

# 14

## **PADRÕES DE AUTO-REGENERAÇÃO DE ESPÉCIES ARBÓREAS DOMINANTES EM ÁREAS DE SAVANA ABERTA EM RORAIMA**

Moisés MOURÃO Jr.<sup>1</sup>

Alessandra CORLETA<sup>2</sup>

Reinaldo Imbrozio BARBOSA<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> Embrapa Amazônia Oriental.

<sup>2</sup> Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais (PRONAT), Universidade Federal de Roraima.

<sup>3</sup> Instituto Nacional de Pesquisas de Amazônia, Núcleo de Pesquisas de Roraima.

## SELF-REGENERATION PATTERNS OF DOMINANT TREE SPECIES IN A OPEN SAVANNA AREA IN RORAIMA

### ABSTRACT

With spatially explicit evaluations of regeneration under crown influence areas in *Byrsonima coccolobifolia*, *B. crassifolia*, *Curatella americana* and *Roupala montana* was defined that these species shows different self-regeneration intensities. The sympatric species of *Byrsonima* genus shows greater self-regeneration density as representativity, when compared with the other species. Different spatial orientations indicate specific niches to the species under crown influence zones, but it's not specific in the matrix tree level. Evaluating the crown influence zones, the direct and indirect, show more intensity of self-regeneration, corroborating the baricorical dispersal influence. With the tree growth was observed a regeneration promotion to different species. The nucleation process was confirmed in the evaluated species.

### INTRODUÇÃO

A resiliência de um sistema ecológico é definida como a capacidade deste responder a ações e perturbações, retornando ao seu equilíbrio (Begon *et al.*, 1990). Nas áreas de savana, diversos fatores contribuem como agentes perturbadores ou mesmo marcadores do ambiente, como por exemplo, fogo acidental e/ou intencional, alterações na forma de uso da terra, presença de recurso hídrico, condições climáticas e condições do solo (Barbosa, 2001), entre outros emergentes, como presença de facilitadores, como micorrizas ou de organismos limitadores, como herbívoros (Holle *et al.*, 2000).

Em Roraima, as formações de savanas situadas em toda a porção norte-nordeste do Estado, ao longo de toda a Formação Boa Vista e parte do Grupo Roraima, apresentam quatro divisões: savana arbórea densa, savana arbórea aberta, savana parque e savana gramínea (Miranda *et al.*, 2003), além de outras fitocenoses distintas, tais como: ilhas de mata; matas de galeria, associadas a igarapés; e veredas de bunitizais. O conjunto destas fitocenoses forma um grande mosaico de unidades vegetais das savanas de Roraima (Barbosa & Miranda, 2005; Barbosa *et al.*, 2007).

Além destas características de vegetação, a região apresenta solos com baixa fertilidade natural sob Poaceae (notadamente *Trachypogon* sp. e *Andropogon* sp.), possuindo características distintas dos solos do cerrado do Brasil Central. Entretanto mais próximas aos solos das savanas do Amapá, além de uma estreita relação com

seu equivalente ecológico situado do lado venezuelano, logo após os contra-fortes da Gran Sabana, sentido sul-norte. As características químicas são ditadas pela natureza geológica do substrato e das condições climáticas (Vale Jr & Sousa, 2005). O regime de precipitação pluvial na região (tomando-se como base a série histórica do Campo Experimental Monte Cristo, da Embrapa Roraima) caracteriza-se pela concentração de chuvas (57% da precipitação total) nos meses de maio, junho e julho, representando o período de maior precipitação pluvial. O período de menor precipitação pluvial é longo, com seis meses, ocorrendo entre os meses de outubro-março, com uma representatividade de 16% da precipitação total. Um período intermediário é representado nos meses de abril, agosto e setembro, com 29% da precipitação total. Sendo que a precipitação total anual oscila num intervalo de confiança de 1.460 a 2.100mm.ano<sup>-1</sup>, com um valor médio 1.690 mm.ano<sup>-1</sup> (Mourão Jr. *et al.*, 2003).

A estrutura sucessional em uma fitocenose tem como base a contribuição do banco de sementes e dos agentes dispersores, bem como de condições para estabelecimento das plântulas. Um dos processos inferidos para as fitocenoses nas áreas de savana é o de nucleação (Yarranton & Morrison, 1974), o qual pode ser decomposto nos agentes: matriz, mancha e conectividade.

Este processo apresenta como vantagem o estabelecimento de condições microclimáticas e nutricionais mais propícias do que as antes observadas (Kuiper), as quais propiciam o estabelecimento de plântulas da mesma ou de diferentes espécies. Entretanto outros fatores podem atuar de maneira negativa, como as limitações de dispersores de sementes, competição com gramíneas, fogo, seca prolongada e pobreza nutricional (Uhl *et al.*, 1998; Vieira *et al.*, 1994; Miriti, 1998; Nepstad *et al.*, 1998; Hooper *et al.*, 2005).

Sob a condição de nucleação, os efeitos benéficos das árvores nucleadoras geram interação positiva que facilitam o estabelecimento de plântulas de sua e/ou de outras espécies. Os efeitos positivos desta interação podem facilitar o recrutamento, o crescimento e a associação espacial das espécies beneficiando a formação de ilhas de biodiversidade (Franco & Nobel, 1989; Tewksbury & Lloyd, 2001; Gomes-Aparício *et al.*, 2004).

No entanto, os efeitos benéficos das plantas nucleadoras podem ser gerados por diferentes fatores e por suas combinações. A magnitude e o nível de efeitos facilitadores diferem, e esta variação pode ser devido às características dos grupos funcionais e a forma da copa, que podem favorecer o desempenho da plântula por reduzir a radiação em relação às áreas abertas e aumentar a umidade do solo. Esta modificação do microclima sob a copa das plantas nucleadoras é um mecanismo de facilitação de estabelecimento de plântulas (Rey-Benayas, 1998; Rey-Benayas *et al.*, 2002).

Cenários de estresse, como a presença de ambientes modificados por pioneiras, podem melhorar e/ou aumentar a diversidade de espécies e revelar uma estrutura de refúgio para uma ampla gama de espécies. Além disso, podem incrementar a

distribuição local e regional das plantas permitindo que árvores colonizem amplas condições ecológicas, pois as plantas-berçário facilitam algumas espécies mais que outras (Hacker & Gaines, 1997; Stachiwicz, 2001). Deste modo, as plantas nucleadoras promovem variações positivas sob a área de influência de sua copa. O solo sob a copa de árvores frequentemente tem maior concentração de matéria orgânica, aumentando a capacidade de armazenamento de água no solo e a penetração de raízes (Vetaas, 1992); além de proporcionar maior macro-porosidade (Joffre & Rambal, 1993) e menor compactação do solo (Verdú & García-Fayos, 1996). As plantas nucleadoras (ou berçário) geram, portanto, micro-ambientes que favorecem o recrutamento e estabelecimento de plântulas.

Este capítulo tem como objetivo discutir e definir padrões da densidade de indivíduos sob as zonas de influência da copa, sua orientação espacial a as possíveis dependências destes ao tamanho das árvores avaliadas, buscando desta forma entender o processo de auto-regeneração na fitofisionomia de savanas abertas em Roraima, sob a conjectura de ocorrência de processos de nucleação em espécies arbóreas-chaves nestes ambientes.

## O MÉTODO

As avaliações foram conduzidas no Campus Experimental do Cauamé região do Monte Cristo, situado no Centro de Ciências Agrônômicas (CCA) da Universidade Federal de Roraima (UFRR) às margens do rio Cauamé, distante 15 km ao norte de Boa Vista. Foram avaliadas seis árvores "isoladas" de *Curatella americana* L. - caimbé (Dilleniaceae); *Byrsonima coccolobifolia* Kunth. - mirixi-caju (Malpighiaceae), *Byrsonima crassifolia* (L.) H.B.K. - mirixi (Malpighiaceae) e *Roupala montana* Aubl. - congonha (Proteaceae) (Melo & Barbosa, 2007).

