na diferença entre as densidades das espécies e entre os fragmentos.

Os mapas foram feitos a partir das coordenadas dos indivíduos usando-se o programa MAPA (Flavio Antonio Maës dos Santos 2001).

Para analisar o padrão espacial de cada estágio ontogenético, fez-se um correlograma usando o programa Passage (Rosenberg 2001). O correlograma é um gráfico construído através do cálculo dos valores de autocorrelação, nesse caso valores I de Moran, com os dados de densidades de cada estágio para diferentes classes de distância entre as parcelas de 5 x 5 m. Para testar a significância global do correlograma usou-se a correção de Bonferroni (α_B), na qual foi testada a significância de cada um dos valores de I de Moran a um nível de α/K , onde α é o nível de significância escolhido (= 0,05) e K é o número de classes de distâncias (= 21) (Legendre & Fortin 1989). Um correlograma não significativo pelo critério de Bonferroni indica aleatoriedade dos indivíduos, enquanto a existência de autocorrelação indica que localidades próximas no espaço tendem a ser mais similares entre si para o valor de densidade, se o valor I de Moran for positivo, ou distintas, se os valores forem negativos (Legendre & Fortin 1989).

Para verificar a existência de correlação entre a abundância de indivíduos de diferentes estádios no espaço, buscando saber se estádios diferentes tenderiam a ocupar o

mesmo ambiente, foi feito o teste de Mantel, por randomização, no programa Passage (Rosenberg 2001).

Para obter a relação entre a densidade de cada estágio ontogenético e a porcentagem de cobertura vegetal, a porcentagem de abertura do dossel foi estimada a partir de fotografias hemisféricas das áreas do Valério, utilizando-se o programa Gap Light Analyzer versão 2.0 (Frazer et al. 1999). Posteriormente, esses dados foram transformados em arco seno da raiz quadrada da proporção da abertura do dossel para se efetuar uma análise de regressão entre os dados de porcentagem de abertura do dossel das áreas do Valério e a densidade de cada estágio.

Também foi feita uma análise de variância não paramétrica, por meio do teste de Kruskal-Wallis (Zar 1999), possibilitando verificar se as áreas apresentavam diferenças entre as porcentagens de abertura do dossel. Um mapa de cobertura de cada área do Valério foi confeccionado para visualizar a distribuição espacial da porcentagem de abertura do dossel.

RESULTADOS

Xylopia ocorreu em todos os fragmentos estudados, sendo sua maior densidade total observada no Valério 2, seguido do Valério 3 e Valério 1, as quais foram, no mínimo, 2,3 vezes maior que a densidade nos demais fragmentos (Tabela 1). *Roupala* ocorreu somente em dois fragmentos, Valério 1 e Broa, apresentando maior densidade total no Valério 1 (Tabela 1). Ou seja, *Xylopia* apresentou distribuição mais ampla do que *Roupala*, e ambas espécies apresentaram maior densidade nas áreas do fragmento de fisionomia mais florestal.

Entre as espécies, *Roupala*, tanto no Valério 1 quanto no Broa, apresentou densidade total maior do que *Xylopia*. No Valério 1, isso se deveu principalmente à alta densidade dos indivíduos de *Roupala* com diâmetro < 3 cm (Tabela 1).

Padrão espacial

Xylopia – No geral, a distribuição dos indivíduos de *Xylopia* (Figura 2) apresentou padrão espacial aleatório em todos os estádios, exceto nos estádios tardios no fragmento de fisionomia mais florestal (Valério), em que o padrão foi agregado (Figura 4).

Em todos os fragmentos, os estádios iniciais, Jo1, J2 e Im apresentaram padrão espacial aleatório, com algumas exceções (Figuras 4). Os estádios adultos, AR e AV, nos fragmentos Broa, Estrela e Fepasa, apresentaram padrão aleatório, enquanto no Valério, esses estádios apresentaram agregações em diferentes escalas, entre as áreas (Figuras 4).

No Valério 1, ocorreram correlações positivas entre a abundância de indivíduos de diferentes estádios de *Xylopia*, enquanto nas demais áreas do Valério e nos outros fragmentos, não houveram correlações significativas, com algumas exceções (Tabela 2).

Roupala – Ao contrário de *Xylopia*, a distribuição dos indivíduos de *Roupala* (Figura 3) apresentou predominância de padrão agregado (Figura 5). Apresentou o mesmo padrão espacial tanto em fisionomia florestal quanto aberta.

Roupala, tanto no Valério 1 quanto no Broa, apresentou correlações positivas entre a abundância de indivíduos de diferentes estádios, principalmente no Broa (Tabela 2). Logo, diferentes estádios ontogenéticos ocorreram no mesmo ambiente.

Relação densidade X abertura de dossel

A porcentagem de abertura do dossel no Valério 1 foi a menor em relação às demais áreas analisadas ($H = 364,751$; g.l. = 2; $p < 0,001$), tendo o Valério 2 e 3 aberturas semelhantes ($p = 0,187$) (Figura 6).

A densidade de cada estádio não apresentou relação com a porcentagem de abertura do dossel nas áreas do Valério, com exceção, dos estádios AR ou AV (Tabela 3), que

apresentaram ajuste a regressão linear, indicando que a abertura do dossel é responsável, pelo menos em parte, pelo padrão espacial dos indivíduos adultos.

DISCUSSÃO

Entre os fragmentos de cerrado de Itirapina, *Xylopia* apresentou maior frequência do que *Roupala*. Por outro lado, onde ocorreram conjuntamente, no Valério 1 e no Broa, *Roupala* apresentou maior densidade. Assim, parece que a população de *Roupala* tem sofrido mais alterações do que *Xylopia*, chegando até à extinção em alguns locais, enquanto que em outros locais sua permanência tem sido garantida, ou pode ser que esteja simplesmente ocorrendo problemas com o estabelecimento de seus indivíduos por causa das condições dos fragmentos. Ambas as espécies, *Xylopia* e *Roupala*, apresentaram densidade menor em fragmentos mais abertos. Nesses fragmentos, o fogo ocorre com frequência (com. pess. moradores de Itirapina e Instituto Florestal) e, de acordo com Raw & Hay (1985), um dos efeitos do fogo, a longo prazo, é a mudança da composição de espécies na comunidade, sendo um dos determinantes do ecossistema savânico. Estudos têm mostrado que, em áreas com exclusão de fogo, a densidade de espécies lenhosas aumenta em poucos anos (San José & Fariñas 1983, 1991), principalmente nos cerrados brasileiros (Moreira 2000). Assim, o fogo poderia ser indicado como um dos responsáveis pela baixa densidade de indivíduos das espécies nos fragmentos mais abertos, o que poderia ocasionar até a extinção local das mesmas, caso esse fator perturbador ocorra com alta frequência nesses fragmentos.

No entanto, esses mesmos estudos indicaram que o fogo sozinho não determina a dinâmica da cobertura da comunidade. Pastejo, herbivoria, disponibilidade de água e nutriente, uso da terra, e outros fatores parecem interagir com o fogo, de modo a influenciar a densidade das espécies (Higgins et al. 1999), e enfim a distribuição espacial das mesmas.

Em relação à distribuição restrita de *Roupala* a dois fragmentos, sugere-se que perturbações freqüentes e intensas podem ter levado à diminuição da população e até mesmo ao seu desaparecimento total nas áreas mais perturbadas. Perturbações podem ter maior influência sobre *Roupala* do que sobre *Xylopia*, pois a mesma apresenta um padrão interanual de floração e/ou frutificação (Borges 2000), enquanto *Xylopia* apresenta floração anual (Dias 1988 e observação pessoal). Intervalos longos entre eventos de reprodução, comparados com os intervalos entre perturbações, reduziria a entrada de novos indivíduos na população, tendo influência maior sobre *Roupala*.

As diferenças de densidade entre *Roupala* e *Xylopia* podem estar ligadas a uma alta produção de descendentes pela primeira, pois além de *Roupala* apresentar maior número médio de jovem 1 por adulto reprodutivo (ver capítulo 2), observou-se que a alta densidade dos indivíduos se deveu principalmente à classe de diâmetro < 3 cm. Somado a isso, o potencial de propagação vegetativa em *Roupala*, pode estar contribuindo para o aumento populacional nos locais de ocorrência.

