

# ESTRUTURA DE TAMANHO, RELAÇÕES ALOMÉTRICAS E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE *ASTRONIUM GRAVEOLENS* JACQ. (ANACARDIACEAE) EM ÁREAS TOPOGRAFICAMENTE DISTINTAS DE FRAGMENTOS DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL DO SUL DO BRASIL.

Ana Paula Pavanelli<sup>1</sup>  
Josiane Augusto Costa<sup>2</sup>  
Edmilson Bianchini<sup>3</sup>  
José Antonio Pimenta<sup>3</sup>

## Abstract

With the intention to compare size structure, allometric relationship and spatial distribution of *Astronium graveolens* Jacq. occurring in areas with distinct topography, were sampled individuals in three areas of 0,5 ha each, two in flat area (AP and AG) and another in sloped (AD). There were temporal differences in the size structure of height and diameter of individuals in AP. The size structures (height and diameter) of AD showed no temporal differences. There were observed differences of size structure of height and diameter when, in 2008, we compared the individuals of group AP with AG and AD. The height explained in large proportion the variation of the diameter of *A. graveolens* population in three areas ( $R^2$  between 0,894 and 0,958). The proportion of growth between the diameter and height observed for *A. graveolens* in AD ( $d \propto h^{1,46}$ ) approaches the model of elastic similarity ( $d \propto h^{1,5}$ ), while in the plane areas AP ( $d \propto h^{1,02}$ ) and AG ( $d \propto h^{0,94}$ ) it approximated the geometric similarity model ( $d \propto h$ ), that is, for AD an increase by one unit in height (1 m) corresponds to an increase greater than one unit in diameter (1.46 cm). There was observed aggregation of individuals in three areas, but AD showed larger patches. The ability of *A. graveolens* to aggregate individuals of different size structure and form in areas with distinct topography is possibly an important explanation for the presence of this species in areas with large topographic variation.

**Key words:** Topography, allometry, spatial autocorrelation.

## Resumo

Visando comparar a estrutura de tamanho, relações alométricas e distribuição espacial de *Astronium graveolens* Jacq. ocorrendo em áreas topograficamente distintas, foram amostrados indivíduos em três áreas de 0,5 ha cada, sendo duas em área plana (AP e AG) e uma em área declivosa (AD). Houve

<sup>1</sup> Pós-graduação em Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Londrina. Pós-graduação em Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Londrina. e-mail ana.pavanelli.bio@hotmail.com.

<sup>2</sup> Pós-graduação em Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Londrina. Pós-graduação em Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Londrina.

<sup>3</sup> Departamento de Biologia Animal e Vegetal – CCB, Universidade Estadual de Londrina, Caixa Postal 6001, Londrina, PR- 86051-970 (pimenta@uel.br).

diferenças temporais na estrutura de tamanho para altura e para diâmetro dos indivíduos de AP. As estruturas de tamanho (altura e diâmetro) dos indivíduos de AD não apresentaram diferenças temporais. Observou-se diferença quando comparados o grupo de indivíduos de AP com AG e AD com AG no ano de 2008, para a estrutura de tamanho em altura e diâmetro. A altura explicou uma grande proporção da variação do diâmetro da população de *A. graveolens* nas três áreas ( $R^2$  entre 0.894 e 0.958). A proporção de crescimento entre diâmetro e altura observada para *A. graveolens* na área AD ( $d \propto h^{1,46}$ ) se aproxima ao modelo de similaridade elástica ( $d \propto h^{1,5}$ ), enquanto que nas áreas planas AP ( $d \propto h^{1,02}$ ) e AG ( $d \propto h^{0,94}$ ) se aproxima ao modelo de similaridade geométrica ( $d \propto h$ ), ou seja, para AD um aumento de uma unidade na altura (1 m) corresponde a um aumento maior que uma unidade no diâmetro (1,46 cm). Verificou-se agregação dos indivíduos nas três áreas, porém AD apresentou maiores manchas. Esta capacidade de *A. graveolens* em apresentar agregação de indivíduos com estrutura de tamanho e formas diferentes em áreas topograficamente distintas, possivelmente seja uma importante explicação da presença dessa espécie em áreas com grandes variações no relevo.

**Palavras chave:** Topografia, alometria, autocorrelação espacial.

## Introdução

Para as populações de plantas, e mais especificamente para as espécies arbóreas, os estudos de ecologia são considerados essenciais para o entendimento de processos que regulam a dinâmica e estrutura de uma comunidade florestal (Santos *et al.*, 1998). Em uma determinada área florestal a estrutura de tamanho de uma população de plantas pode variar naturalmente em diferentes épocas em face, por exemplo, dos recrutamentos episódicos e abertura do dossel. Alguns autores têm observado que uma mesma espécie pode apresentar diferenças na estrutura de tamanho em diferentes formações florestais (Ramirez & Arroyo, 1990) e entre sítios dentro de uma mesma formação (Milton *et al.*, 1993; Olmsted & Alvarez Buylla, 1995; West, 1995).

Os estudos de alometria em plantas são importantes para a compreensão de aspectos ecológicos e evolutivos e os modelos gerados a partir desses estudos podem ser ferramentas essenciais para o melhor entendimento de diferentes processos ecológicos (Bond *et al.*, 1999). Em árvores, esses estudos são importantes no entendimento da estrutura e dinâmica das florestas (Sposito & Santos, 2001).

Vários fatores bióticos e abióticos podem afetar os parâmetros demográficos das espécies e, em consequência, podem influenciar no padrão espacial das mesmas (Bianchini, 1998). Legendre & Fortin (1989) consideraram que, na natureza, os seres vivos se distribuem predominantemente de forma agregada, em manchas. Esses mesmos autores afirmaram que os padrões espaciais são ponto crucial em várias teorias ecológicas, pois muitas idéias partem do princípio de que indivíduos próximos no espaço e no tempo estão mais sujeitos a serem influenciados pelos mesmos processos locais. Um fator muito importante de ser considerado, quando se analisam fenômenos desta natureza, é a autocorrelação espacial, segundo a

qual amostras localizadas próximas umas das outras têm uma maior tendência a serem similares (Dale, 1999).

Estudos têm apontado a heterogeneidade ambiental atuando na composição florística e estrutural das florestas. Entre os diferentes fatores que compõem a heterogeneidade do ambiente, a topografia é muito importante por ocasionar tanto variações na umidade do solo quanto diferentes graus de luminosidade, podendo assim influenciar na distribuição espacial e no desenvolvimento das plantas das diferentes espécies (Cardoso & Schiavini, 2002; Durigan *et al.*, 2000; Botrel *et al.*, 2002; Carvalho *et al.*, 2005b; Rocha *et al.*, 2005).

*Astronium graveolens* Jacq. (Anacardiaceae), conhecida como guarita é uma árvore de dossel, ocorre em Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila Densa do sul da Bahia ao Rio Grande do Sul (Lorenzi, 1998). Segundo Dias *et al.* (2002) *A. graveolens* está entre as 10 espécies mais bem posicionadas segundo o IVI (índice de valor de importância) para a região baixa da Bacia do rio Tibagi, sendo, portanto uma das mais importantes na caracterização das florestas ciliares da Bacia do rio Tibagi. Esta bacia é uma das maiores do Estado do Paraná, localizado na região sul do Brasil.