A definição de árvore "isolada" adotada neste trabalho foi a de um indivíduo adulto reprodutivo, distando, pelo menos, 4m de ambos os lados deste eixo central de um outro indivíduo adulto, da mesma ou de outra espécie e que se encontrasse acima do limiar de diâmetro do caule definido, que no caso era de 5 cm. Com relação a árvore "isolada", eram tomadas as medidas de diâmetro médio da copa (média entre o maior e o menor diâmetro), diâmetro da base (situado à 2 cm de altura do solo) e à 30 cm do solo, altura total e informações quanto a orientação principal do vento. O inventário consistia da identificação, espacialização, biometria e estádio ontogenético de todos os indivíduos não-herbáceos sob a influência da copa da árvore "isolada". Para isso foi definido um limiar equivalente a 1,5 vezes o diâmetro médio da copa. A identificação foi obtida até o nível específico. Como medidas dendrométricas foram tomadas: altura, diâmetro da copa e diâmetro da base de cada indivíduo observado. Os estádios ontogenéticos assinalados foram:

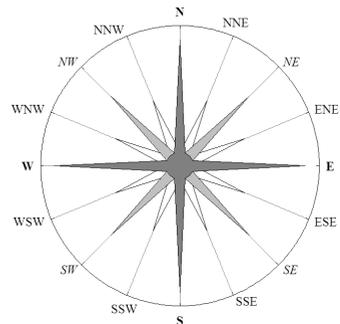
plântula, rebroto e indivíduo “estabelecido” (jovem).

A partir da matriz de dados espaciais foram aplicadas várias técnicas analíticas: 1) índices de agregação espacial, baseados em variância: média: [ID] – índice de dispersão, *index of dispersion*; [ICS] – índice de acumulação ou agregação, *index of cluster size*; [IG] – índice de Green, *Green's index*; [ICF] – índice de frequência de agregação, *index of cluster frequency*; [IMC] – índice de médias aglomeradas, *index of mean crowding*; [IP] – índice de reticulação, *index of patchness*; [Im] – índice de Morisita, *Morisita's index* (Ludwig & Reynolds, 1988; Krebs, 1989); e, 2) Análise direcional ou circular, tomando-se os valores do ângulo (Tabela 1) descrito a partir do centro até a realização do evento, que no caso era tomado como a ocorrência de auto-regeneração, e a distância do vizinho mais próximo (*nearest neighbour*). Os valores de direção foram verificados por meio de diagramas polares de frequência, as estimativas das medidas de tendência central e de variabilidade foram obtidas segundo Zar (1998).

As análises para obtenção dos índices de agregação foram conduzidas com auxílio do programa PASSAGE (Rosenberg, 2003) e as análises direcionais ou circulares foram conduzidas com auxílio do PAST (Hammer *et al.*, 2006).

Tabela 1 -Valores angulares e limites destes das direções de ocorrência da auto-regeneração e representação esquemática das direções.

Direção	Ângulo ( $\theta$ ) ( $^{\circ}$ )	Limite	Limite
		inferior ( $^{\circ}$ )	superior ( $^{\circ}$ )
N	0,0/360,0	348,75	11,25
NNE	22,5	11,25	33,75
NE	45,0	33,75	56,25
ENE	67,5	56,25	78,75
E	90,0	78,75	101,25
ESE	112,5	101,25	123,75
SE	135,0	123,75	146,25
SSE	157,5	146,25	168,75
S	180,0	168,75	191,25
SSW	202,5	191,25	213,75
SW	225,0	213,75	236,25
WSW	247,5	236,25	258,75
W	270,0	258,75	281,25
WNW	292,5	281,25	303,75
NW	315,0	303,75	326,25
NNW	337,5	326,25	348,75



O agrupamento espacial foi obtido a partir da matriz de dados espaciais à qual foi aplicada a técnica de envoltório alfa, que consiste em uma generalização do envoltório convexo (*convex hull*), tendo como base a triangulação de Delaunay (Corleta *et al.*, 2007). A aplicação do algoritmo  $\alpha$ -*hull* foi efetuada com o auxílio do software

de geometria convexa QHULL 2.2 (Barber *et al.*, 1996).

## RESULTADOS

### *Byrsonima coccolobifolia*

Possui floração concentrada quase que totalmente entre fevereiro e março, e frutificação entre março-abril. Seus frutos globosos e amarelos quando maduros, possui polpa também amarela com grande quantidade de carboidratos, facilitando a dispersão por zoocoria. Todas as árvores de *Byrsonima coccolobifolia* avaliadas apresentaram auto-regeneração, entretanto com densidades diferentes (Figura 1). As densidades totais de regeneração apresentaram, tomando-se a área de influência da copa, cerca de 4,00 ind.m<sup>-2</sup> (amplitude: 2,19-6,43 ind.m<sup>-2</sup>). Enquanto que no caso da auto-regeneração esta densidade foi menor (média: 1,85 ind.m<sup>-2</sup>, amplitude: 0,78-3,57 ind.m<sup>-2</sup>) quando comparadas a outras fontes de regeneração (média: 2,15 ind.m<sup>-2</sup>, amplitude: 0,68-5,22 ind.m<sup>-2</sup>).

Estes valores de densidade, tanto de auto-regeneração, quanto de outras fontes de regeneração apresentaram-se distribuídos entre todas as zonas de influência da copa desta espécie (Figura 1).

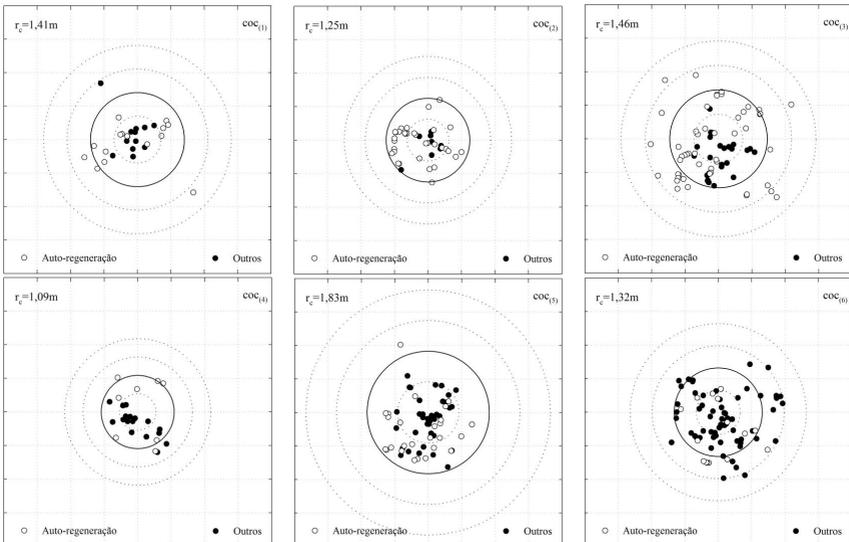


Figura 1 - Distribuição das observações em função das fontes de regeneração, sob as zonas de influência da copa, nas árvores de *Byrsonima coccolobifolia* avaliadas.

Avaliando-se as frações das fontes de regeneração, tem-se um grupo de árvores (I, II e III) com predomínio de auto-regeneração (55-80%), enquanto que outro (IV, V e VI) apresentou predomínio de outras fontes de regeneração (61-81%) (Figura 2a).

No caso da auto-regeneração o estágio predominante foi "rebrotos" (média: 56%; amplitude: 31-100%), seguido de "plântulas" (média: 43%; amplitude: 0-69%), a presença de "estabelecidos" apresentou uma expressão muito baixa (média: 1%; amplitude: 0-4%) (Figura 2b).

Tomando-se outras fontes de regeneração, o estágio "rebrotos" (média: 49%, amplitude: 30-77%) continuou a ser o mais frequente, seguido, também, de "plântulas" (média: 39%, amplitude: 20-56%). Entretanto, ressalta-se que o estágio "estabelecidos" apresentou valores bem mais elevados (média: 12%, amplitude: 0-35%) aos observados na auto-regeneração (Figura 2b).

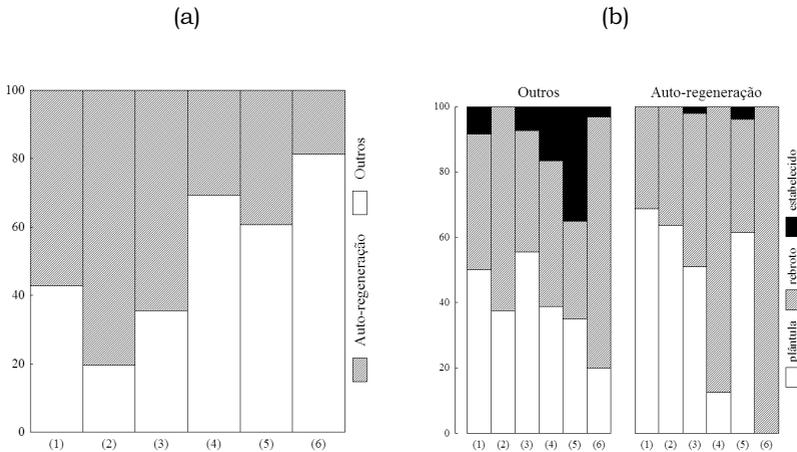


Figura 2 - Frequência relativa de (a) fontes de regeneração e (b) estádios de desenvolvimento nas fontes de regeneração, nas árvores de *Byrsonima coccolobifolia* avaliadas.