Localmente, entre os estádios de uma espécie, ocorreu predominância do padrão aleatório em *Xylopia* nas fisionomias mais abertas, Broa, Estrela e Fepasa, ao contrário do fragmento mais florestal, o Valério. Possivelmente, essa diferença se deva à ocorrência e distribuição das condições de luz, pois a relação existente entre abertura de dossel e densidade dos estádios AR e/ou AV é um resultado que corrobora a hipótese de que o padrão espacial dos indivíduos adultos, pelo menos em parte, seria determinado pela luz. Como nos fragmentos mais abertos, a luz está mais homoganeamente distribuída no espaço, sempre acima de um determinado valor, a luz não seria um fator determinante do padrão espacial, enquanto nas áreas mais florestais, os indivíduos tenderiam a se concentrar nos locais de maior luminosidade.

Oliveira-Filho et al. (1996), trabalhando com uma espécie de *Xylopia* em fisionomia florestal, sugeriram que o aumento de agregação no padrão espacial ao longo de seu desenvolvimento pode ter sido altamente influenciado pelo regime de luz. Eles destacaram que a fase em que os indivíduos começam a investir em altura para alcançar o dossel parece ser crítica, pois documentaram alta mortalidade dessa espécie nessa fase. Assim, o maior grau de agrupamento nos estádios tardios provavelmente seja determinado primariamente pelas manchas de abertura no dossel. No entanto, outros fatores devem ser estudados, principalmente para explicar o padrão observado entre os estádios iniciais.

Tem sido sugerido que a síndrome de dispersão tem influência na distribuição espacial das sementes e, conseqüentemente, dos estádios iniciais e por fim na dinâmica populacional (Janzen 1970; Hutchings 1998; Howe & Westley 1998). Assim, estudos mais detalhados abordando quais os tipos de dispersão atuantes, que tipo de dispersão tem maior significância no sucesso germinativo das sementes, qual a taxa de sobrevivência nestes locais, ou seja, qual tipo de dispersão favorece maior recrutamento da espécie, entre outras questões, ajudarão a esclarecer este ponto. Leal & Oliveira (1998) abordaram alguns aspectos neste sentido, onde documentaram que em *Xylopia* ocorre dispersão primária por pássaros e secundária por formigas. No entanto, as demais questões permanecem sem respostas, além de outras, como: a existência de correlação entre a distribuição espacial das plantas e o esconderijo de sementes, ou os locais de defecação.

No Valério 1, *Xylopia* apresentou maior número de correlações positivas, principalmente entre a abundância de AR e dos demais estádios, indicando que as condições encontradas nos sítios de distribuição de AR são favoráveis ao desenvolvimento dos outros estádios. A condição de luminosidade, mais uma vez, pode ter sido o principal determinante dessa correlação, principalmente por se tratar de uma espécie intolerante à sombra (Almeida et al. 1998, Felfili & Silva 1992). Nas demais áreas do Valério e nos demais fragmentos, no

geral, não foram observadas correlações entre a abundância de indivíduos de diferentes estádios. Isso pode estar relacionado ao fato da abertura do dossel ser maior nesses locais, fazendo com que os indivíduos possam se distribuir ao longo de toda a área. Ou seja, parece que existe um limite mínimo de intensidade luminosa, abaixo do qual os indivíduos não conseguem se estabelecer. Por outro lado, existem intensidades de luz, acima das quais não faz diferença para a espécie, pois não corresponde à maior ou menor aptidão dos indivíduos.

Roupala apresentou predomínio do padrão agregado, sendo que em ambos os fragmentos de ocorrência, AR, AV e Jo1 foram agregados, indicando que a distribuição espacial possivelmente seja fortemente influenciada pela propagação vegetativa. Descendentes provenientes de propagação vegetativa geralmente se localizam próximos à planta parental (Cook 1983, Raw & Hay 1985, San José et al. 1991, Hoffmann 1998), o que poderia resultar num padrão agregado (Harper 1977, Hay et al. 2000).

No entanto, no fragmento do Broa tem sido documentada a ocorrência de fogo (com. pess. moradores de Itirapina). Segundo Menaut et al. (1990) e Skarpe (1991) o fogo pode aumentar o padrão agregado. Skarpe (1991) explicou que isso se deve à menor ocorrência de gramíneas, que servem de combustível ao fogo, dentro do agrupamento. Conseqüentemente ocorre menor mortalidade dos indivíduos agrupados, favorecendo assim o padrão agregado.

Em *Roupala* no Valério 1, foi observada a existência de relação entre a densidade do estádio AV e abertura do dossel, ou seja, como em *Xylopia*, pode ser que em *Roupala* o padrão espacial dos indivíduos adultos também seja determinado pela distribuição das condições de luz. Felfili & Silva (1992) argumentaram que as espécies do cerrado são quase certamente intolerantes à sombra, logo, as condições de luminosidade são essenciais para crescimento e reprodução dessas espécies.

Além disso, muitas correlações positivas entre os estádios e, especificamente, correlações positivas entre jovens e adultos, podem estar indicando que os indivíduos tenderiam a ocupar o mesmo ambiente, ou seja, a favorabilidade ambiental se manteria ao longo da ontogenia e/ou que seus descendentes são dispersos próximos à planta-mãe. Assim, é provável que propagação vegetativa, fogo e/ou micro-habitats sejam os principais fatores determinantes dessa correlação e, conseqüentemente, do padrão agregado.

Os resultados indicam que a distribuição espacial dos estádios ontogenéticos de *Xylopia* e *Roupala* é variável, e as diferenças foram maiores entre áreas dentro de um mesmo fragmento. Essas diferenças podem ser uma conseqüência da variação das condições ambientais, principalmente da luminosidade para *Xylopia*, ou a influência de outros fatores aqui não estudados, que podem afetar especificamente *Roupala*. Hoffmann (1996) documentou predação de plântulas de *Roupala* nos cerrados de Brasília, DF, o que nos leva a sugerir que estudos que visem observar a influência de predadores, como a quantificação da taxa de predação, qual o estágio mais predado, qual a freqüência e intensidade do mesmo, ajudarão a entender melhor a distribuição espacial das espécies.

Numa escala maior, ou seja, entre os fragmentos, perturbações, principalmente por fogo, e fatores como padrão fenológico e tipo de reprodução, são prováveis fatores responsáveis pela distribuição espacial das espécies e suas densidades.

No entanto, o acompanhamento no tempo dessas espécies faz-se necessário, a fim de verificar a persistência dos padrões observados. Isto ajudará a entender os fatores que originaram o padrão observado, e distinguir a influência das características da história de vida das espécies e do ambiente nos processos populacionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, S.P., PROENÇA, C.E., SANO, S.M. & RIBEIRO, J.F. 1998. Cerrado: espécies vegetais úteis. Embrapa, Planaltina, DF.
- ALVAREZ-BUYLLA, E.R. & MARTINEZ-RAMOS, M. 1992. Demography and allometry of *Cecropia obtusifolia*, a neotropical pioneer tree - an evaluation of the climax pioneer paradigm for tropical rain forests. *Journal of Ecology* 80:275-290.
- BAROT, S., GIGNOUX, J. & MENAUT, J. 1999. Demography of a savanna palm tree: predictions from comprehensive spatial pattern analyses. *Ecology* 80: 1987-2005.
- BORGES, H.B.N. 2000. Biologia reprodutiva e conservação do estrato lenhoso numa comunidade do cerrado. Tese de doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- COOK, R.E. 1983. Clonal plant populations. *American Scientist* 71:244-243.
- COSTA, R.B. 1988. Avaliação do sistema reprodutivo de *Anadenanthera falcata* Benth., *Vochysia tucanorum* Mart. e *Xylopia aromatica* Baill. em área de cerrado no município de Itirapina- Estado de São Paulo. Dissertação de mestrado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- DALE, M.R.T. 2000. *Spatial pattern analysis in plant ecology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- DELGADO, J.M. (coord.) 1994. Plano de manejo integrado das unidades de Itirapina- SP. Instituto Florestal de São Paulo, São Paulo.
- DIAS, M.C. 1988. Estudos taxonômicos do gênero *Xylopia* L.(Annonaceae) no Brasil Extra- Amazônica. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- FELFILI, J.M. & SILVA JR., M.C. 1992. Floristic composition, phytosociology and comparison of cerrado and gallery forests at Fazenda Agua Limpa, Federal District, Brazil. In: Furley,