O fragmento florestal em que este estudo foi desenvolvido está situado às margens do rio Tibagi, Estado do Paraná, BR e distribui-se como uma área íngreme próxima ao rio e outra mais distante do mesmo, com maior altitude, caracterizada como platô. É possível que esta diferença topográfica provoque outras diferenças abióticas que causem variações na ecologia de indivíduos de espécies, como *Astronium graveolens* Jacq. utilizada neste estudo, que ocorrem nas duas áreas. Com o objetivo de comparar a estrutura de tamanho, a arquitetura e a distribuição espacial das plantas do grupo de indivíduos de *A. graveolens* que ocorre no platô com aquele da área de declive foram levantadas as seguintes questões: (1) existem diferenças na estrutura de tamanho e na forma dos indivíduos das áreas de platô quando comparados com os da área de declive? (2) para cada área estudada a estrutura de tamanho é estável no tempo? (3) o padrão espacial da população difere entre as áreas?

## Material e Métodos

### Área de estudo

O estudo foi desenvolvido num fragmento de Floresta Estacional Semidecidual com área aproximada de 100 ha e 480 m de altitude, localizado na Fazenda Doralice (FD) 23° 16'S e 51° 03'W, no município de Ibiporã, Estado Paraná, Brasil, que possui uma região íngreme de declive bastante acentuado adjacente à margem do rio Tibagi, seguida de área de platô distando aproximadamente 800 m da margem. Este município apresenta 3% de cobertura florestal original (Fundação S.O.S Mata atlântica, 2008).

Considerando que não se tem um histórico seguro de que a área do fragmento da FD não sofreu alterações ambientais significativas, foram também desenvolvidas avaliações dos indivíduos de *A. graveolens* em uma área de Floresta Estacional Semidecidual plana, bastante preservada e com

histórico conhecido. Esta área situa-se na porção norte do Parque Estadual Mata dos Godoy (PEMG) (23° 27'S e 51° 15'W), localizado no município de Londrina, PR, Brasil, com aproximadamente 680 ha e altitude em torno de 600 m, distando aproximadamente 27 km em linha reta da Fazenda Doralice. O PEMG é o mais importante remanescente florestal do município de Londrina, que apresenta 7% de cobertura florestal original (Fundação S.O.S Mata Atlântica, 2008).

### **Espécie estudada**

*Astronium graveolens* Jacq. (Anacardiaceae), conhecida como guarita é uma árvore de dossel de 15 a 25 m de altura e 40 a 60 cm de diâmetro. É decídua, heliófita, que ocorre geralmente em agrupamentos descontínuos em terrenos rochosos e secos com floração nos meses de agosto e setembro e frutificação nos meses de outubro e novembro. Ela ocorre em Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila Densa do sul da Bahia ao Rio Grande do Sul (Lorenzi, 1998).

### **Amostragem e análise dos dados**

Neste estudo foram definidas três áreas amostrais de 0,5 ha cada, duas na FD, sendo uma no platô (AP) e a outra na região de declive (AD) e uma área (AG) na porção norte do PEMG. Foram tomadas medidas de altura e DAS (diâmetro a altura do solo) de todos os indivíduos de *Astronium graveolens* nas áreas. Na FD foi realizada uma amostragem no ano de 2007 e outra no ano de 2008. Para a área (AG) localizada no PEMG foi realizada somente uma amostragem no ano de 2008.

Para o estudo de estrutura de tamanho os indivíduos foram distribuídos em classes de tamanho e tanto para as comparações da estrutura entre as áreas quanto no tempo foi utilizado o teste de Kolmogorov Smirnov (Siegel, 1975; Zar, 1999).

Obteve-se o fator de segurança da espécie ( $d/d_{min}$ ), a partir da divisão do diâmetro observado pelo diâmetro mínimo teórico que a árvore deveria apresentar para não se quebrar, calculado segundo o modelo de similaridade elástica (McMahon, 1973). Este fator representa uma estimativa aproximada, já que os dados sobre a densidade da madeira não foram coletados.

As relações alométricas dos indivíduos foram expressas através de funções derivadas de regressões lineares das variáveis transformadas em logaritmos de base 10 e foi utilizada uma análise de covariância (ANCOVA) para testar a diferença entre as retas (Snedecor & Cochran, 1967). Comparações múltiplas entre as retas foram feitas pelo teste a posteriori de Scheffé ( $p < 0,05$ ) (Huitema, 1980; Zar, 1999). Todos os testes foram feitos no programa ANCOVA31 para análise de covariância e teste de Scheffé, desenvolvido por Flávio A. M. dos Santos (UNICAMP, Depto. de Botânica).

A estrutura espacial de *Astronium graveolens*, nas três áreas amostradas, foi analisada usando o coeficiente de autocorrelação espacial dado pelo coeficiente Moran  $I$ . O Moran  $I$  é calculado por classes de distância diferentes, que tipicamente variam entre  $-1$  (repulsão) e  $+1$  (agrupado). Existe autocorrelação, ou negativa ou positiva, quando é possível prever o valor que

a variável ocorre em um dado local em relação ao valor que a mesma variável ocorre em outro ponto amostral de posição conhecida. A hipótese nula é que o coeficiente de cada classe de distância não é significativamente diferente de zero, indicando casualidade (Legendre & Fortin, 1989).

Valores positivos para o coeficiente Moran  $I$  indicam autocorrelação positiva; valores negativos de Moran  $I$  indicam autocorrelação negativa (Rossi & Quénéhervé, 1998; Diniz Filho *et al.*, 2003). As distâncias espaciais podem ser particionadas em classes discretas, criando sucessivas matrizes e permitindo a computação de diferentes valores de Moran  $I$  para a mesma variável. Dessa forma, é possível avaliar o comportamento da autocorrelação como função da distância espacial, em gráfico chamado correlograma, que fornece uma descrição do padrão espacial dos indivíduos na área amostrada (Diniz Filho *et al.*, 2003).

A significância geral dos correlogramas foi testada aplicando-se o critério de Bonferroni (Bonferroni criterion; Oden 1984), de modo que o correlograma é considerado globalmente significativo quando pelo menos um dos valores de  $I$  for significativo para um nível de significância  $\alpha/k$ , sendo  $k$  o número de classes de distância usado (neste caso, 13 classes) e  $\alpha = 5\%$ .

Visando avaliar possíveis correlações entre a distribuição espacial de *Astronium graveolens* com diferentes variáveis abióticas nas áreas planas e de declive da Fazenda Doralice, foram coletados dados de índice de cobertura vegetal, da declividade das áreas, da massa e volume de serapilheira, do pH e umidade do solo.

A correlação da distribuição espacial dos indivíduos com as diferentes variáveis abióticas foi obtida, aplicando-se o teste de Mantel (Smouse *et al.*, 1986). O coeficiente de correlação significativo para o teste de Mantel ( $r$ , com um valor de -1 a +1) indica que a relação que existe entre duas variáveis não é relacionada à estrutura espacial comum (Legendre & Fortin, 1989). O nível de significância para esse teste foi determinado com 720 permutações aleatórias. As análises de autocorrelação espacial e o teste de Mantel foram realizados utilizando o software Passage 2 (Rosenberg, 2001).