Um arranjo entre as árvores, em função das frequências relativas dos estádios dentro de cada uma das fontes de regeneração, indica os seguintes agrupamentos:  $G_1$  - representado pelas árvores IV e VI tendo número de "rebrotos" elevado em ambas as fontes de regeneração, "plântulas" com fração intermediária em outras fontes de regeneração e presença de "estabelecidos" em outras fontes de regeneração;  $G_2$  - representado pelas árvores I e III, tendo "rebrotos" e "plântulas" frequência elevada ou intermediária em ambas as fontes de regeneração, e presença de "estabelecidos" somente em outras fontes de regeneração;  $G_3$  - representado pela árvore II tendo "rebrotos" e "plântulas" frequência elevada ou intermediária em ambas as fontes de

regeneração e ausência de “estabelecidos” em qualquer uma das fontes de regeneração;  $G_4$  - representado pela árvore V tendo “rebrotos” e “plântulas” com frequência elevada ou intermediária em ambas as fontes de regeneração e, presença de “estabelecidos” também em ambas as fontes de regeneração (Figura 2b).

Somente a densidade total de indivíduos foi influenciada significativamente pelos parâmetros dendrométricos, sendo altura total ( $r_s=0,96$ ;  $p<0,01$ ), diâmetro da base ( $r_s=0,83$ ;  $p<0,05$ ) e a 30cm ( $r_s=0,79$ ;  $p<0,05$ ). As frações de fontes de regeneração foram independentes do tamanho das plantas, pelo menos nestas coortes avaliadas.

Um padrão global de disposição da auto-regeneração indicaria uma orientação sul-sudoeste [SSW] (média e erro padrão:  $q=199,53\pm 8,47^\circ$ ). Entretanto, esta foi bastante variável apresentando um coeficiente de variação global de 52% (Figura 3). As árvores, I, II e IV apresentaram orientação sul [S] (média e erro padrão:  $q=174,40\pm 32,40-178,25\pm 42,4^\circ$ ), enquanto que a árvore V apresentou orientação sudoeste [SW] (média e erro padrão:  $q=233,10\pm 18,70^\circ$ ), já as árvores III e VI apresentaram direção sul-sudoeste [SSW] (média e erro padrão:  $q=205,30\pm 29,80-207,16\pm 13,80^\circ$ ) (Figura 3).

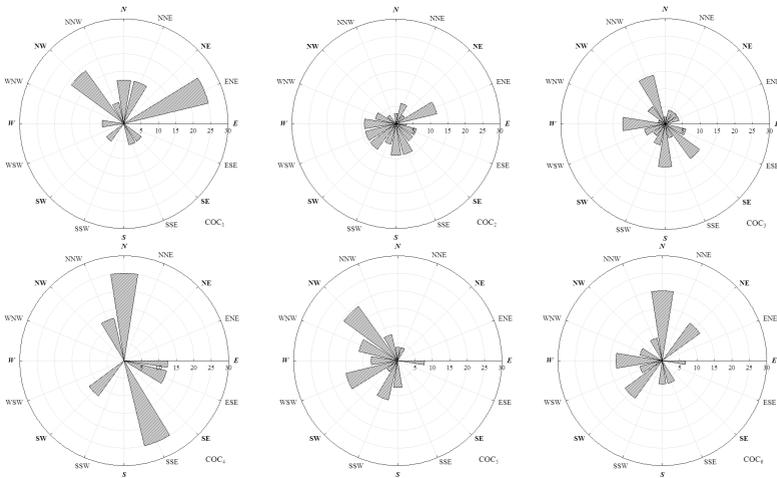


Figura 3 - Frequência relativa da direção da disposição da fonte de auto-regeneração, nas árvores de *Byrsonima coccolobifolia* avaliadas.

Todos os agrupamentos espaciais de auto-regeneração situaram-se, com maior intensidade, até a zona de influência direta da copa, entretanto em função das densidades diferentes, a representatividade da área ocupada pela auto-regeneração (A) também variou num espectro de 14-43% (Figura 4). A distância média

entre os segmentos da triangulação (I) teve amplitude de 0,54-0,92m, representada por um valor médio e erro padrão de  $0,65 \pm 0,06m$ . O número de polígonos constituintes do agrupamento espacial (f), também oscilou bastante, tendo uma amplitude de 5 a 30 polígonos constituintes de agrupamentos, centrados em  $14 \pm 4$  polígonos (Figura 4).

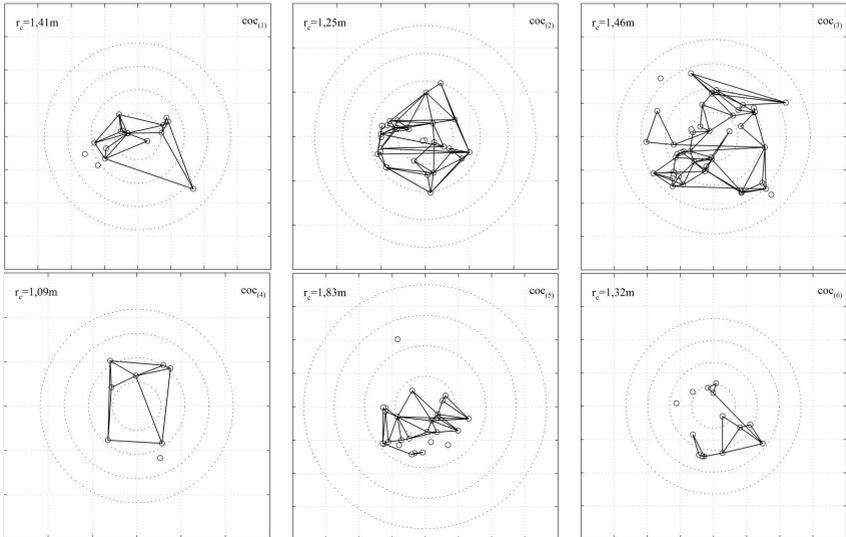


Figura 4 - Agrupamento espaciais de auto-regeneração, evidenciados por meio do envoltório-alfa ( $\alpha$ -hull), nas árvores de *Byrsonima coccolobifolia* avaliadas.

As árvores I ( $\lambda=0,68m$ ;  $A=2,65m^2$ ;  $\phi=09$ ), V ( $\lambda=0,62m$ ;  $A=3,02m^2$ ;  $\phi=13$ ) e VI ( $\lambda=0,57m$ ;  $A=1,73m^2$ ;  $\phi=06$ ) apresentaram uma representatividade entre 14 e 20% (Figura 4). Já as árvores II ( $\lambda=0,54m$ ;  $A=2,98m^2$ ;  $\phi=23$ ) e IV ( $\lambda=0,68m$ ;  $A=2,65m^2$ ;  $\phi=09$ ) situaram-se numa faixa de representatividade de 21-25%. Enquanto que a árvore III ( $\lambda=0,59m$ ;  $A=5,95m^2$ ;  $\phi=30$ ) apresentou a maior representatividade de auto-regeneração sob a área de influência da copa, situada num patamar de 43%.

Não foi identificado correlação significativa entre os parâmetros dendrométricos e a representatividade da auto-regeneração sob influência da copa. Entretanto ressalta-se a delimitação da zona de influência direta da copa sob a auto-regeneração nesta espécie.

### ***Byrsonima crassifolia***

Espécie arbórea com pico de floração entre dezembro-fevereiro, mas com amplitude de novembro a maio. Sua frutificação ocorre mais intensamente de janeiro a março-abril. Seus frutos são pequenos, globosos e de polpa amarelada quando maduro, da

mesma forma que *B. coccolobifolia*, facilitando a zoocoria. Todas as árvores de *Byrsonima crassifolia* observadas apresentaram auto-regeneração, com diferentes densidades (Figura 5). As densidades totais de regeneração apresentaram, tomando-se a área de influência da copa de  $4,11 \text{ ind.m}^{-2}$  (amplitude:  $1,55\text{-}5,33 \text{ ind.m}^{-2}$ ). Enquanto que no caso da auto-regeneração esta densidade foi menor (média:  $1,97 \text{ ind.m}^{-2}$ , amplitude:  $0,55\text{-}3,35 \text{ ind.m}^{-2}$ ) quando comparadas a outras fontes de regeneração (média:  $2,14 \text{ ind.m}^{-2}$ , amplitude:  $0,96\text{-}3,73 \text{ ind.m}^{-2}$ ). Ressalta-se que nesta espécie foi observado um padrão semelhante ao obtido na espécie simpátrica *B. coccolobifolia*, sendo definida a equivalência entre estas espécies, seja quanto a densidade total de indivíduos ( $p < 0,90$ ), de auto-regeneração ( $p < 0,80$ ) ou de outras fontes de regeneração ( $p < 0,95$ ).