- P. A.; Procter, J.; Ratter, J. A. (Eds.). Nature and dynamics of the forest-savanna boundaries. Chapman & Hall, London, p. 393-429.
- FONSECA, M.G. 2001. Aspectos demográficos de *Aspidosperma polyneuron* Muell. Arg. (Apocynaceae) em dois fragmentos de floresta semidecídua no município de Campinas, SP. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- FRAZER, G.W., CANHAM, C.D. & LERTZMAN, K.P. 1999. Gap Light Analyzer (GLA), Version 2.0. Imaging software extract canopy structure and gap light transmission indices from true-colour fisheye photographs, users manual and program documentation. Simon Fraser University, Burnaby, British Columbia, and The Institute of Ecosystem Studies, Millbrook, New York.
- GIANNOTTI, E. 1988. Composição florística e estrutura fitossociológica da vegetação de cerrado e de transição entre cerrado e mata ciliar da Estação Experimental de Itirapina (SP). Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- GRAU, H.R. 2000. Regeneration patterns of *Cedrella lilloi* (Meliaceae) in northwestern Argentina subtropical montane forests. *Journal Tropical Ecology* 16: 227-242.
- HARPER, J. L. 1977. Population biology of plant. Academic Press, London.
- HAY, J.D., BIZERRIL, M.X., CALOURO, A.M., COSTA, E.M.N., FERREIRA, A.A., GASTAL, M.L.A., GOES JÚNIOR, C.D., MANZAN, D.J., MARTINS, C.R., MONTEIRO, J.M.G., OLIVEIRA, S.A., RODRIGUES, M.C.M., SEYFARTH, J.A.S. & WALTER, B.M.T. 2000. Comparação do padrão da distribuição espacial em escalas diferentes de espécies ativas do cerrado, em Brasília, DF. *Revista Brasileira de Botânica* 23: 341-347.
- HENRIQUES, R.P.B. & SOUZA, E.C.E.G. 1989. Population structure, dispersion and microhabitat regeneration of *Carapa guianensis* in northeastern Brazil. *Biotropica* 21:204-209.

- HIGGINS, S.I., SHACKLETON, C.M. & ROBINSON, E.R. 1999. Changes in woody community structure and composition under contrasting land use systems in a semi-arid savanna, South Africa. *Journal of Biogeography* 26: 619-627.
- HOFFMANN, W.A. 1996. The effects of fire and cover on seedling establishment in a neotropical savanna. *Journal of Ecology* 84:383-393.
- HOFFMANN, W.A. 1998. Post-burn reproduction of woody plants in a Neotropical savanna: the relative importance of sexual and vegetative reproduction. *Journal of Applied Ecology* 35:422-433.
- HOFFMANN, W.A. & SOLBRIG, O.T. 2003. The role of topkill in the differential response of savanna woody species to fire. *Forest Ecology and Management* 180: 273-286.
- HOWE, H.F. & WESTLEY, L.C. 1998. Ecology of pollination and seed dispersal. In: Crawley, M.J. (ed.) *Plant Ecology*. Blackwell Scientific Pub., Oxford. p. 262-283.
- HUTCHINGS, M.J. 1998. Structure of plant population. In: Crawley, M.J. (ed.) *Plant Ecology*. 2nd ed. Blackwell Scientific Pub., Oxford. p. 325-358.
- JANZEN, D.H. 1970. Herbivores and number of tree species in tropical forest. *American Naturalist* 104: 501-528.
- LEAL, I.R. & OLIVEIRA, P.S. 1998. Interactions between fungus-growing ants (Attini), fruits and seeds in cerrado vegetation in southeast Brazil. *Biotropica* 30: 170-178.
- LEGENDRE, P. & FORTIN, M.J. 1989. Spatial pattern and ecological analysis. *Vegetatio* 80: 107-138.
- MANTOVANI, W. 1987. Análise florística e fitossociológica do estrato herbáceo-subarbustivo do cerrado na reserva biológica de Moji Guaçu e em Itirapina, SP. Tese de doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- MEIRELLES, M.L. & LUIZ, A.J.B. 1995. Padrões espaciais de árvores de um cerrado em Brasília, DF. *Revista Brasileira de Botânica* 18: 185-189.

- MENAUT, J.C.; GIGNOUX, J.; PRADO, C. & CLOBERT, J. 1990. Tree community dynamics in a humid savanna of the Côte-d'Ivoire: modeling the effects of fire and competition with grass and neighbours. *Journal of Biogeography* 17: 471-481.
- MOREIRA, A.G. 1987. Aspectos demográficos de *Emmotum nitens* (Benth.)Miers (Icacinaceae) em um cerradão distrófico no Distrito Federal. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- MOREIRA, A.G. 2000. Effects of fire protection on savanna structure in Central Brazil. *Journal of Biogeography* 27: 1021-1029.
- OLIVEIRA, P.E.A.M., RIBEIRO, J.F. & GONZALES, M.I. 1989. Estrutura e distribuição espacial de uma população de *Kielmeyera coriacea* Mart. de cerrados de Brasília. *Revista Brasileira de Botânica* 12: 39-47.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T.; CAMISÃO-NETO, A.A. & VOLPATO. M.M. 1996. Structure and dispersion of four tree populations in an area of montane semideciduous forest in southeastern Brazil. *Biotropica* 28: 762-769.
- RAW, A. & HAY, J.D. 1985. Fire and other factors affecting a population of *Simarouba amara* in cerradão near Brasília, Brazil. *Revista Brasileira de Botânica* 8:101-107.
- REZENDE, A.A.; MALTEZ, H.M.; FREITAS, M.F.; PEREIRA, M.F.P.A. & KONRAD, M.L.F. 1999. Estudos da organização de uma comunidade arbustivo-arbórea de cerrado no município de Itirapina, São Paulo. In: Santos, F.A.M.; Martins, F.R & Tamashiro, J.Y. (orgs.). Relatórios de projetos desenvolvidos na disciplina NE211 - Ecologia de Campo II do Programa de Pós-Graduação em Ecologia, IB, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. Relatórios de curso de campo. Disponível em: <http://www.unicamp.br/profs/fsantos/relatorios/>. Acesso em: julho 2002.
- RIBEIRO, J.F. & WALTER, B.M.T. 1998. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In Sano, S.M. & Almeida, S.P. (eds.) Cerrado: ambiente e flora. Embrapa, Planaltina, p. 89-166.

- ROSENBERG, M.S. 2001. Passage. Pattern analysis, spatial statistics, and geographic Exegesis. Version 1.1. Department of Biology, Arizona. State University, Tempe. AZ.
- SAN JOSÉ, J.J. & FARIÑAS, M.R. 1983. Changes in tree density and species composition in a protected *Trachypogon* savanna, Venezuela. *Ecology* 64: 447-453.
- SAN JOSÉ, J.J. & FARIÑAS, M.R. 1991. Changes in tree density and species composition in a protected *Trachypogon* savanna protected for 25 years. *Acta Oecologica*, 12: 237-347.
- SAN JOSÉ, J.J.; FARIÑAS, M.R. & ROSALES, J. 1991. Spatial patterns of trees and structuring factors in a *Trachypogon* savanna of the Orinoco Llanos. *Biotropica* 23: 114-123.
- SANTOS, F.A.M. 1991. Padrão espacial de jovens em relação a adultos de espécies arbóreas do cerrado que ocorrem no Estado de São Paulo. Tese de doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- SANTOS, F.A.M. 2001. MAPA: Programa de mapeamento. Departamento de Botânica. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- SATO, M.N. 1996. Mortalidade de plantas lenhosas do cerrado submetidas a diferentes regimes de queima. Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília, Brasília.
- SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I.; MORAWETZ, W. & GOTTSBERGER, G. 1977. Frost damage of cerrado plants in Botucatu, Brazil, as related to the geographical distribution of the species. *Biotropica* 9:253-261.
- SKARPE, C. 1991. Spatial patterns and dynamics of woody vegetation in an arid savanna. *Journal of Vegetation Science* 2: 565-572.
- STERNER, R.W.; RIBIC, C.A. & SCHATZ, G.E. 1986. Testing for life historical changes in spatial patterns of four tropical tree species. *Journal of Ecology*, 74:621-633.
- ZAR, J.H. 1999. Biostatistical analysis. Prentice-Hall, New Jersey.