Para produzir uma ordenação das parcelas a partir do número de indivíduos e de diferentes variáveis ambientais foi realizada uma análise de componentes principais (ACP). Para a construção do diagrama, foram utilizadas as parcelas para verificar sua correspondência com as variáveis da ACP. A análise de componentes principais foi feita no programa SPAD versão 3.5. (Cisia Ceresta, 1998).

Para melhor conhecimento do fragmento florestal da FD foram realizadas análises texturais do solo, também chamadas de análise granulométrica. Esta análise tem a finalidade determinar as principais frações granulométricas que compõe um tipo ou classe de solo e que são normalmente divididas em areia, silte e argila.

## Resultados e discussão

Nos anos de 2007 e 2008 foram observados, respectivamente, 138 e 220 indivíduos de *Astronium graveolens* na AP e 956 e 1082 na AD da FD. Na

AG observou-se 140 indivíduos no ano de 2008. Diferente das estruturas de tamanho para altura e diâmetro da AP em 2007 (Figura 1A e 1C) e de AG em 2008 (Figura 2C e 2F), as estruturas da população de *A. graveolens* da AD para o ano de 2007 (Figura 1B e 1D) e 2008 (Figura 2B e 2E) e AP para o ano de 2008 (Figura 2A e 2D) da FD apresentaram alta representação de indivíduos de classes de tamanho menores caracterizando o padrão de curva exponencial negativa conhecida como “J-reverso”. Este tipo de estrutura é freqüentemente interpretado como um dos indicativos de crescimento populacional ou estabilidade e capacidade de regeneração da população na floresta (Clark *et al.*, 1999; Grau, 2000; Almeida & Vieira, 2001; Rodrigues Buritica *et al.*, 2005; Wadt *et al.*, 2005). Resultados semelhantes foram obtidos por Marcos (2003) para *Euterpe edulis* Mart. na Floresta da Tijuca, RJ e Moreira *et al.* (2007) para *Senefeldera multiflora* Mart. na Floresta Nacional de Pacotuba, ES.

A estrutura de tamanho em altura e diâmetro dos indivíduos da AP comparados com os da AD no ano de 2007 foi diferente (Tabela 1). O mesmo foi verificado entre a AP e a AD comparada com AG em 2008. Ao contrário da AD, foram observadas diferenças na estrutura de tamanho para os indivíduos da AP entre os anos 2007 e 2008 (Tabela 1). Estes resultados indicam que na área plana não ocorre a permanência de indivíduos nas classes de menor tamanho por períodos mais longos, importantes para a manutenção do padrão “J-reverso” como citado por Solbrig (1981) e Webb *et al.* (1972). A não permanência de indivíduos em classes de tamanho menores na AP possivelmente se deve a menor luminosidade dessa área, considerando que *Astronium graveolens* é uma espécie heliófita, ou seja, áreas mais sombreadas dificultam o recrutamento e manutenção dos indivíduos desta espécie.

Segundo Zagt & Werger (1997) a presença de plântulas de uma espécie num determinado local depende da quantidade de sementes disponíveis e da sobrevivência e crescimento das plântulas. Como resultado, mesmo considerando pequenos períodos, as populações devem flutuar no tempo, embora se mantenham estáveis.

A AP e a de declive da FD apresentam diferenças abióticas, como por exemplo, o índice de cobertura vegetal (AP= 74% e AD= 64%). É provável que as diferenças de ICV em conjunto com outras variáveis relacionadas à declividade sejam responsáveis pelas diferenças na estrutura de tamanho de *Astronium graveolens* observadas entre as áreas estudadas, que, claramente para a área declivosa, torna possível a manutenção de indivíduos de classes de tamanho menores por mais tempo. Gabriel *et al.* (2007) estudando uma população de *Cupania vernalis* Camb. em área com alta variação topográfica numa Floresta Estacional Semidecidual no Sul do Brasil, também observou uma maior quantidade de indivíduos menores em locais com maior incidência luminosa. Segundo Marques & Joly (2000), o fator mais importante na determinação da abundância das espécies em seus locais de ocorrência seriam as interações das plantas com o meio físico e não as relações existentes dentro da própria população.

Considerando as causas que podem afetar a estrutura de tamanho das populações no tempo, como a variação das taxas de crescimento, as diferenças de idade, as variações genéticas, a heterogeneidade de recursos, a competição e os efeitos causados por herbívoros, parasitas ou patógenos descritas por Weiner & Solbrig (1984) os resultados com *Astronium graveolens* indicam que a principal causa que provocou diferenças temporais na estrutura foi a diferença de idade, com aumento do número de indivíduos recém germinados no ano de 2008 na área plana da FD.

O fator de segurança dos indivíduos da espécie diminui com a altura, mas aparentemente a diminuição foi bem menos acentuada a partir de dois metros de altura nas três áreas estudadas (Figura 3), indicando maior probabilidade de quebra para os indivíduos maiores. Resultados semelhantes foram encontrados por Alves *et al.* (2004) para *Euterpe edulis* Mart. numa Floresta Atlântica do sudeste do Brasil. Os maiores fatores de segurança dos indivíduos de *Astronium graveolens* foram próximos de 150 para as áreas planas (AP e AG) e próximos de 260 para a área de declive (AD).

A altura explica uma grande proporção da variação do diâmetro da população de *Astronium graveolens* nas três áreas (coeficiente de determinação entre 0.894 e 0.958). A inclinação da reta obtida através de análise de regressão linear entre diâmetro e altura para os indivíduos da espécie foi maior na AD (Tabela 2 e figura 4B) do que nas áreas planas (Figura 4A e 4C). Estes resultados indicam que os indivíduos na AD investem mais no crescimento em diâmetro. Para explicar a maior abundância de *A. graveolens* na AD, esta plasticidade morfológica é importante, visto que no declive ocorre maior mobilidade do substrato, que é favorecida tanto pelo relevo quanto pelas partículas do solo maiores observadas na análise granulométrica. Além disso, o investimento menor em altura, também está relacionado à menor competição por luz na AD, que apresenta menor cobertura do dossel.

A proporção de crescimento entre diâmetro e altura observada para *Astronium graveolens* na AD ( $d \propto h^{1,46}$ ) se aproxima ao modelo de similaridade elástica ( $d \propto h^{1,5}$ ), enquanto que nas áreas planas AP ( $d \propto h^{1,02}$ ) e AG ( $d \propto h^{0,94}$ ) se aproxima ao modelo de similaridade geométrica ( $d \propto h$ ). Assim, para AD um aumento de uma unidade na altura (1 m) corresponde a um aumento maior que uma unidade no diâmetro (1,46 cm). Para AP e AG essa proporção foi de aproximadamente 1:1.