Estes valores de densidade, tanto de auto-regeneração, quanto de outras fontes de regeneração apresentaram-se distribuídos entre todas as zonas de influência da copa desta espécie, a exceção da árvore VI que se apresentou como restrito até a zona direta de influência da copa (Figura 5).

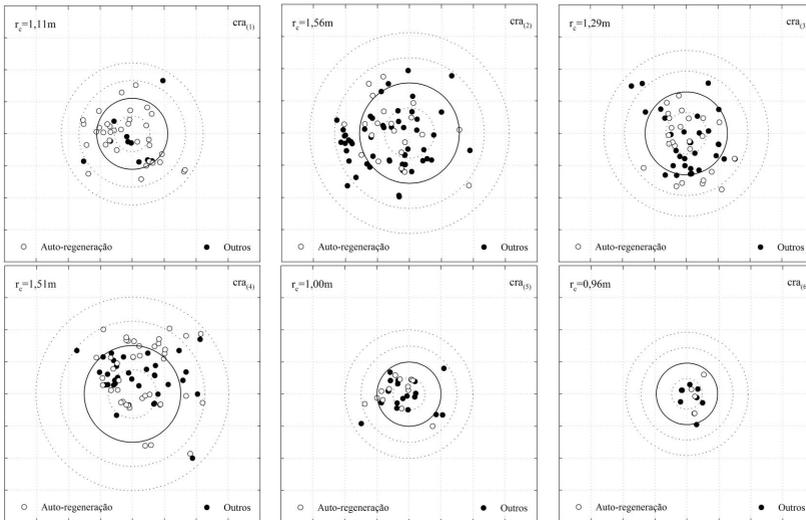


Figura 5 - Distribuição das observações em função das fontes de regeneração, sob as zonas de influência da copa, nas árvores de *Byrsonima crassifolia* avaliadas.

Avaliando-se as frações das fontes de regeneração, tem-se a grande maioria das árvores (II, III, V e VI) com predomínio (56-71%) de outras fontes de regeneração, enquanto que a árvore IV apresentou uma frequência mais elevada de auto-regeneração (57%), mas esta em um patamar inferior ao observado na árvore I

com uma intensidade de auto-regeneração muito elevada (78%) (Figura 6a).

Na auto-regeneração o estágio predominante foi "rebrotos" (média: 67%; amplitude: 20-100%), seguido de "plântulas" (média: 33%; amplitude: 0-80%). Não foi assinalada a presença de "estabelecidos" (Figura 6b).

Considerando outras fontes de regeneração, o estágio "rebrotos" (média: 60%; amplitude: 33-81%) continuou a ser o mais frequente, seguido, também, de "plântulas" (média: 40%; amplitude: 19-67%). Nesta fonte de regeneração não foi assinalada a presença de indivíduos "estabelecidos" (Figura 6.b).

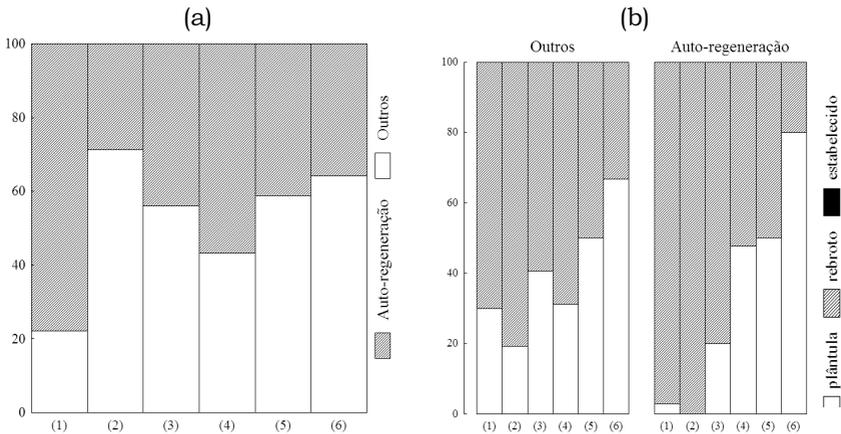


Figura 6 - Frequência relativa de (a) fontes de regeneração e (b) estádios de desenvolvimento nas fontes de regeneração, nas árvores de *Byrsonima crassifolia* avaliadas.

Classificando-se as árvores, em função das frequências relativas dos estádios dentro de cada uma das fontes de regeneração, foi possível observar os agrupamentos: G1 – representado pelas árvores I, II e III, com elevadas frequências de "reboto" em ambas as fontes de regeneração, bem como valores intermediários ou baixos de "plântulas", especialmente na auto-regeneração e G2 – representado pelas árvores IV, V e VI, com certo equilíbrio entre os estádios "reboto" e plântulas (Figura 6b).

A densidade de indivíduos provenientes de outras fontes de regeneração ( $r_s=0,77$ ;  $p<0,05$ ), bem como a densidade total de indivíduos sob a área de influência da copa ( $r_s=0,94$ ;  $p<0,01$ ) apresentaram correlações significativas e positivas com o diâmetro da copa. Já as frações das fontes de regeneração, apresentaram independência do porte planta, ou pelo menos independência no

intervalo avaliado.

O padrão global de disposição da auto-regeneração indicaria uma orientação sul-sudeste [SSE] (média e erro padrão:  $\theta=160,82\pm 8,81^\circ$ ), entretanto com elevada variação (Figura 7) apresentando um coeficiente de variação global de 65%. As árvores I e II apresentaram orientação sul-sudeste [SSE] (média e erro padrão:  $\theta=162,42\pm 16,90-162,95\pm 23,1^\circ$ ), enquanto que as árvores IV e V apresentaram orientação sudeste [SE] (média e erro padrão:  $\theta=135,17\pm 28,68-146,92\pm 15,18^\circ$ ). A árvore III apresentou direção sul [S] (média e erro padrão:  $\theta=186,18\pm 24,77^\circ$ ) e a árvore VI apresentou direção sul-sudoeste [SSW] (média e erro padrão:  $\theta=202,60\pm 42,56^\circ$ ) (Figura 7).

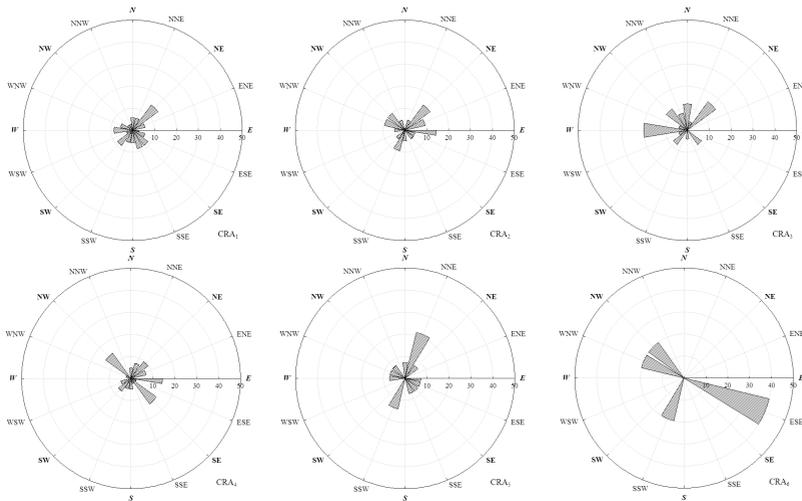


Figura 7 - Frequência relativa da direção da disposição da fonte de auto-regeneração, nas árvores de *Byrsonima crassifolia* avaliadas.

Todas as árvores, com exceção da árvore VI, apresentaram agrupamentos espaciais de auto-regeneração situando-se até a zona de influência indireta da copa (Figura 8), entretanto em função das densidades diferentes, a representatividade da área ocupada pela auto-regeneração (A) também variou, num espectro de 1 a 68% (Figura 8). A distância média entre os segmentos da triangulação (l) teve amplitude de 0,51 a 0,77m, representada por um valor médio e erro padrão de  $0,66 \pm 0,04\text{m}$ . O número de polígonos constituintes do agrupamento espacial ( $\phi$ ), também oscilou bastante, tendo uma amplitude de 01-28 polígonos constituintes de agrupamentos, centrados em  $10 \pm 4$  polígonos (Figura 8).