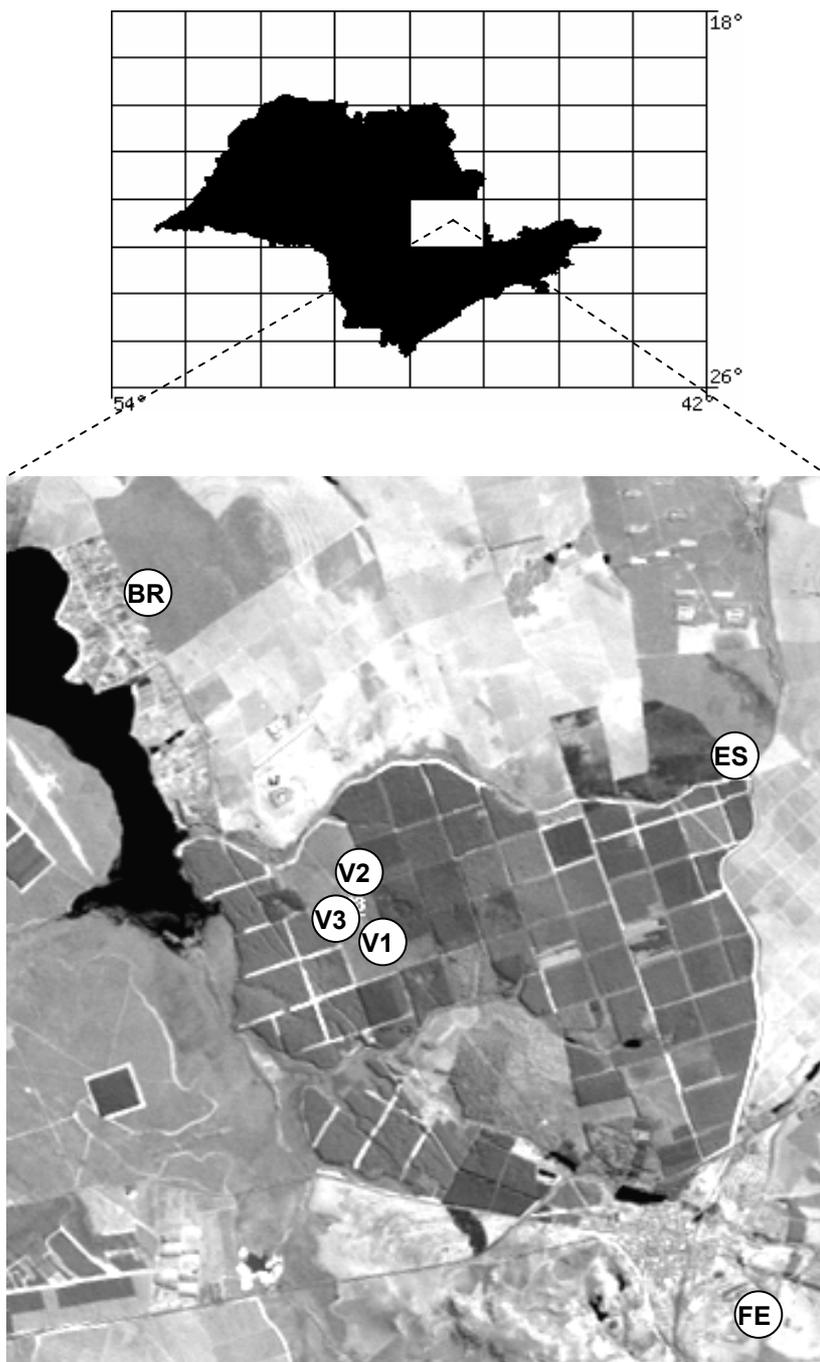
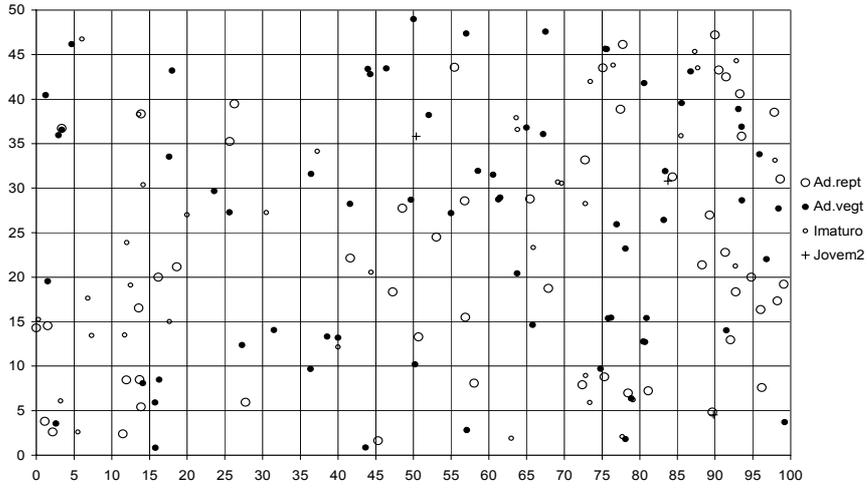
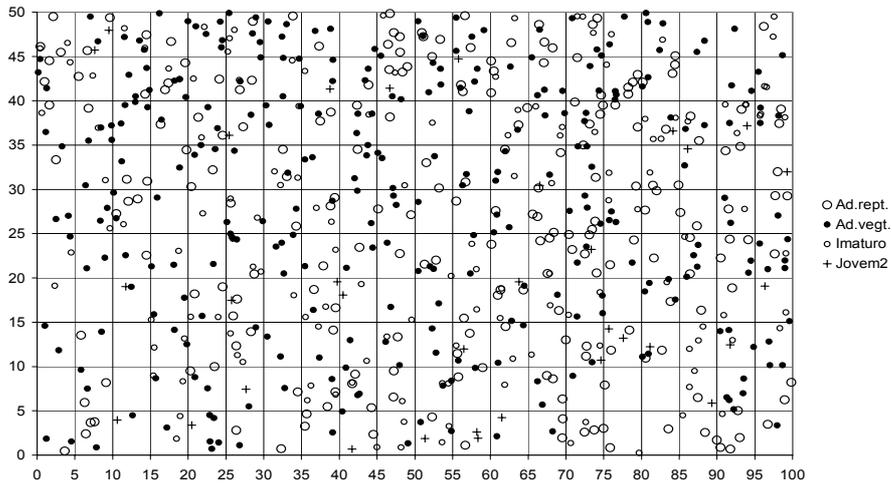


Figura 1. Imagem de satélite da micro-região de Itirapina/SP, com a localização dos fragmentos de cerrado estudados. BR= Broa ($22^{\circ} 10' 34''$ S; $47^{\circ} 52' 54''$ W), ES= Estrela ($22^{\circ} 12' 02''$ S; $47^{\circ} 48' 32''$ W), FE= Fepasa ($22^{\circ} 15' 38''$ S; $47^{\circ} 48' 32''$ W), e V1 ($22^{\circ} 13' 08''$ S; $47^{\circ} 51' 06''$ W), V2 ($22^{\circ} 12' 42''$ S; $47^{\circ} 51' 16''$ W) e V3 ($22^{\circ} 12' 56''$ S; $47^{\circ} 51' 18''$ W) que correspondem às áreas estudadas no fragmento Valério (Fonte: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2002. <http://www.cdbrazil.cnpm.embrapa.br/sp/index.htm>).

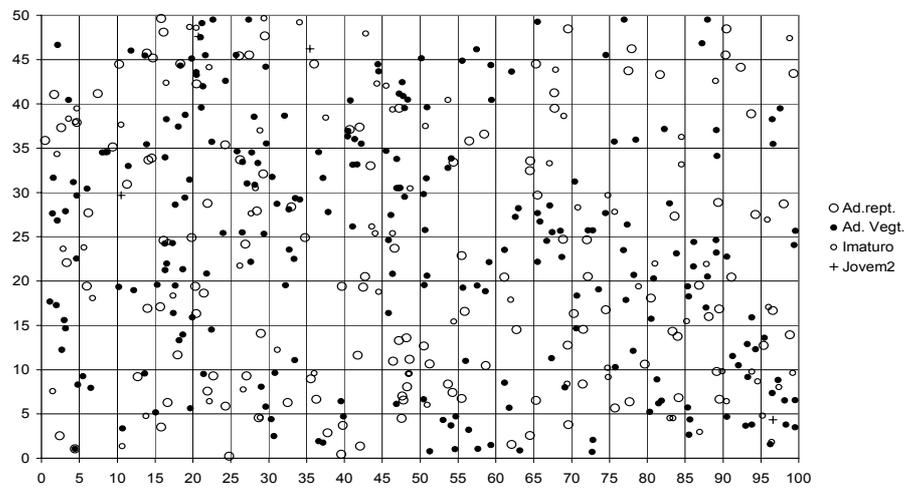
A)



B)



C)