Quando se avalia o padrão alométrico de árvores que sofrem pressões ambientais diferentes, como a declividade, espera se encontrar adaptações morfológicas que irão auxiliar estas espécies a obterem sucesso. Uma dessas adaptações é o aumento da base do caule, visando aumentar a sustentação e fixação no solo (Sposito & Santos, 2001). O tipo de relação alométrica entre altura e diâmetro de uma espécie indica a quantidade suporte que é requerida em sua condição ambiental, pois quanto maior o diâmetro, maior a resistência contra a pressão de quebra e tombamento (Claussen & Maycock, 1995). Os altos valores dos coeficientes de determinação apresentados por todas as relações alométricas analisadas, indicam baixa variabilidade na forma dos indivíduos dentro de cada área. Isto sugere que a heterogeneidade do

ambiente tanto no espaço horizontal como vertical em cada área, não é tão alta a ponto de esta espécie apresentar grandes variações na forma.

Tanto a estrutura de tamanho quanto a forma dos indivíduos se apresentaram com significativas diferenças quando comparados os grupos de indivíduos de *Astronium graveolens* que ocorreram nas áreas topograficamente distintas. Estas variações certamente estão relacionadas às diferenças microambientais que são conseqüências da diferente topografia. Por exemplo, na AD foi observado menor ICV, menor umidade do solo, maior massa e menor volume de serapilheira e maior pH do solo. Para a espécie estudada, na área com essas características houve maior investimento em diâmetro. Afinal, variações no tamanho e forma dos organismos refletem respostas relacionadas às condições ambientais, constituindo uma resposta ao estresse particular experimentado pelos indivíduos de uma determinada espécie (Sposito & Santos, 2001).

Os indivíduos de *Astronium graveolens* apresentaram autocorrelação espacial positiva para curtas distâncias nas três áreas estudadas, caracterizando assim, distribuição agregada. No entanto, houve maior semelhança na distribuição espacial entre as áreas planas (AP e AG), que apresentaram manchas de indivíduos da espécie estudada de até aproximadamente 8 metros em cada área (Figura 5A e C), com a AD, apresentando manchas de até aproximadamente 20 metros (Figura 5B). Estes resultados indicam que os microambientes favoráveis ao estabelecimento de *Astronium graveolens*, mais iluminados, com menor umidade e maiores partículas do solo e onde há maior quantidade de indivíduos apresentam maiores extensões na AD. Resultados semelhantes foram encontrados para *Calophyllum brasiliense* Camb., devido à topografia do terreno (Marques & Joly, 2000). Resende *et al.* (2003) estudando uma população de *Copaifera langsdorffii* Desf, também encontraram este padrão de distribuição, relacionado-o à disponibilidade de sítios favoráveis devido a flutuações no nível do lençol freático, erosão e sedimentação.

A possibilidade de mudança na forma dos indivíduos na AD, possivelmente contribua com o estabelecimento de maior número de indivíduos nessa área e com a estrutura de tamanho do tipo “J-reverso” e bem representada em todas as classes. Além disso, pode se relacionar também com as maiores manchas de agregação de indivíduos observadas quando comparadas com as áreas planas.

Segundo Gunatilleke *et al.* (1996), a variação topográfica é um importante fator edáfico, pois cria um mosaico de microambientes que exercem um importante efeito na maneira das diferentes espécies explorarem o ambiente. O que está de acordo com os resultados apresentados por *Astronium graveolens*, que apresentou uma correlação com a declividade positiva e altamente significativa ( $p < 0,001$ ) pelo teste parcial de Mantel.

Na análise de ACP apresentada na figura 6, as parcelas são representadas por círculos preenchidos AD e x AP no espaço formado pelos componentes fatoriais. A proximidade entre duas representações significa a semelhança dos valores das variáveis dessas parcelas. A correlação das

variâncias com os dois primeiros componentes da ACP foi de 72,64% (53,30% para o componente um e 19,34% para o componente dois), indicando que as variáveis analisadas explicam grande parte dos agrupamentos formados.

De acordo com o diagrama gerado pela ACP, foi observada, nitidamente, a formação de dois grupos: sendo o grupo um à esquerda e o grupo dois à direita do componente um. O grupo um foi constituído quase que exclusivamente pelas parcelas estabelecidas na AD e o grupo dois com aquelas estabelecidas na área plana, demonstrando que as parcelas da AD apresentaram maiores associações com a declividade, o pH do solo, e a massa de serapilheira, e uma não associação com o ICV e a umidade do solo. Isto indica que o sucesso dos indivíduos na AD tem relação com as variáveis associadas ao declive (menor ICV, maior massa de serapilheira, maior pH do solo e menor umidade do solo) tornando possível a formação de maiores manchas de indivíduos de *Astronium graveolens* nesta área.

Espírito Santo *et al.* (2002) obtiveram correlações significativas entre variáveis topográficas e edáficas e a distribuição da abundância das espécies vegetais. Souza *et al.* (2003) demonstraram que a heterogeneidade ambiental de um fragmento de Floresta Semidecidual às margens do rio Capivari no Estado de Minas Gerais é caracterizada principalmente pela topografia acidentada, estando o regime hídrico dos solos correlacionado com a distribuição das espécies. Carvalho *et al.* (2005a) encontraram um gradiente de distribuição de espécies arbóreas correlacionado com variações de substrato ao longo da encosta do morro em uma Floresta Ombrófila Alto Montana às margens do rio Grande também em Minas Gerais.

Observou-se uma diferença na granulometria do solo entre as áreas. A AP apresentou solo predominantemente argiloso, argila siltoso e franco argiloso siltoso e a AD o predomínio foi de solo franco argiloso e franco, ou seja, solo com partículas maiores (Figura 7).

A maior abundância de indivíduos de *Astronium graveolens* observada na AD quando comparada com a AP, e os resultados de estrutura espacial correlacionados com as variáveis bióticas e abióticas das duas áreas estudadas, indicam que esta diferença de abundância se deva às variações topográficas que resulta em características microambientais próprias em cada área. Sendo assim, na AD as características microambientais, como consequência da topografia, possibilitam maior disponibilidade de sítios favoráveis para o estabelecimento e desenvolvimento de maior número de indivíduos da espécie estudada.

Gabriel *et al.* (2007) estudando uma espécie também heliófita (*Cupania vernalis* Camb.) em áreas topograficamente distintas observaram que na área plana com densa cobertura do dossel, havia restrição no estabelecimento desta espécie. Entretanto, os mesmos autores relatam que segundo Lima Jr. *et al.* (2006) *C. vernalis* apresenta uma grande plasticidade em diferentes condições luminosas, adaptando a morfologia foliar para favorecer as taxas fotossintéticas. A proximidade da estabilidade da população de *Astronium graveolens* no platô e no declive indica que, apesar da diferença de abundância entre as áreas, esta espécie pode também apresentar plasticidades

morfológicas e/ou fisiológicas que favoreçam a exploração dos distintos ambientes, o que constitui uma hipótese importante a ser investigada.