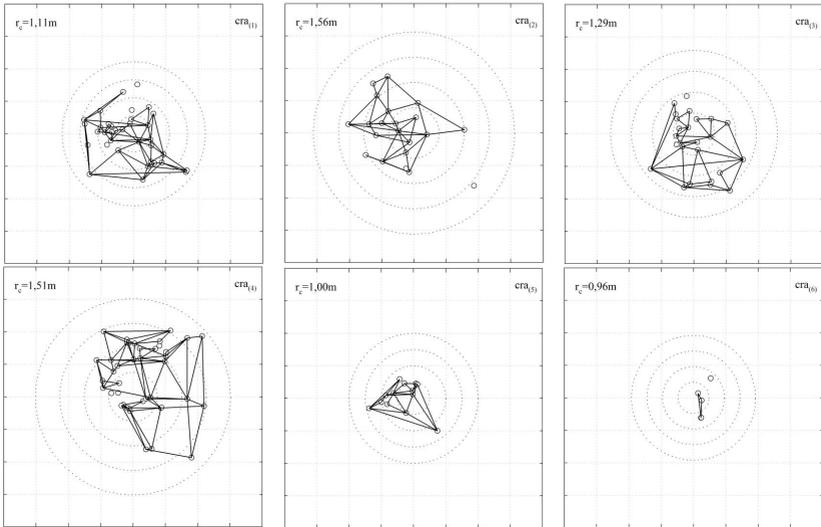


Figura 8 - Agrupamento espaciais de auto-regeneração, evidenciados por meio do envoltório-alfa ( $\alpha$ -hull), nas árvores de *Byrsonima crassifolia* avaliadas.

As árvores I ( $\lambda=0,59\text{m}$ ;  $A=4,52\text{m}^2$ ;  $\phi=24$ ), II ( $\lambda=0,75\text{m}$ ;  $A=5,43\text{m}^2$ ;  $\phi=14$ ), III ( $\lambda=0,77\text{m}$ ;  $A=4,78\text{m}^2$ ;  $\phi=12$ ) e V ( $\lambda=0,60\text{m}$ ;  $A=2,66\text{m}^2$ ;  $\phi=13$ ) apresentaram uma representatividade entre 28 e 43% (Figura 8). Já a árvore IV ( $\lambda=0,75\text{m}$ ;  $A=9,72\text{m}^2$ ;  $\phi=28$ ) apresentou uma representatividade muito elevada, quando comparadas as outras árvores, na ordem de 68%. A árvore VI ( $\lambda=0,51\text{m}$ ;  $A=0,06\text{m}^2$ ;  $\phi=01$ ) apresentou a mais baixa representatividade, com cerca de 1% (Figura 8).

Não houve correlação significativa entre os parâmetros dendrométricos e a representatividade da auto-regeneração sob influência da copa. Entretanto, define-se a área de influência indireta da copa como delimitador de ocorrência da auto-regeneração nestas espécies.

### ***Curatella americana***

Esta espécie floresce do fim da estação chuvosa (setembro/outubro) até início das chuvas (abril) (Barbosa *et al.*, 2005). Seus frutos são capsulares e possuem de 2 a 4 sementes envoltas por um arilo branco muito rico em carboidratos. Sua dispersão é tipicamente zoocórica, embora a enorme quantidade de sementes produzidas facilite bastante a baricoria. Todas as árvores de *C. americana* apresentaram auto-regeneração, contudo, com densidades diferentes (Figura 9). As densidades totais de regeneração apresentaram, tomando-se a área de influência da copa,  $4,20 \text{ ind.m}^{-2}$ , com uma amplitude de 1,49 a  $8,53 \text{ ind.m}^{-2}$ . No caso da

auto-regeneração esta densidade foi muito menor (média: 0,25 ind.m<sup>-2</sup>; amplitude: 0,09-0,56 ind.m<sup>-2</sup>) quando comparada a outras fontes de regeneração que obtiveram uma média de 3,94 ind.m<sup>-2</sup> (amplitude: 1,31-8,01 ind.m<sup>-2</sup>).

Tanto a densidade da auto-regeneração, quanto de outras fontes de regeneração apresentaram-se distribuídas entre todas as zonas de influência da copa desta espécie (Figura 9).

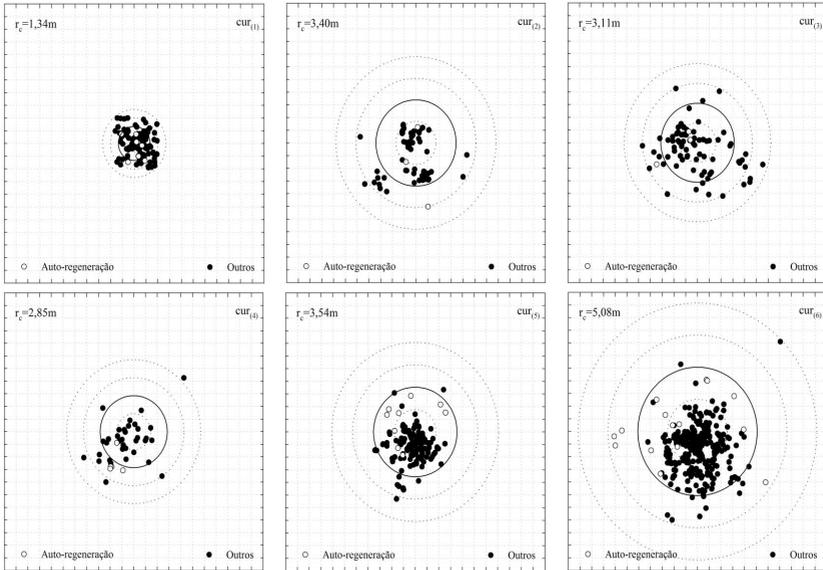


Figura 9 - Distribuição das observações em função das fontes de regeneração, sob as zonas de influência da copa, nas árvores de *Curatella americana* avaliadas.

Todas as árvores apresentaram predomínio de outras fontes de regeneração, em um espectro de 88 a 96%, o que assinala um valor médio de auto-regeneração de apenas 7% (Figura 10a).

No caso da auto-regeneração o estágio predominante foi "plântula", com uma média de 61% (amplitude: 29-100%), seguido de "rebrotos" (média: 36%; amplitude: 0-71%). A presença de "estabelecidos" apresentou uma expressão baixa (média: 4%; amplitude: 0-22%) (Figura 10b).

Tomando-se outras fontes de regeneração, o estágio "rebrotos" (média: 82%; amplitude: 68-93%) foi o mais expressivo, seguido de "plântulas" com uma média baixa: 12% (amplitude: 7-22%). O estágio "estabelecidos" apresentou valores semelhantes (média: 6%, amplitude: 0-16%) aos observados na auto-regeneração (Figura 10b).

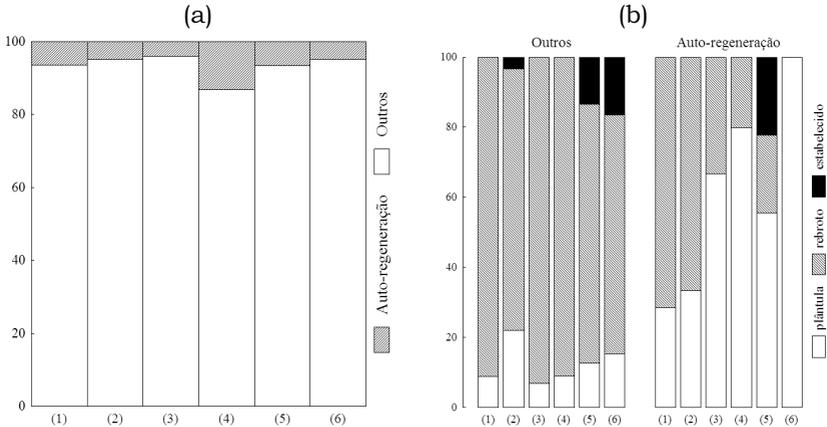


Figura 10 - Frequência relativa de (a) fontes de regeneração e (b) estádios de desenvolvimento nas fontes de regeneração, nas árvores de *Curatella americana* avaliadas.

O arranjo entre as árvores, em função das frequências relativas dos estádios dentro de cada uma das fontes de regeneração, indica os seguintes agrupamentos: G1 – representado pelas árvores I e II, elevados valores de “reboto”, em ambas as fontes de regeneração e valores intermediários ou baixos de “plântulas” em ambas fontes de regeneração; G2 – representado pelas árvores III e IV, elevados valores de “plântulas”, na auto-regeneração e elevados valores de “reboto” em outras fontes de regeneração e ausência de estabelecidos em qualquer uma das fontes de regeneração; G3 – representado pela árvore V, elevados valores de plântulas na auto-regeneração, elevados valores de reboto em outras fontes de regeneração e baixos valores de plântulas e estabelecidos, em outras fontes de regeneração; G4 – representado pela árvore VI, totalidade de plântulas em auto-regeneração e elevados valores de reboto em outras fontes de regeneração, baixos valores de plântulas e estabelecidos, em outras fontes de regeneração (Figura 10b).