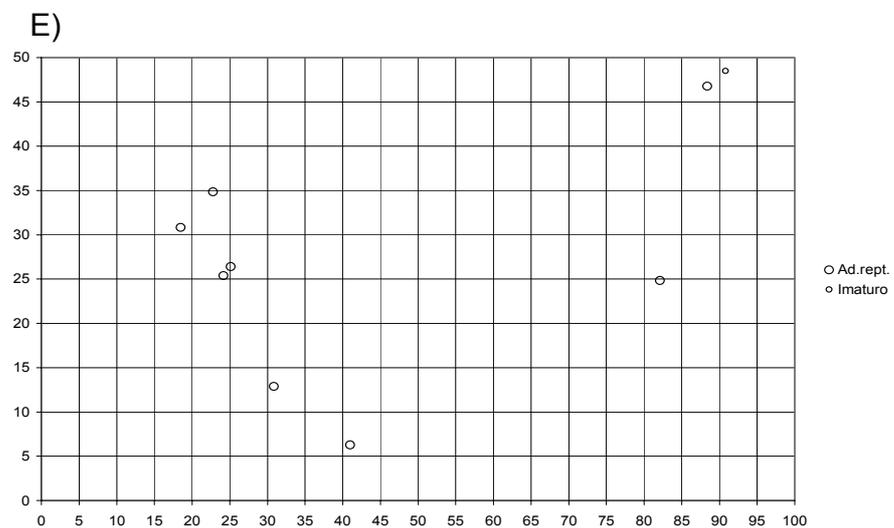
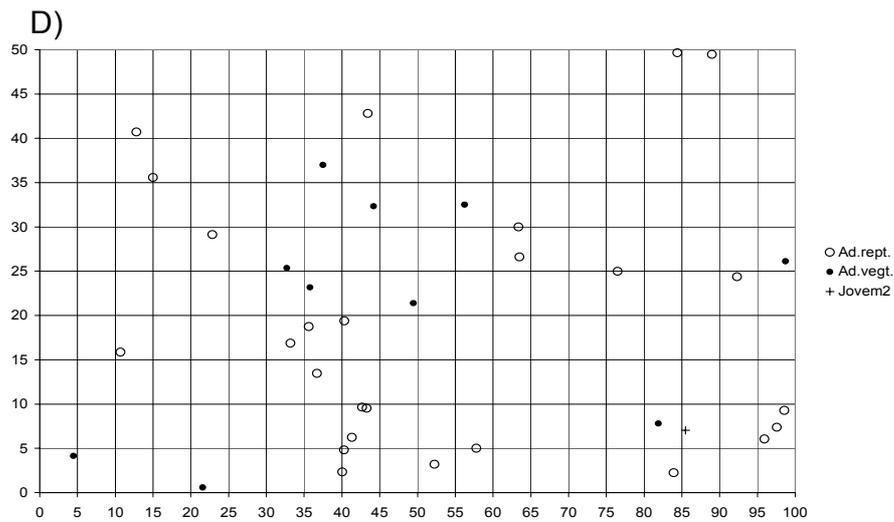


Figura 2. Mapa de distribuição dos indivíduos com diâmetro maior ou igual a 5 cm de *Xylopia aromatica* no fragmento Valério (A= Valério 1, B= Valério 2, C= Valério 3), Broa (D) e Estrela (E). No fragmento Fepasa não foi documentado indivíduos com $DAS \geq 5$ cm. Sendo Jovem 2 = +, Imaturo = ◦, Adulto Vegetativo (Ad.vegt.) = •, e Adulto reprodutivo (Ad.rept.) = O.

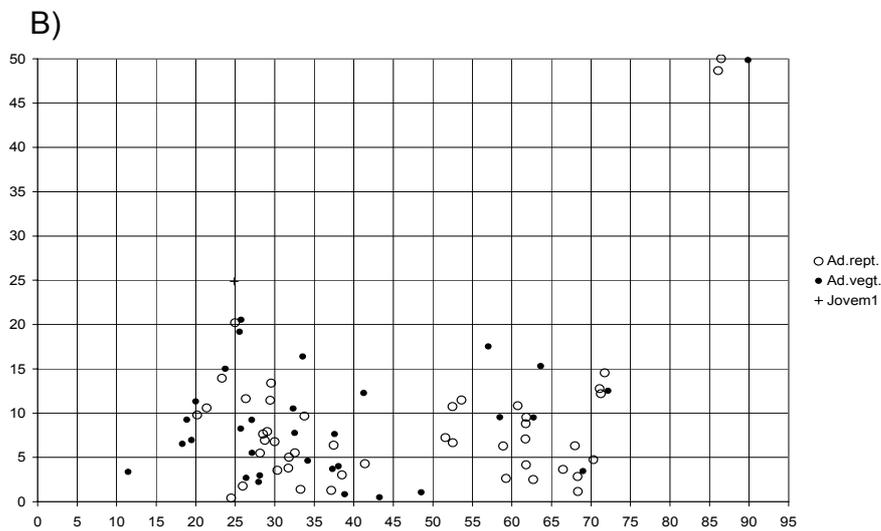
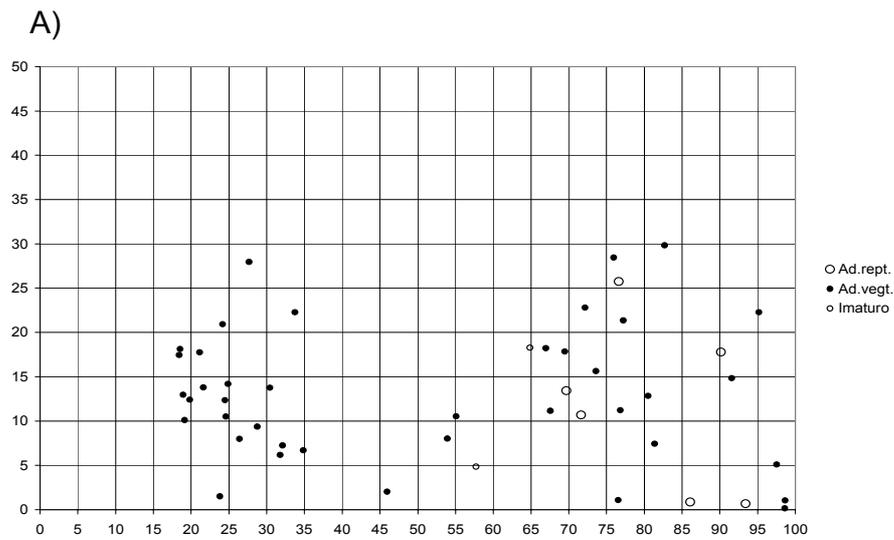
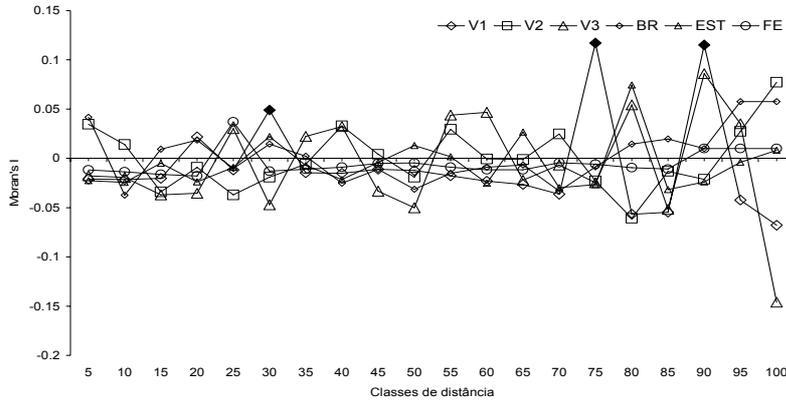
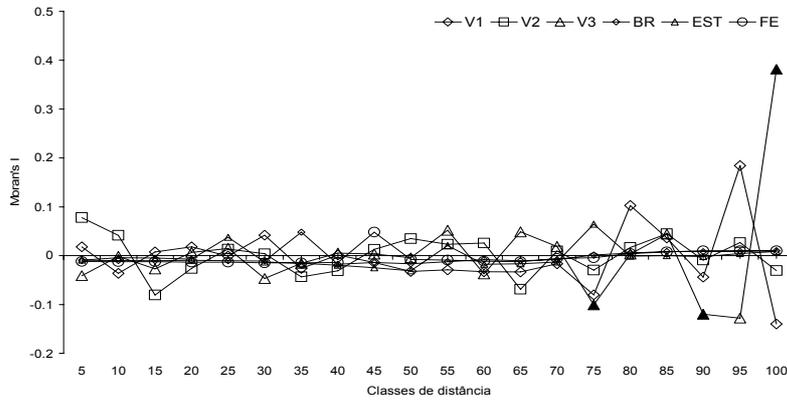


Figura 3. Mapa de distribuição dos indivíduos com diâmetro maior ou igual a 5 cm de *Roupala montana* no fragmento Valério (A= Valério 1) e Broa (B). Sendo Jovem 2 = +, Imaturo = °, Adulto Vegetativo (Ad.vegt.) = •, e Adulto reprodutivo (Ad.rept.) = O.