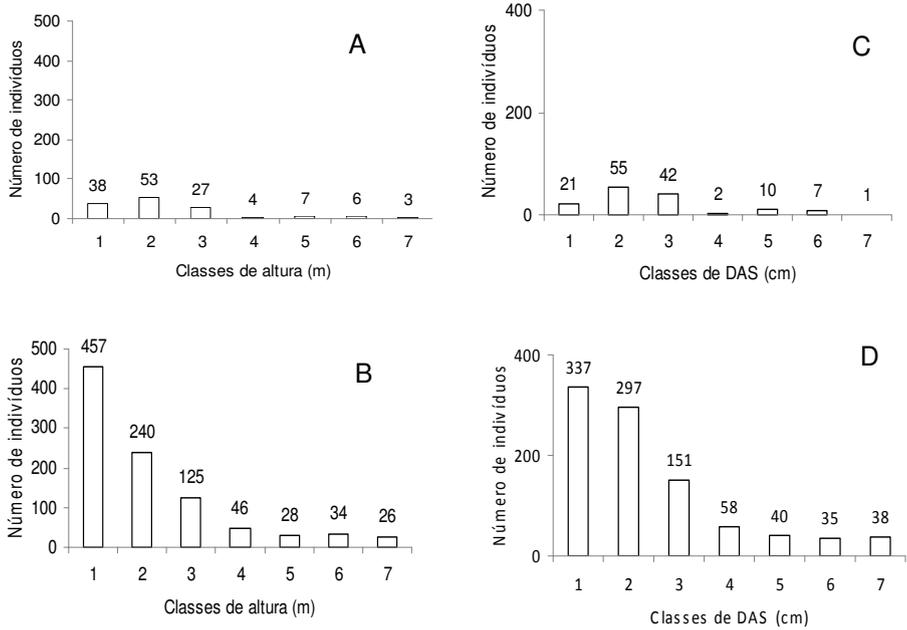
Não obstante a necessidade de mais investigações, os resultados obtidos com *Astronium graveolens*, neste estudo, indicam que o fragmento de Floresta Estacional Semidecidual da FD apresenta bom estado de conservação quando se compara com aqueles da floresta bem preservada do PEMG. Os resultados indicam também que *A. graveolens* apresenta características ecológicas importantes que possibilitam o sucesso de suas populações em áreas degradadas e topograficamente distintas nas regiões de sua ocorrência, ou seja, Floresta Ombrófila Densa e Floresta Estacional Semidecidual do Bioma Atlântico.

### Referências Bibliográficas

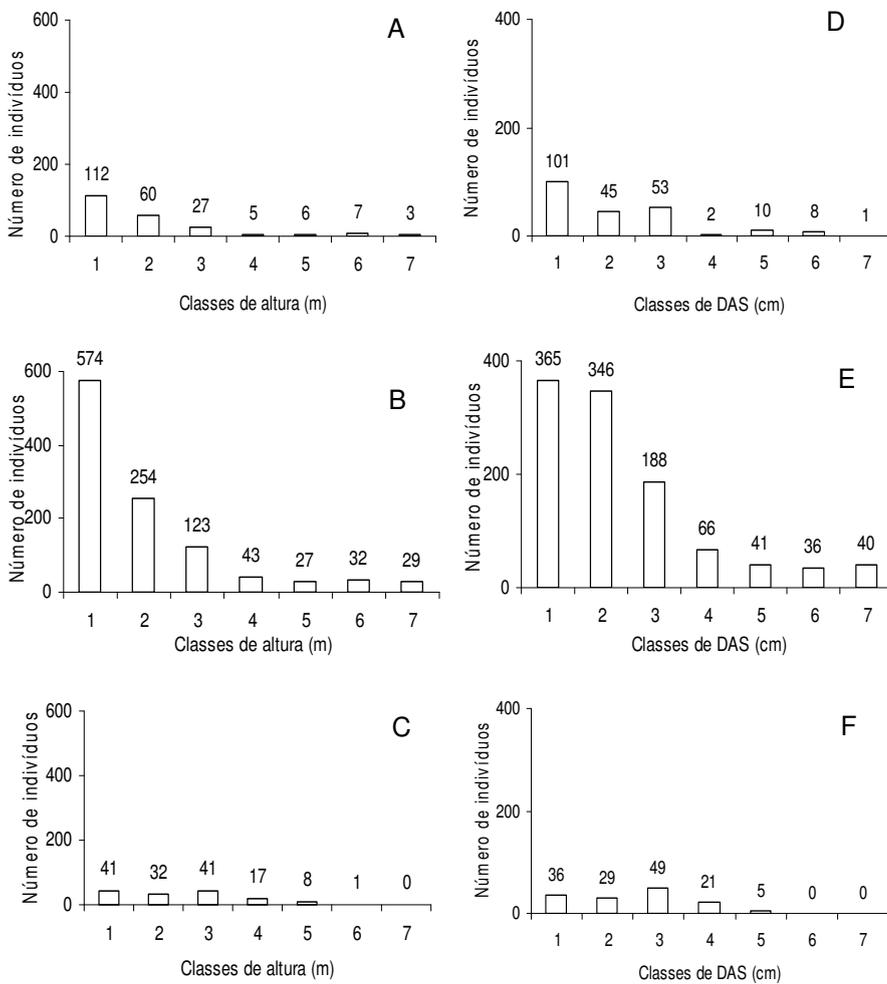
- ALMEIDA, A.S. & VIEIRA, I.C.G. 2001. Padrões florísticos e estruturais de uma cromosequência de florestas no município de São Francisco do Pará, Região Bragantina, Pará. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Botânica* 17:209-240.
- ALVES, L.F., MARTINS, F.R. & SANTOS, F.A.M. 2004. Allometry of a neotropical palm, *Euterpe edulis* Mart. *Acta Botanica Brasilica* 18: 369-374.
- BIANCHINI, E. 1998. *Estudo da dinâmica de população de Cryspolylum gonocarpum (Mart. Eichler) Engl. no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR.* Campinas: UNICAMP. (Tese de doutorado).
- BOTREL, R.T., OLIVEIRA FILHO, A.T., RODRIGUES, L.A. & CURI, N. 2002. Influência do solo e topografia sobre as variações da composição florística e estrutura da comunidade arbóreo arbustiva de uma Floresta Estacional Semidecidual em Ingaí, MG. *Revista Brasileira de Botânica* 25:1958-213.
- BOND, W.J., HONIG, M. & MAZE, K.E. 1999. Seed size and seedling emergence: an allometric relationship and some ecological implications. *Oecologia* 120:132-136.
- CARDOSO, E. & SCHIAVINI I. 2002. Relação entre distribuição de espécies arbóreas e topografia em um gradiente florestal na Estação Ecológica do Panga (Uberlândia, MG) *Revista Brasileira de Botânica* 25:277-289.
- CARVALHO, D.A., OLIVEIRA FILHO, A.T. de, VAN DEN BERG, E., FONTES, M.A.L. , VILELA, E. de A., MELO MARQUES, J.J.G. de S. & CARVALHO, W.A.C. 2005a. Variações florísticas e estruturais do componente arbóreo de uma Floresta Ombrófila Alto Montana às margens do rio Grande, Bocaina de Minas, MG, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 19:91-109.
- CARVALHO, D.A., OLIVEIRA FILHO, A.T., VILELA, E.A., CURI, N., VAN DEN BERG, E., FONTES, M.A.L. & BOTEZELLI, L. 2005b. Distribuição de espécies arbóreo arbustivas ao longo de um gradiente de solos e topografia em um trecho de floresta ripária do Rio São Francisco em Três Marias, MG, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 28:329-345.
- CISIA CERESTA. 1998. Programa: *SPAD for Windows* (software). Versão 3.5.
- CLARK, J.S., BECKAGE, B., CAMILL, P., CLEVELAND, B., HILLE RIS LAMBERS, J., LICHTER, J., MACLACHLAN, J., MOHAN, J. & WYCKOFF, P. 1999. Interpreting recruitment limitation in forests. *American Journal of Botany* 86:1-16.
- CLAUSSEN, J.W. & MAYCOCK, R. 1995. Stem allometry in a North Queensland tropical rainforest. *Biotropica* 27:421-426.
- DALE, M.R.T. 1999. *Spatial pattern analysis in plant Ecology*. Cambridge: Cambridge University Press, p. 1-6.
- DIAS, M.C., VIEIRA, A.O.S. & PAIVA, M.R.C. 2002. Florística e fitossociologia das espécies arbóreas das florestas da bacia do rio Tibagi. In: MEDRI, M.E.; BIANCHINI, E.; SHIBATTA, O.A. & PIMENTA, J.A. (Ed.). *A Bacia do Rio Tibagi*. Londrina: Edição dos autores, p.109-124.