Nenhum dos indicadores, sejam estes de densidade de indivíduos totais, de auto-regeneração ou de outras fontes de regeneração ou as frações de fontes de regeneração, apresentaram correlação significativa com qualquer um dos parâmetros dendrométricos.

A disposição da auto-regeneração indicou padrão global sul [S] (média e erro padrão:  $\theta=172,06\pm 18,71^\circ$ ). Entretanto, foi observada uma variabilidade extremamente elevada apresentando um coeficiente de variação global de cerca de 70% (Figura 3). As árvores III e V apresentaram orientação sudeste [SE] (média e erro padrão:  $\theta=123,00\pm 34,82-135,00\pm 87,91^\circ$ ). O restante das árvores apresentou orientações distintas em cada caso: árvore I orientação sul [S] (média e erro padrão:  $\theta=190,14\pm 46,77^\circ$ ), árvore II oeste-sudoeste [WSW] (média e erro padrão:  $\theta=249,90\pm 72,68^\circ$ ), árvore IV orientação oeste

[W] (média e erro padrão:  $\theta=275,34\pm 21,80^\circ$ ), árvore VI sul-sudeste [SSW] (média e erro padrão:  $\theta=150,48\pm 33,06^\circ$ ) (Figura 11).

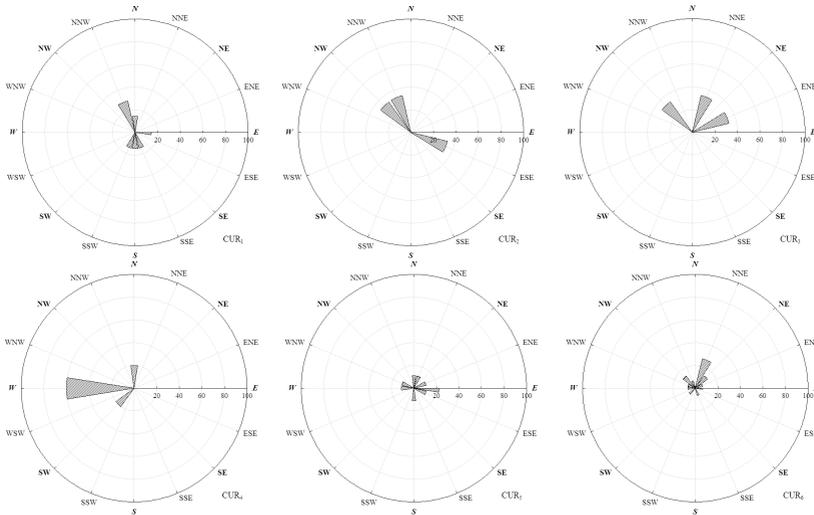
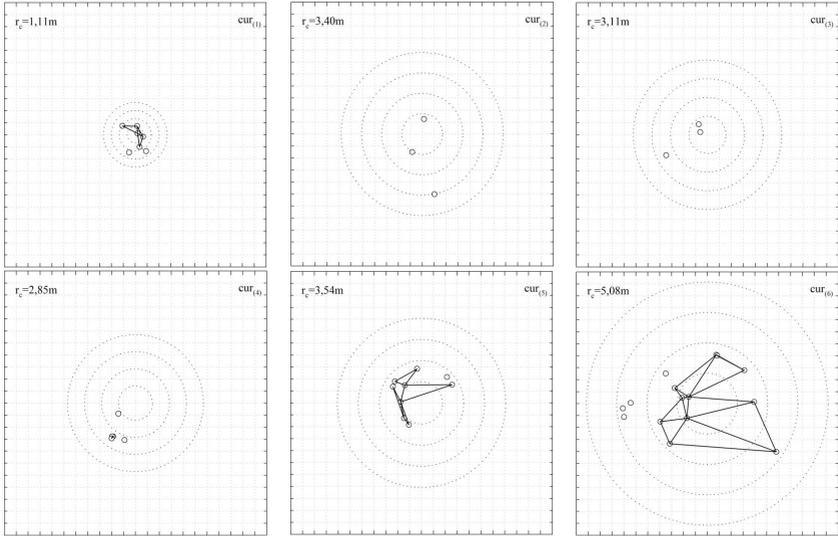


Figura 11 - Frequência relativa da direção da disposição da fonte de auto-regeneração, nas árvores de *Curatella americana* avaliadas.

Também foi observada uma extrema variação de disposição dos agrupamentos espaciais, esta marcadamente influenciada pela variação da densidade de auto-regeneração. Entretanto, uma maior intensidade foi observada entre as zonas de influência direta e indireta da copa (Figura 12). Como observado anteriormente, em função das extremas variações de densidade entre as árvores, a representatividade da área ocupada pela auto-regeneração (A) também variou, num espectro de 0-83%. A distância média entre os segmentos da triangulação ( $\lambda$ ) teve amplitude de 0,00-3,02m, representada por um valor médio e erro padrão de  $1,25 \pm 0,56m$ . O número de polígonos constituintes do agrupamento espacial ( $\phi$ ), também oscilou bastante, tendo uma amplitude de 0-7 polígonos constituintes de agrupamentos, centrados em  $3 \pm 1$  polígonos (Figura 12).

As árvores II e III não apresentaram nenhum agrupamento espacial, tendo assim representatividade nula, bem como a árvore IV ( $\lambda=0,16m$ ;  $A=0,02m^2$ ;  $\phi=01$ ) que apresentou uma representatividade de 0,1%. Já as árvores I ( $\lambda=0,89m$ ;  $A=1,48m^2$ ;  $\phi=03$ ) e V ( $\lambda=2,04m$ ;  $A=7,94m^2$ ;  $\phi=04$ ) apresentaram representatividade entre 12 e 24%. A árvore VI ( $\lambda=3,02m$ ;  $A=39,74m^2$ ;  $\phi=07$ ) foi a que apresentou a maior representatividade, 83%.

Não foi assinalada correlação significativa entre os



$\alpha$  Figura 12 - Agrupamento espaciais de auto-regeneração, evidenciados por meio do envoltório-alfa ( $\alpha$ -hull), nas árvores de *Curatella americana* avaliadas.

parâmetros dendrométricos e a representatividade da auto-regeneração sob influência da copa, ressaltando-se a delimitação da zona de influência direta e indireta da copa sob a auto-regeneração nesta espécie.

### ***Roupala montana***

Espécie que floresce e frutifica ao longo de toda estação seca (dezembro-março) e parte inicial da chuvosa (abril-maio podendo chegar a junho). Possui frutos descentes e sementes aladas, que permitem a dispersão principal por anemocoria. Todos os indivíduos de *R. montana* analisados, a exceção do II, apresentaram auto-regeneração, mas com densidades diferentes (Figura 13), cabendo ressaltar que as árvores II, IV e VI apresentaram valores muito baixos de densidade. As densidades totais de regeneração apresentaram, tomando-se a área de influência da copa de 2,09 ind.m<sup>-2</sup> (amplitude: 0,79-2,92 ind.m<sup>-2</sup>). Enquanto que no caso da auto-regeneração esta densidade foi menor (média: 0,27 ind.m<sup>-2</sup>, amplitude: 0,00-0,95 ind.m<sup>-2</sup>) quando comparadas a outras fontes de regeneração (média: 1,82 ind.m<sup>-2</sup>, amplitude: 0,67-2,77 ind.m<sup>-2</sup>).

Estes valores de densidade, tanto de auto-regeneração, quanto de outras fontes de regeneração apresentaram-se distribuídos entre todas as zonas de influência da copa desta espécie (Figura 13).

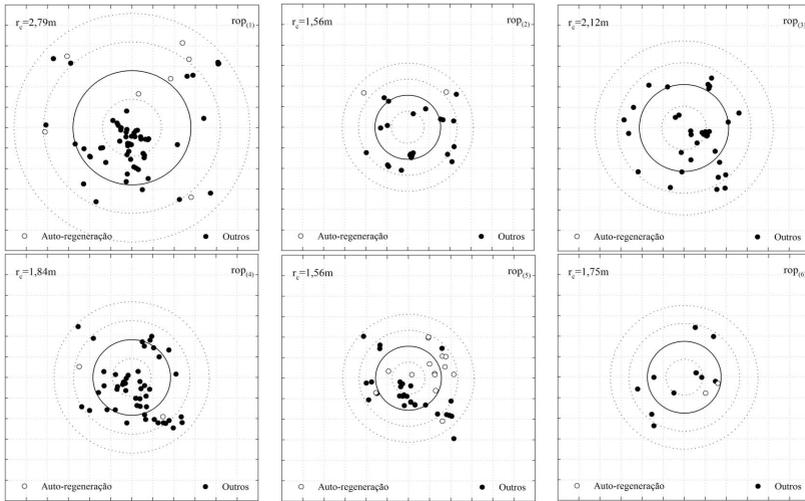


Figura 13 - Distribuição das observações em função das fontes de regeneração, sob as zonas de influência da copa, nas árvores de *Roupala montana* avaliadas.