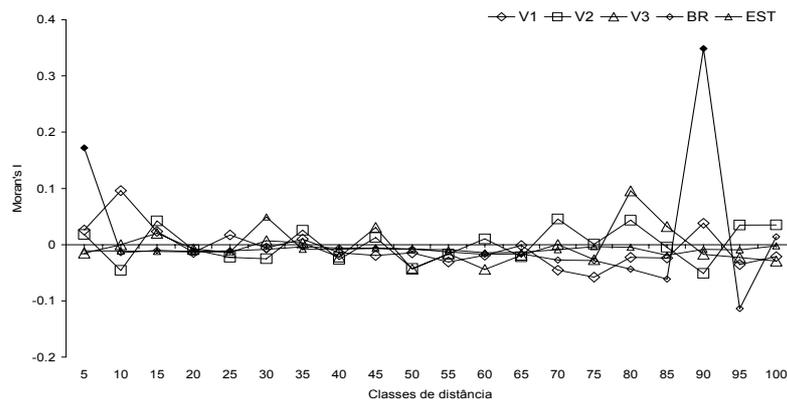
A)



B)



C)



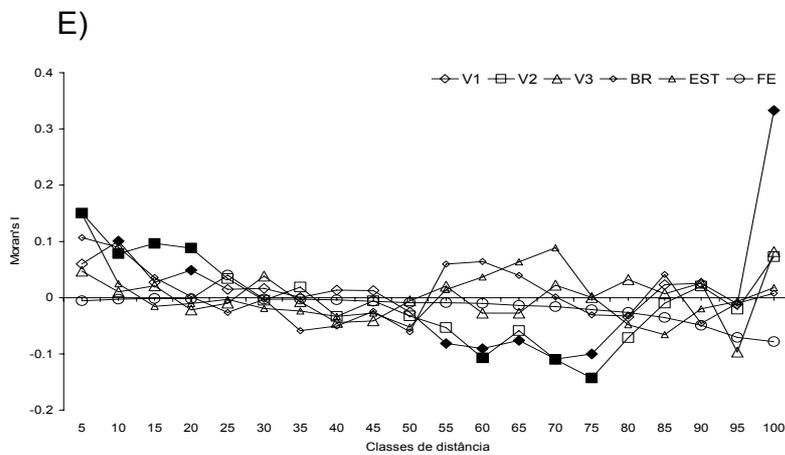
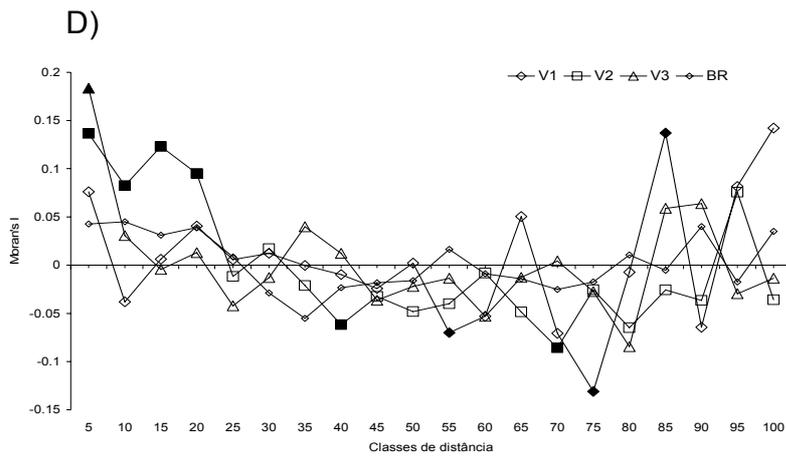
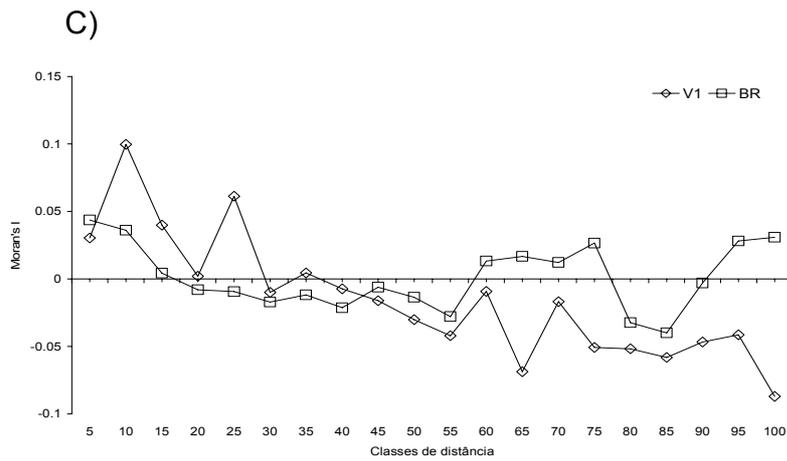
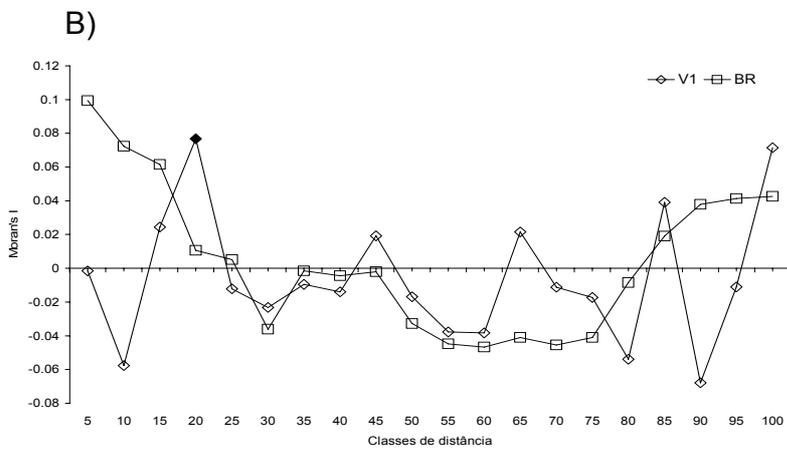
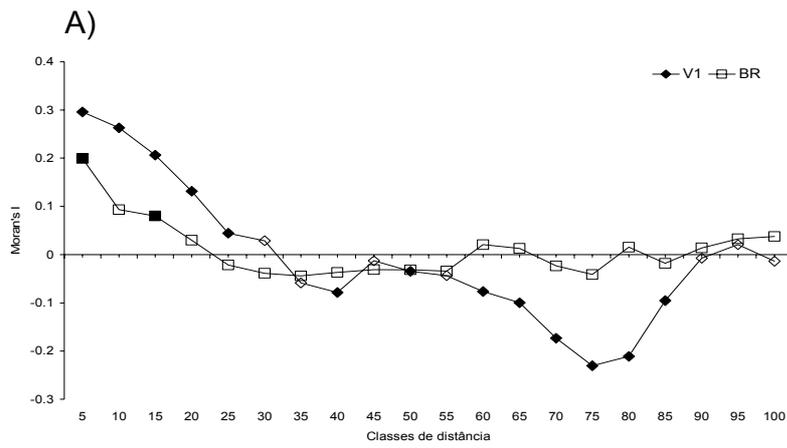


Figura 4. Correlograma espacial das densidades de jovem 1 (A), jovem 2 (B), Imaturo (C), Adulto vegetativo (D) e Adulto reprodutivo (E) de *Xylopia aromatica* no fragmento Valério (V1= Valério 1, V2= Valério 2, V3= Valério 3), Broa (BR), Estrela (EST) e Fepasa (FE). A abscissa corresponde ao limite superior de cada classe de distância. Marcadores com segundo plano preto significam valores de Moran's I significativos a nível de 5% (para correlogramas globalmente significativos), marcadores com segundo plano em branco são valores não significativos.