- DINIZ FILHO, J.A.F., BINI, L.M. & HAWKINS, B.A. 2003. Spatial autocorrelation and red herrings in geographical ecology. *Global Ecology and Biogeography* 12:53-64.
- DURIGAN, G., RODRIGUES, R.R. & SCHIAVINI, I. 2000. A heterogeneidade ambiental definindo a metodologia de amostragem da floresta ciliar. In: RODRIGUES, R.R. & LEITÃO FILHO, H.F. (Ed.). *Matas ciliares: conservação e recuperação*. São Paulo: EDUSP, p.159-167.
- ESPIRITO SANTO, F.D.B., OLIVEIRA FILHO, A.T. & MACHADO, E.L.M. 2002. Variáveis ambientais e a distribuição de espécies arbóreas em um remanescente de Floresta Estacional Semidecídua Montana no campus da Universidade Federal de Lavras, MG. *Acta Botanica Brasílica* 16:331-356.
- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. 2008. Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica, Período 2005-2008 - Relatório parcial. Disponível em: <http://www.sosmatatlantica.org.br/>. Acesso em: 01 julh. 2009.
- GABRIEL, C., AZAMBUJA, B.O., GIEHL, E.L.H. & EISINGER, S.M. 2007. Estrutura populacional de *Cupania vernalis* Camb. em uma Floresta Estacional no Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Biociências* 5:624-626.
- GRAU, H.R. 2000. Regeneration patterns of *Cedrella lilloi* (Meliaceae) in northwestern Argentina subtropical montane forests. *Journal Tropical Ecology* 16:227-242.
- GUNATILLEKE, C.V.S, PERERA, G.D., ASHTON, P.M.S, ASHTON P.S. & GUNATILLEKE, I.A.U.N. 1996. Seedling growth of *Shorea* section *Doona* (Dipterocarpaceae) in soils from topographically different sites of Sinharaja rain forest in Sri Lanka. In: SWAINE M.D. (ed.). *The ecology of tropical rain forest tree seedlings*. UNESCO, Paris. p.245-263.
- HUITEMA, B.E. 1980. *The analysis of covariance and alternatives.*, New York\): John Wiley.
- LEGENDRE, P. & FORTIN, M.J. 1989. Spatial pattern and ecological analysis. *Vegetation* 80: 107-138.
- LIMA JR, E.C., ALVARENGA, A.A., CASTRO, E.M., VIEIRA, C.V. & DELFINO BARBOSA, J.P.R.A. 2006. Aspectos fisioanatômicos de plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento. *Revista Árvore* 30:33-41.
- LORENZI, H. 1998. *Árvores brasileiras. Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. Vol. I. 2ª ed. Nova Odessa, SP: Editora Plantarum.
- MARCOS, C.S, & SILVA MATOS, D.M. 2003. Estrutura de populações de Palmeiteiro (*Euterpe edulis* Mart.) em áreas com diferentes graus de impactação na Floresta da Tijuca, RJ. *Floresta e Ambiente* 10:27-37.
- MARQUES, M.C.M. & JOLY, C.A. 2000. Estrutura e dinâmica de uma população de *Calophyllum brasiliense* Camb. em floresta higrófila do sudeste do Brasil. *Revista brasileira de Botânica* 23:107-112.
- MCCMAHON, T. 1973. Size and shape in biology. *Science* 179:1201-1204.
- 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 the Linnean Society* 111:55-70.
- MOREIRA, L.N., MORENO, M.R. & REDLING, J.S.H. 2007. Estrutura populacional de *Senefeldera multiflora* em um trecho de borda na Mata Atlântica Estacional Semidecidual da Floresta Nacional de Pacotuba, Cachoeira do Itapemirim, ES. *Revista Brasileira de Biociências* 5:669-671.
- ODEN, N.L. 1984. Assessing the significance of a spatial correlogram. *Geographic Analysis* 16:1-16.
- OLMSTED, I. & ALVAREZ BUYLLA, E. 1995. Sustainable harvesting of tropical trees: demography and matrix models of two palm species in Mexico. *Ecological Application* 5:484- 500.
- RAMIREZ, N. & ARROYO, M.K. 1990. Estructura poblacional de *Copaifera pubiflora* Benth. (Leguminosae, Caesalpinioideae) en los Altos Llanos Centrales de Venezuela. *Biotropica* 22:124-132.
- RESENDE, J.C.F., KLINK, C.A. & SCHIAVINI, I. 2003. Spatial heterogeneity and its influence on *Copaifera langsdorffii* Desf. (Casalpinaceae). *Brazilian Archives of Biology and Technology* 6:405-414.