Avaliando-se as frações das fontes de regeneração, tem-se em todas as árvores houve predomínio de outras fontes de regeneração (67-100%) (Figura 14a).

No caso da auto-regeneração o estágio predominante foi "rebrotos", com média de 82% (amplitude: 0-100%), seguido de "plântulas" (média: 1%; amplitude: 0-7%). Não foi assinalada a presença de "estabelecidos" nesta fonte regeneração (Figura 14b).

Tomando-se outras fontes de regeneração, o estágio "rebrotos" (média: 80%; amplitude: 62-91%) continuou a ser o mais frequente, seguido, também, de "plântulas" (média: 17%; amplitude: 8-38%). O estágio "estabelecidos" apresentou valores baixos (média: 3%; amplitude: 0-7%) (Figura 14b).

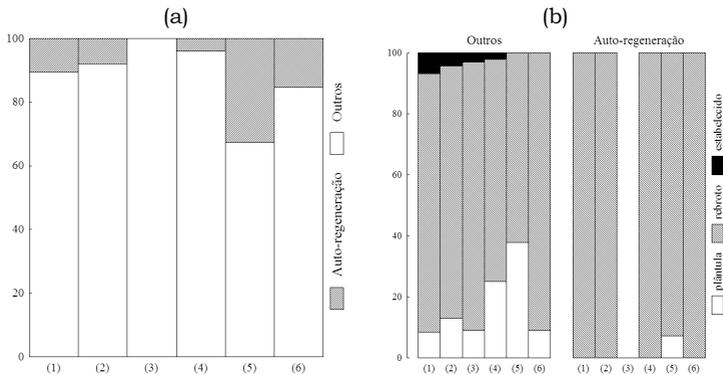


Figura 14 - Frequência relativa de (a) fontes de regeneração e (b) estágios de desenvolvimento nas fontes de regeneração, nas árvores de *Roupala montana* avaliadas.

Uma classificação possível das árvores, em função das frequências relativas dos estádios dentro de cada uma das fontes de regeneração, indica os seguintes agrupamentos: G<sub>1</sub> – representado pelas árvores I, II VI com predomínio de “reboto” em ambas as fontes de regeneração, e de plântulas com frequência intermediária em outras fontes de regeneração; G<sub>2</sub> – IV e V indica predomínio de “reboto” em ambas as fontes de regeneração, plântulas com frequência baixa em ambas as fontes de regeneração; G<sub>3</sub> – predomínio de “reboto” e ausência de auto-regeneração (Figura 14b).

Somente a densidade de indivíduos provenientes de outras fontes de regeneração foi influenciada significativamente pelo diâmetro da base ( $r_s=0,84$ ;  $p<0,05$ ). As frações de fontes de regeneração foram independentes ao tamanho das plantas, pelo menos nestas coortes avaliadas.

O padrão global de disposição da auto-regeneração indicaria uma orientação sudeste [SE] (média e erro padrão:  $\theta=141,59\pm 20,76^\circ$ ), entretanto esta foi extremamente variável (Figura 15) apresentando um coeficiente de variação global de 76%. Todas as árvores apresentaram um tipo de orientação diferente, sendo estes I leste-nordeste [ENE] (média e erro padrão:  $\theta=102,02\pm 46,37^\circ$ ), II sul-sudeste [SSE] (média e erro padrão:  $\theta=161,91\pm 1,24^\circ$ ), IV sul-sudoeste (média e erro padrão:  $\theta=201,99\pm 126,29^\circ$ ), V sudeste [SE] (média e erro padrão:  $q=133,34\pm 26,20^\circ$ ) e VI oeste [W] (média e erro padrão:  $\theta=257,23\pm 66,33^\circ$ ) (Figura 15).

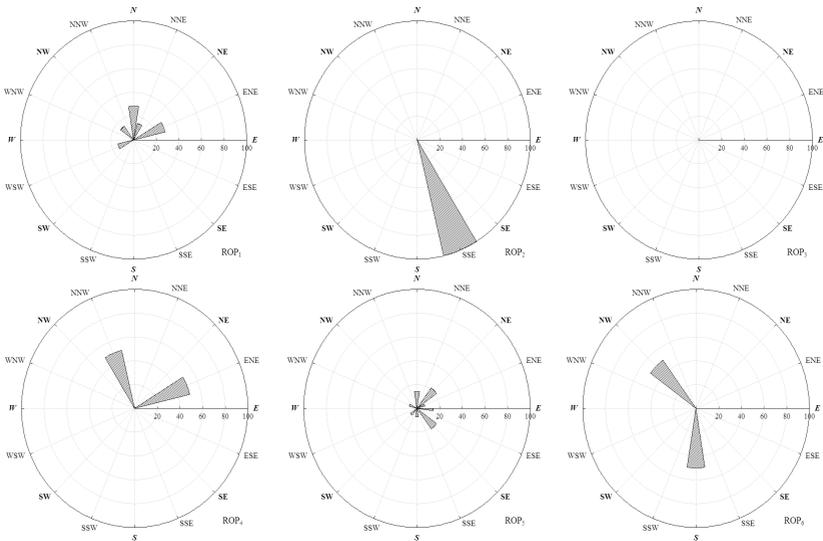


Figura 15 - Frequência relativa da direção da disposição da fonte de auto-regeneração, nas árvores de *Roupala montana* avaliadas.

Somente duas árvores apresentaram agrupamento espacial de auto-regeneração: I e V. A representatividade da área ocupada pela auto-regeneração (A) oscilou de 4 a 31%, enquanto que a distância média entre os segmentos da triangulação ( $\lambda$ ) teve amplitude de 1,22 a 1,33m e o número de polígonos constituintes do agrupamento espacial ( $\phi$ ), situou-se entre 1 e 5 polígonos (Figura 16).

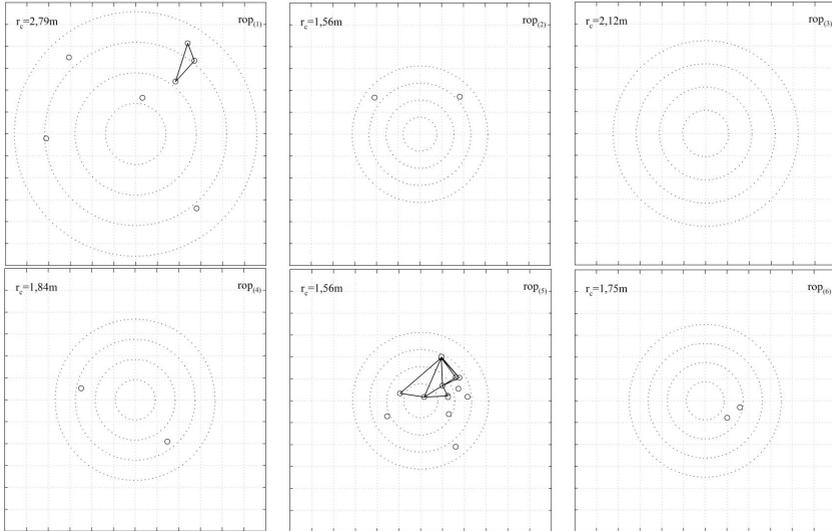


Figura 16 - Agrupamento espaciais de auto-regeneração, evidenciados por meio do envoltório-alfa ( $\alpha$ -hull), nas árvores de *Roupala montana* avaliadas.

Avaliando-se a disposição dos dois agrupamentos espaciais e a disposição dos poucos pontos de auto-regeneração observados nas árvores, tem-se uma delimitação da zona de influência direta e indireta da copa na auto-regeneração desta espécie.

### Comparação entre as espécies

A exceção da densidade total de indivíduos ( $IC_{95\%}$ : 2,79-4,40 ind.m<sup>-2</sup>) sob a zona de influência da copa, todos os indicadores de estrutura sucessional apresentaram distinção ( $p < 0,01$ ) entre as espécies. As espécies simpátricas *B. coccolobifolia* e *B. crassifolia* apresentaram valores equivalentes de densidade de auto-regeneração ( $IC_{95\%}$ : 0,70-2,99 ind.m<sup>-2</sup>; 0,88-3,06 ind.m<sup>-2</sup>) e de outras fontes de regeneração ( $IC_{95\%}$ : 0,44-3,86 ind.m<sup>-2</sup>; 1,03-3,24 ind.m<sup>-2</sup>), respectivamente. Estas espécies apresentaram os valores mais elevados de densidade de auto-regeneração dentre as avaliadas, e valores intermediários de densidade de outras fontes de regeneração (Figura 17a).