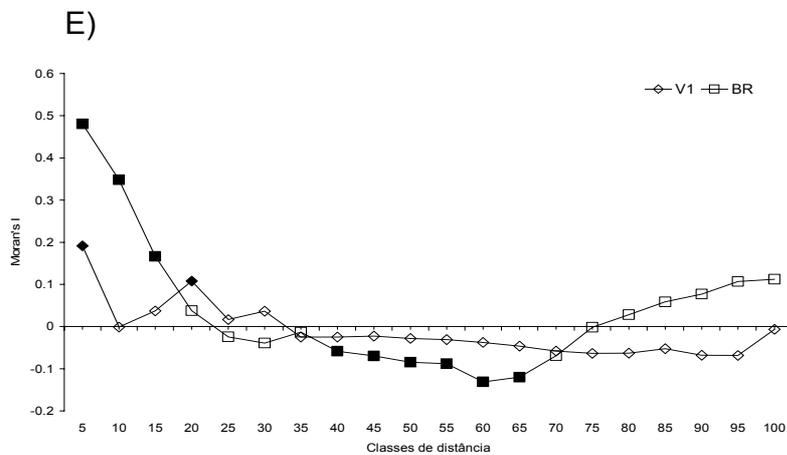
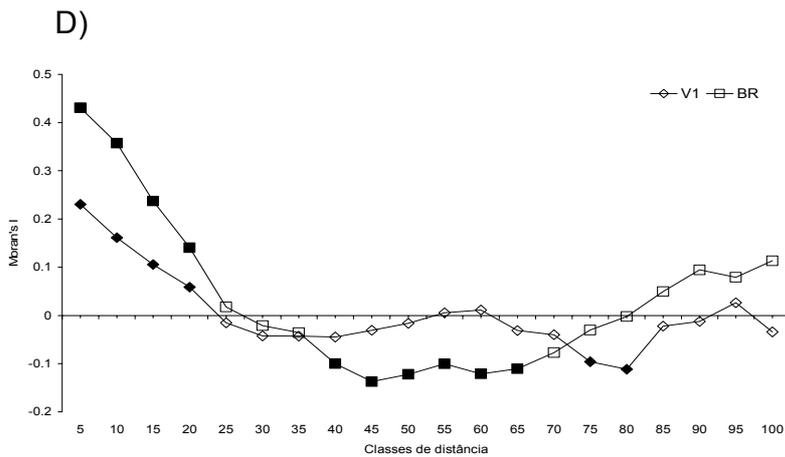


Figura 5. Correlograma espacial das densidades de jovem 1 (A), jovem 2 (B), Imaturo (C), Adulto vegetativo (D) e Adulto reprodutivo (E) de *Roupala montana* no fragmento Valério (somente a área V1= Valério 1) e Broa (BR). A abscissa corresponde ao limite superior de cada classe de distância. Marcadores com segundo plano preto significam valores de Moran's I significativos a nível de 5% (para correlogramas globalmente significativos), marcadores com segundo plano em branco são valores não significativos.

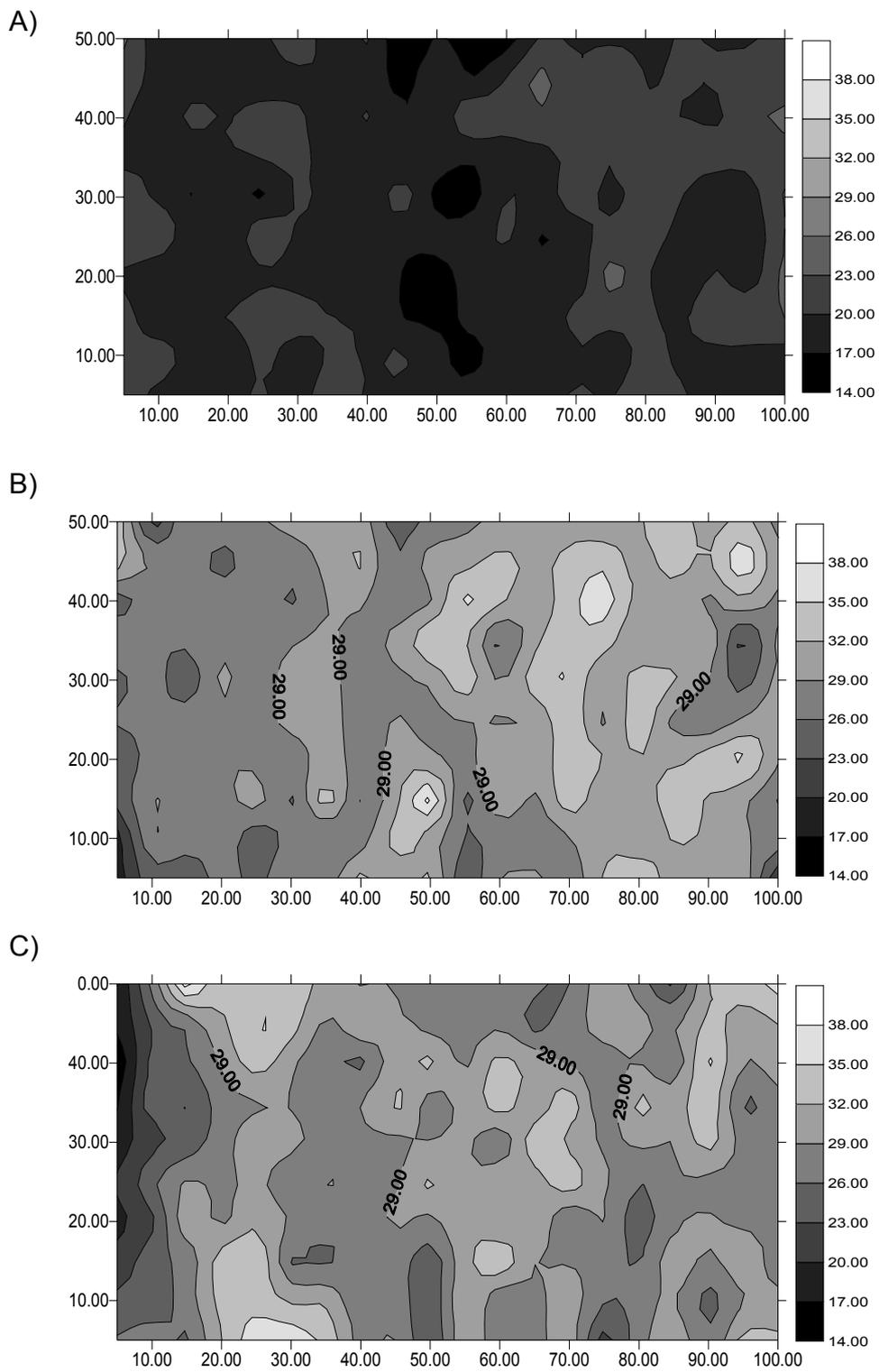


Figura 6. Distribuição da porcentagem de abertura do dossel das áreas do Valério (A= Valério 1, B= Valério 2 e C= Valério 3).

Tabela 1. Valores de densidade (ind/ha) de cada estágio e por fragmento para *Xylopia* e *Roupala*. Sendo os valores calculados para os indivíduos com diâmetro (DAS) ≥ 3 cm e < 3 cm.

	ind/ha	ind/ha		ind/ha	ind/ha
<i>Xylopia aromatica</i>	DAS ≥ 3	DAS < 3	<i>Roupala montana</i>	DAS ≥ 3	DAS < 3
A)Valério 1			A)Valério 1		
Jovem 1	-	200	Jovem 1	-	8600
Jovem 2	26	1354	Jovem 2	4	1000
Imaturo	220	600	Imaturo	214	750
Ad. Vegt.	162	-	Ad. Vegt.	126	-
Ad. Rept.	120	-	Ad. Rept.	16	-
TOTAL	530	2154	TOTAL	360	10350
B)Valério 2					
Jovem 1	2	2250			
Jovem 2	210	4650			
Imaturo	820	1300			
Ad. Vegt.	890	-			
Ad. Rept.	488	-			
TOTAL	2410	8200			
C)Valério 3					
Jovem 1	-	2350			
Jovem 2	56	3450			
Imaturo	688	1982			
Ad. Vegt.	718	-			
Ad. Rept.	296	-			
TOTAL	1758	7782			
D)Broa			B)Broa		
Jovem 1	-	700	Jovem 1	2	800
Jovem 2	4	100	Jovem 2	8	400
Imaturo	12	150	Imaturo	88	50
Ad. Vegt.	106	-	Ad. Vegt.	212	-
Ad. Rept.	92	-	Ad. Rept.	120	-
TOTAL	214	950	TOTAL	430	1250
E)Estrela					
Jovem 1	-	300			
Jovem 2	2	250			
Imaturo	14	100			
Ad. Vegt.	-	-			
Ad. Rept.	22	-			
TOTAL	38	650			
F)Fepasa					
Jovem 1	-	100			
Jovem 2	-	100			
Imaturo	2	-			
Ad. Vegt.	-	-			
Ad. Rept.	6	-			
TOTAL	8	200			

Tabela 2. Valor da correlação entre a abundância de indivíduos de diferentes estádios de *Xylopiia aromatica* e *Roupala montana* através do teste de Mantel. O valor de P estão presentes após cada valor da correlação em parênteses; *= significância a nível de 0,05. Sendo Jo1 = Jovem 1, J2 = Jovem 2, Im = Imaturo, AV = Adulto vegetativo e AR = Adulto reprodutivo.