- ROCHA, C.T.V., CARVALHO, D.A., FONTES, M.A.L., OLIVEIRA FILHO, A.T., VAN DEN BERG, E. & MARQUES, J.J.G.S.M. 2005. Comunidade arbórea de um continuum entre floresta paludosa e de encosta em Coqueiral, Minas Gerais, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 28:203-218.
- RODRIGUES BURITICA, S., ORJUELA, M.A. & GALEANO, G. 2005. Demography and life history of *Geonoma orbignyana*: an understory palm used as foliage in Colombia. *Forest Ecology and Management* 211:329-340.
- ROSENBERG, M.S. 2001. *PASSAGE - Pattern analysis, spatial statistics, and geographic exegesis*. Department of Biology, Arizona State University, Tempe, AZ.
- ROSSI, J.P. & QUÉNÉHERVÉ, P. 1998. Relating species density to environmental variables in presence of spatial autocorrelation: a study case on soil nematodes distribution. *Ecography* 21:117-123.
- SANTOS, F.A.M, PEDRONI, F., ALVES, L. & SANCHEZ, M. 1998. Structure and dynamics of tree species of the Atlantic Forest. *Anais da Academia Brasileira de Ciência* 70:873-80.
- SIEGEL, S. 1975. *Estatística não paramétrica para ciência do comportamento*. Rio de Janeiro: McGraw-Hill.
- SMOUSE, P.E., LONG J.C. & SOKAL, R.R. 1986. Multiple regression and correlation extensions of the Mantel test of matrix correspondence. *Systematic Zoology* 35: 627-632.
- SNEDOCOR, G.W. & COCHRAN, W.G. 1967. *Statistical methods*. 6 ed. Ames: Iowa State University Press.
- SOLBRIG, O.T. 1981. Studies on the population biology of the genus *Viola*. II. The effect of plant size on fitness in *Viola sororia*. *Evolution* 35:1080-1093.
- SOUZA, J.S., BON ESPÍRITO SANTO, F.D., LEITE FONTES, M.A., OLIVEIRA FILHO, A.T. de &, BOTEZELLI, L. 2003. Análise das variações florísticas e estruturais da comunidade arbórea de um fragmento de Floresta Semidecídua às margens do rio Capivari, Lavras, MG. *Revista Árvore* 27:185-206.
- SPOSITO, T.C. & SANTOS, F.A.M. 2001. Sacing of stem and crown in eight *Cecropia* (Cecropiaceae) species of Brazil. *American Journal of Botany* 88:939-949.
- WADT, L.H.O., KAINER, K.A., & GOMES SILVA, D.A.P. 2005. Population structure and nut yield of a *Bertholletia excelsa* stand in Southwestern Amazonia. *Forest Ecology and Management* 211:371-384.
- WEBB, L.J., TRACEY, J.G. & WILLIAMS, W.T. 1972. Regeneration and pattern in the subtropical rain forest. *Journal of Ecology* 60:675-695.
- WEINER, J. & SOLBRIG, T. 1984. The meaning and measurement of size hierarchies in plant populations. *Oecology* 61:334-336.
- WEST, C.J. 1995. Sustainability of *Beilschmiedia tawa*-dominated Forest in New Zealand: population predictions based on transition matrix model analysis. *Australian Journal of Botany* 43:51-71.
- ZAR, J.H. 1999. *Biostatistical analysis*. 4th ed. New Jersey: Prentice-Hall International Inc.
- ZAGT, R.J. & WERGER, M.J.A. 1997. Spatial components of dispersal and survival of two codominant tree species in the tropical rain forest of Guyana. *Tropical Ecology* 38:343-355.



**Figura 1:** Distribuição em classes de altura (A e B) e diâmetro (C e D) da população de *Astronium graveolens* na área plana (A e C) e de declive (B e D) do fragmento florestal da Fazenda Doralice, Ibiporã, PR, Brasil, para o ano de 2007. Classes de altura e DAS (diâmetro a altura do solo) 1: >0 a 0,25; 2: >0,25 a 0,5; 3: >0,5 a 1; 4: >1 a 2; 5: >2 a 4; 6: >4 a 8; 7: >8.



**Figura 2:** Distribuição em classes de altura (A-C) e diâmetro (D-F) da população de *Astronium graveolens* na área plana (A e D) e de declive (B e E) do fragmento florestal da Fazenda Doralice, Ibiporã, PR, Brasil e na área plana (C e F) do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil para o ano de 2008. Classes de altura e DAS (diâmetro a altura do solo) 1: >0 a 0,25; 2: >0,25 a 0,5; 3: >0,5 a 1; 4: >1 a 2; 5: >2 a 4; 6: >4 a 8; 7: >8 .

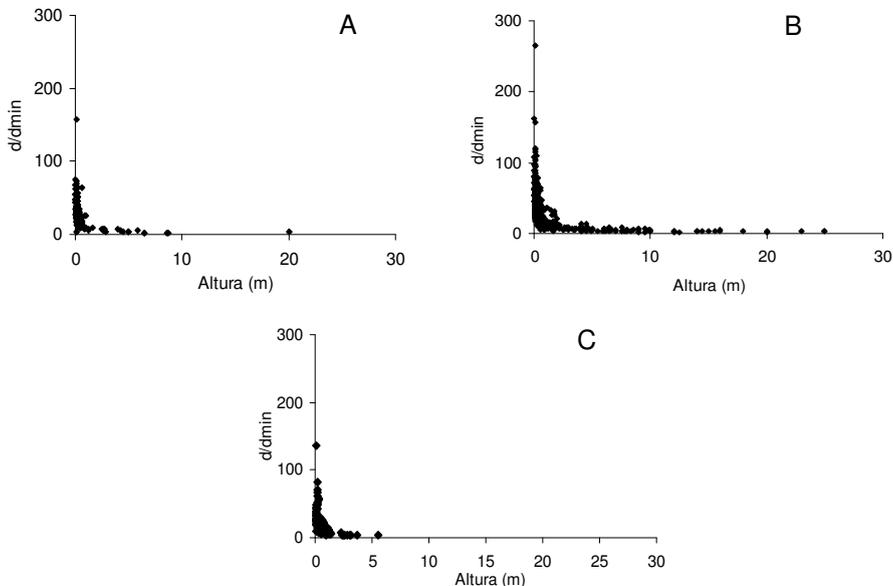
**Tabela 1:** Comparações das estruturas de tamanho da população de *Astronium graveolens* em diferentes áreas e datas de amostragem, pelo teste de Kolmogorov Smirnov (D). AP - área plana e AD - área de declive do fragmento florestal da Fazenda Doralice, Ibiporã, PR, Brasil e AG - área plana do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil.

	Altura		Diâmetro	
	D	P	D	P
AP 2007 x AD 2007	0,203	<0,001	0,200	<0,001
AP 2008 x AD 2008	0,026	>0,10	0,122	<0,01
AP 2007 x AP 2008	0,234	<0,001	0,307	<0,001
AD 2007 x AD 2008	0,052	>0,10	0,015	>0,10
AP 2008 x AG 2008	0,216	<0,001	0,202	<0,005
AD 2008 x AG 2008	0,244	<0,001	0,193	<0,001

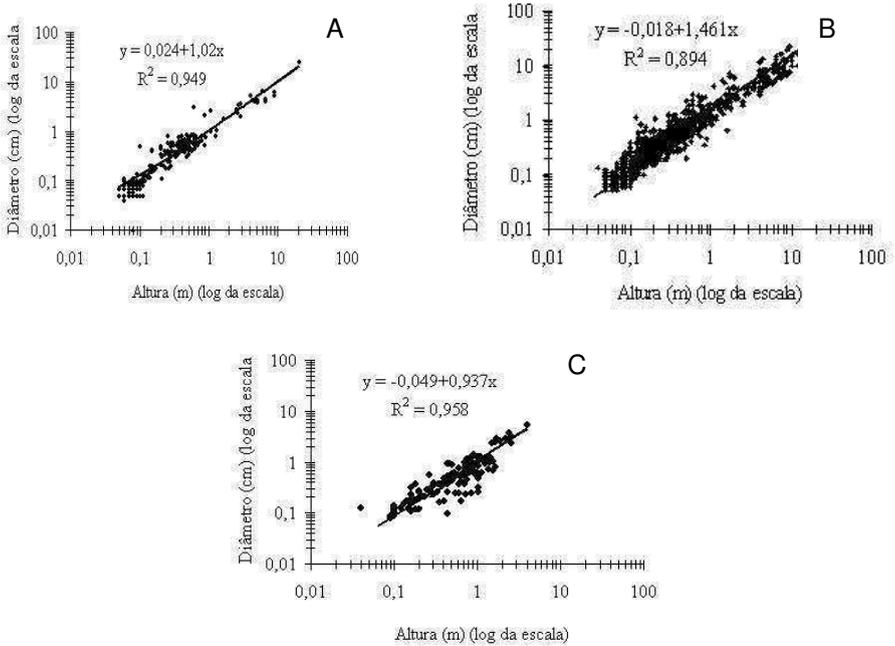
**Tabela 2:** Estimativa dos parâmetros das regressões lineares para o diâmetro (cm) (D) e a altura (m) (H) ( $\log D = a + b \log H$ ) de *Astronium graveolens* para área plana (AP) e área de declive (AD) do fragmento florestal da Fazenda Doralice e para a área plana do Parque Estadual Mata dos Godoy, PR, Brasil. Letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente entre si (ANCOVA e Teste de Scheffé,  $p < 0,05$ ).