	VALÉRIO 1	VALÉRIO 2	VALÉRIO 3	BROA	ESTRELA	FEPASA
<i>Xylopiia aromatica</i>						
AR X AV	-0.008 (0.529)	-0.023 (0.748)	0.031 (0.825)	0.053 (0.152)		
AR X Im	0.150* (0.017)	0.014 (0.317)	-0.039 (0.838)	0.162* (0.032)	-0.017 (0.366)	
AR X J2	0.168* (0.008)	0.077* (0.030)	0.020 (0.269)	0.034 (0.350)	0.070 (0.133)	-0.009 (1.000)
AR X Jo1	0.333* (0.001)	0.297 (0.201)	0.013 (0.331)	0.045 (0.200)	0.067 (0.263)	-0.009 (1.000)
AV X Im	0.077 (0.083)	-0.019 (0.620)	0.029 (0.217)	0.090 (0.058)		
AV X J2	0.050 (0.900)	0.046 (0.113)	0.075 (0.070)	0.035 (0.631)		
AV X Jo1	0.122* (0.041)	0.037 (0.186)	0.002 (0.263)	0.005 (0.433)		
Im x J2	0.010 (0.473)	-0.027 (0.692)	0.004 (0.423)	0.013 (1.000)	0.004 (0.089)	
Im X Jo1	0.002 (0.395)	0.040 (0.207)	-0.029 (0.423)	0.029 (1.000)	0.748* (0.001)	
J2 X Jo1	0.330* (0.001)	0.021 (0.289)	0.084 (0.064)	0.136 (0.127)	-0.017 (1.000)	0.489* (0.023)
<i>Roupala montana</i>						
AR X AV	0.004 (0.227)			0.582* (0.001)		
AR X Im	0.025 (0.238)			0.179* (0.049)		
AR X J2	0.010 (0.519)			0.268* (0.001)		
AR X Jo1	0.082 (0.101)			0.121 (0.059)		
AV X Im	0.056 (0.157)			0.201* (0.027)		
AV X J2	-0.017 (0.569)			0.270* (0.004)		
AV X Jo1	0.135* (0.014)			0.053 (0.178)		
Im x J2	0.074 (0.106)			0.057* (0.046)		
Im X Jo1	0.122* (0.042)			0.363* (0.006)		
J2 X Jo1	0.149* (0.008)			0.091 (0.262)		

Tabela 3. Parâmetros das regressões lineares entre a densidade de cada estágio de *Xylopi*a e *Roupala* e os dados de porcentagem (transformados em arco seno) de abertura do dossel das áreas do Valério. Sendo n = número de indivíduos, a = coeficiente linear, b_1 = coeficiente angular, r^2 = coeficiente de determinação, p = significância das regressões, *= significância a nível de 0,05.

	n	a	b_1	r^2	p
<i>Xylopi</i> a <i>aromatica</i>					
A)Valério 1					
Jovem 1	4	-0.189	0.457	0.007	0.246
Jovem 2	42	-0.395	1.322	0.024	0.500
Imaturo	122	-2.130	5.984	0.020	0.040*
Ad. Vegt.	81	-1.306	3.736	0.020	0.043*
Ad. Rept.	60	-0.809	2.421	0.010	0.149
B)Valério 2					
Jovem 1	46	0.768	-0.942	0.004	0.613
Jovem 2	198	0.362	1.046	0.002	0.580
Imaturo	436	-2.109	7.489	0.034	0.008*
Ad. Vegt.	445	4.205	-3.465	0.006	0.267
Ad. Rept.	243	1.710	5.146	0.003	0.011*
C)Valério 3					
Jovem 1	47	-0.799	1.835	0.026	0.021*
Jovem 2	97	1.080	-1.056	0.004	0.640
Imaturo	399	2.526	-0.943	<0.001	0.718
Ad. Vegt.	359	-0.146	3.425	0.008	0.207
Ad. Rept.	148	-2.532	5.804	0.086	<0.001*
<i>Roupala montana</i>					
A)Valério 1					
Jovem 1	172	-1.534	5.228	0.003	0.207
Jovem 2	22	0.275	-0.360	<0.001	0.700
Imaturo	122	0.791	-0.418	<0.001	0.880
Ad. Vegt.	63	-1.747	4.504	0.027	0.018*
Ad. Rept.	8	-0.177	0.473	0.003	0.546

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diferenças na arquitetura e nas estruturas de estádios ontogenéticos e espacial, como observado neste trabalho, levam a concluir que estudos que enfoquem variações espaciais dentro e entre áreas e as características das espécies e seus habitats são de fundamental importância para compreender melhor quais fatores influenciam os processos populacionais, qual a sua importância em diferentes locais e suas conseqüências.

A plasticidade de forma arquitetural observada pode ser importante, pois possibilita a ocorrência das espécies em áreas com condições ambientais distintas, como por exemplo, de cerrado *stricto sensu* ralo até fisionomias mais florestais, além de ajudar na interpretação das respostas adaptativas de uma espécie às variáveis ecológicas. Diversos autores argumentam que a forma de crescimento de uma planta tem grande significado ecológico, pois afeta sua altura, interceptação de luz, estabilidade da planta, defesa, reprodução (ver Tomlinson 1987; Kohyama & Hotta 1990), enfim, a plasticidade de forma da planta pode garantir o sucesso de uma população em um determinado ambiente, e assim, as estratégias adaptativas podem ser fundamentais para este sucesso.

Outro ponto importante é que as espécies variam muito em respostas a um determinado fator, conforme verificado também por Archibald & Bond (2003) ,indicando que existe uma grande variabilidade interespecífica. Além disso, parece que diferentes fatores podem variar de importância em diferentes áreas. Somado a isso, Hoffmann (1998) salientou que as espécies até então estudadas representam apenas uma fração da diversa flora de plantas lenhosas, oferecendo desse modo uma visão incompleta de como uma população responde a um determinado fator. Nesse sentido seria necessário entender uma grande diversidade de respostas de várias espécies em relação a um fator, para se ter um quadro das possíveis respostas em uma determinada fisionomia.

Vale ressaltar também, que a importância da preservação de um maior número possível de fragmentos ganha destaque neste contexto, como sugerido por diversos pesquisadores (ver Janzen 1988, Turner & Corlett 1996), pois cada área de cerrado constitui um ambiente que pode contribuir para o sucesso da espécie. Além disso, meios de contenção da perturbação, como retirada do gado, controle do fogo indiscriminado, construção de aceiros, são fundamentais nos fragmentos onde essas perturbações são freqüentes.

Enfim, essas ações conservacionistas talvez sejam os primeiros passos para controlar os processos da fragmentação, infelizmente já iniciada há muitos anos nos cerrados de São Paulo e do Brasil em geral. Tais ações poderão permitir a manutenção das espécies em seu habitat e o conhecimento dos processos de regeneração das populações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARCHIBALD, S & BOND, W.J. 2003. Growing tall vs growing wide: tree architecture and allometry of *Acacia karroo* in forest, savanna, and arid environments. *Oikos* 102: 3-14.
- HOFFMANN, W.A. 1998. Post-burn reproduction of woody plants in a Neotropical savanna: the relative importance of sexual and vegetative reproduction. *Journal of Applied Ecology* 35:422-433.
- JANZEN, D.H. 1988. Management of habitat fragments in a tropical dry forest growth. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 75: 105-116.
- KOHYAMA, T. & HOTTA, M. 1990. Significance of allometry in tropical saplings. *Functional Ecology* 4: 515-521.
- TOMLINSOM, P.B. 1987. Architecture of tropical plant. *Annual Review of Ecology and Systematics* 18: 1-21.

TURNER, I.M. & CORLETT, R.T. 1996. The conservation value of small, isolated fragments of lowland tropical rain forest. *Trends in Ecology and Evolution* 11: 330-333.