Áreas	a #	b	R <sup>2</sup>	N	B comum	Estimativa de a
AP	0,024	1,020b	0,949***	220		
AD	-0,018	1,461a	0,894***	1.082	1,373	-0,020
AG	-0,049	0,937b	0,958***	140		

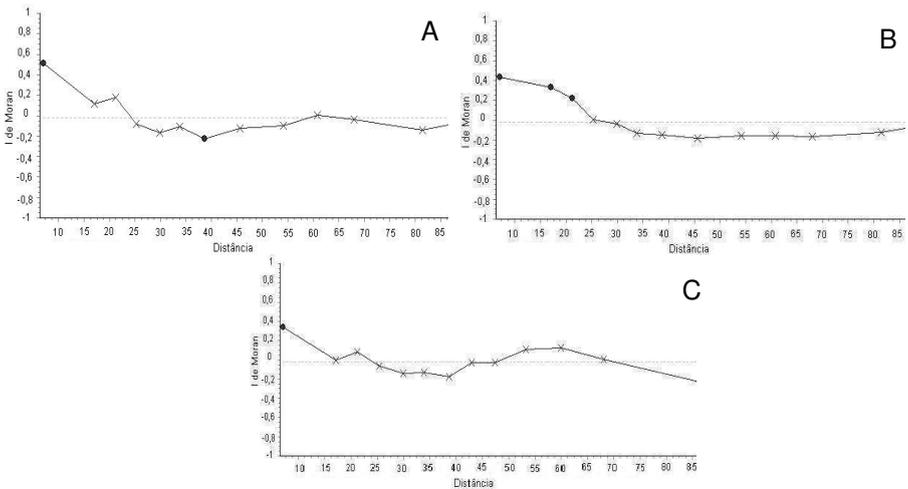
# a = intercepto em y, b = inclinação da reta, R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação, N = número de casos, ANOVA \*\*\* $p < 0,001$



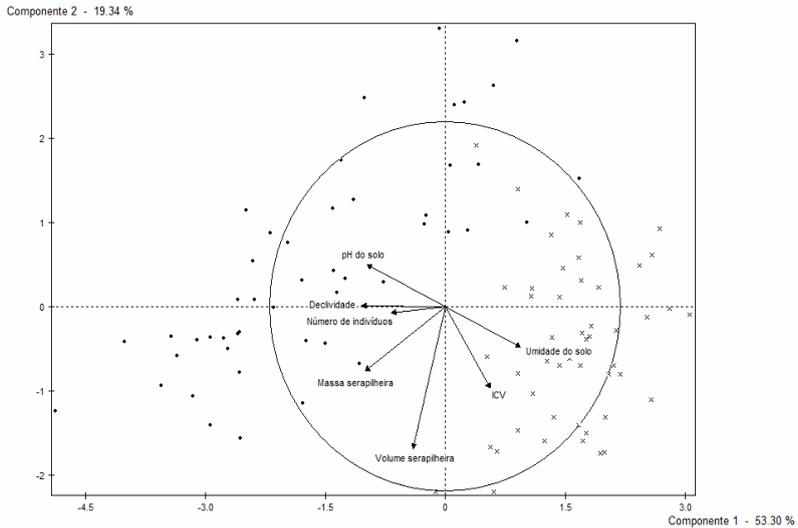
**Figura 3:** Fator de segurança do diâmetro do caule de *Astronium graveolens* de três áreas: área plana (A) e área de declive (B) do fragmento florestal da Fazenda Doralice, Ibiporã, PR, Brasil. Área plana (C) do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil.



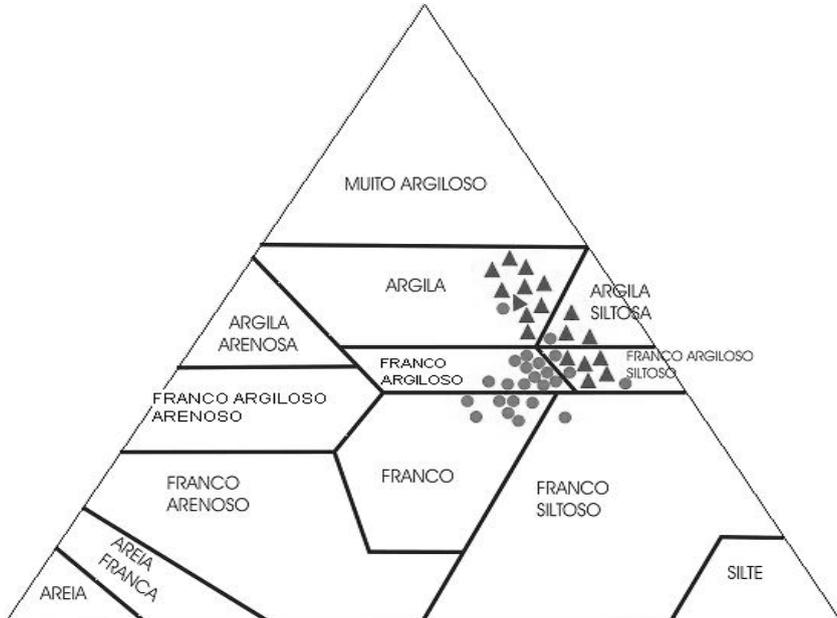
**Figura 4:** Regressão entre o diâmetro (cm) (D) e altura (m) (H) de *Astronium graveolens* de três áreas. Área plana (A) e B) área de declive (B) do fragmento florestal da Fazenda Doralice, Ibiporã, PR, Brasil. Área plana (C) do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil.



**Figura 5:** Correlograma espacial de distribuição dos indivíduos de *Astronium graveolens*, para 13 classes de distância na área plana (A) e na área de declive (B) do fragmento florestal da Fazenda Doralice, Ibiporã, PR, Brasil e na área plana (C) do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil. Os pontos assinalados com x indicam valores não significativos e os pontos cheios indicam valor significativo do I ao nível de significância considerado (5%).



**Figura 6:** Análise de componentes principais representando as parcelas e as variáveis no primeiro plano fatorial. Área plana (x), Área de declive (círculos preenchidos) do fragmento florestal da Fazenda Doralice, Ibiporã, PR, Brasil.



**Figura 7:** Triângulo de texturas com análise granulométrica do solo do fragmento florestal da Fazenda Doralice, Ibiporã, PR, Brasil. Área plana (triângulos) e área de declive (círculos).