*Curatella americana* apresentou baixos valores de densidade de

auto-regeneração ( $IC_{95\%}$ : 0,07-0,43 ind.m<sup>-2</sup>), sendo equivalente a *Roupala montana*. Entretanto, esta espécie apresentou os mais elevados valores de densidade de outras fontes de regeneração ( $IC_{95\%}$ : 1,19-6,69 ind.m<sup>-2</sup>). *Roupala montana* apresentou os menores valores de densidade de auto-regeneração ( $IC_{95\%}$ : 0,00-0,62 ind m<sup>-2</sup>) e de outras fontes de regeneração ( $IC_{95\%}$ : 1,07-2,52 ind m<sup>-2</sup>) (Figura 17a).

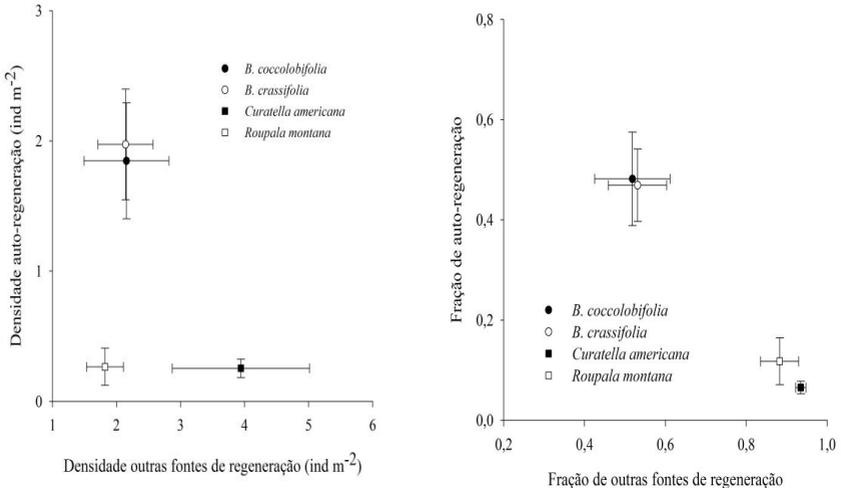


Figura 17 - Disposição das espécies arbóreas avaliadas em função dos valores médio e erro padrão de (a) densidade de auto-regeneração e de outras fontes de regeneração e das (b) frações de auto-regeneração e outras fontes de regeneração.

Quanto à contribuição das fontes de regeneração, as espécies simpátricas *B. coccolobifolia* e *B. crassifolia* apresentaram valores equilibrados entre auto-regeneração ( $IC_{95\%}$ : 24-72%; 28-65%) e outras fontes de regeneração ( $IC_{95\%}$ : 27-75%; 34-71%), respectivamente.. Enquanto que as espécies *C. americana* ( $IC_{95\%}$ : 90-96%) e *R. montana* ( $IC_{95\%}$ : 76-100%) apresentaram um elevado predomínio de outras fontes de regeneração.

A exceção da densidade total de indivíduos sob as zonas de influência da copa, todos os indicadores sucessionais apresentaram associação, com pelo menos um dos parâmetros dendrométricos. Tanto a densidade de auto-regeneração quanto a fração da auto-regeneração, apresentaram correlação significativa, com orientação negativa com todos os parâmetros dendrométricos. Enquanto que tanto densidade de outras fontes de regeneração quanto a fração destas outras fontes de regeneração, apresentaram correlação significativa, com orientação positiva com todos os parâmetros dendrométricos (Tabela 2).

Tabela 2 - Matriz de correlação de Spearman e significância entre os parâmetros dendrométricos e os indicadores sucessionais.

Parâmetros dendrométricos	Densidade de indivíduos				Fração das fontes				
	[O]	[A]	[T]	[O]	[A]	[O]	[A]	[T]	
Altura total	0,30	n.s.	-0,51 *	-0,02	n.s.	0,60	**	-0,60	**
Diâmetro da base	0,46	*	-0,41 *	0,19	n.s.	0,53	**	-0,53	**
Diâmetro a 30cm	0,44	*	-0,38 *	0,19	n.s.	0,50	**	-0,50	**
Diâmetro da copa	0,30	n.s.	-0,49 *	-0,002	n.s.	0,58	**	-0,58	**

Onde: [O] – outras fontes de regeneração; [A] – auto-regeneração; [T] – total de indivíduos.

Tomando-se a circunferência da base, parâmetro dendrométrico usual em estudos de ecologia de espécies arbóreo-arbustivas de savanas, um ajuste entre as frações das fontes de regeneração foi efetuado, denotando adequação ( $R^2=0,75$ ). A partir deste modelo (Figura 18), algumas propriedades emergentes são obtidas. Definindo-se um equilíbrio entre estas frações em cerca de 30 cm de circunferência da base e um limiar de contribuição de auto-regeneração inferior a 5%, dada a condição de circunferência da base superior a 1m.

Reavaliando-se a estrutura do modelo ajustado, tem-se na inversão das frações das fontes de auto-regeneração em detrimento das outras fontes, um indicador eficiente da natureza nucleadora que estas espécies arbóreas cumprem no sistema de savanas abertas.

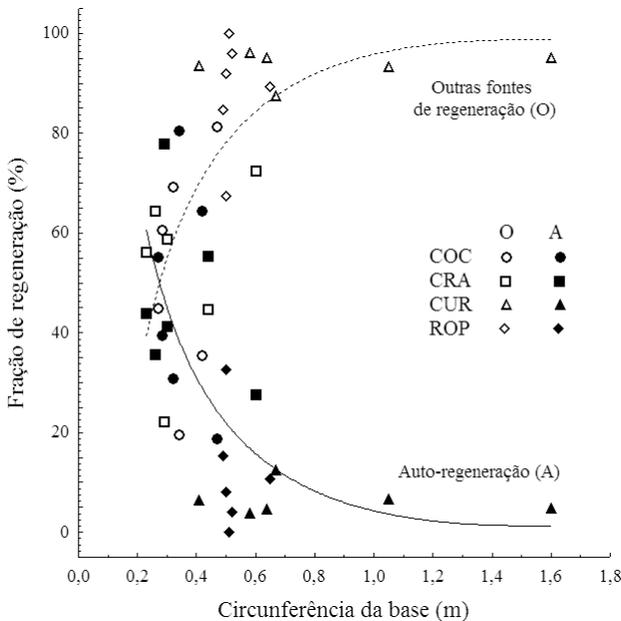


Figura 18 - Relação entre a circunferência da base e as frações de fontes de regeneração, ajustados segundo o modelo

## CONCLUSÕES

Dentre as espécies avaliadas, observou-se distinção quanto a estrutura e mesmo a representatividade da auto-regeneração sob as zonas de influência da copa. As espécies simpátricas *B. coccolobifolia* e *B. crassifolia* são as que mais concentram auto-regeneração, enquanto que *R. montana* é a que apresentou a menor intensidade de auto-regeneração. Isto pode estar diretamente relacionado à forma de dispersão destas espécies, visto que a auto-regeneração esta diretamente relacionada à baricoria (necessidade de sementes com peso suficiente para caírem e se estabelecer próximo da árvore-mãe). As espécies simpátricas do gênero *Byrsonima* possuem esta característica, enquanto que *R. montana* possui dispersão tipicamente anemocórica.

A orientação da disposição da auto-regeneração não é uma característica específica, mas auxilia no entendimento de oposição de nichos sob as zonas de influência da copa. A auto-regeneração apresentou-se localizada, com maior intensidade, nas zonas de influência direta e indireta da copa, situação na qual se pode inferir sobre a influência baricórica na sucessão das espécies. A orientação quase sempre dada pelo sentidos sul, sudoeste ou oeste reflete apenas o grau de influência que os fortes ventos alísios (sentido principal nordeste-sudoeste) possuem na maior parte do momento fenológico da grande maioria das espécies arbóreas das savanas de Roraima.

O crescimento das árvores matrizes indica o padrão de adição de espécies arbóreo-arbustivas, diferente destas, o que fundamenta a definição do processo de nucleação, como provedor de regeneração arbórea nas espécies avaliadas.

## BIBLIOGRAFIA

- Barber, C.B., Dobkin, D.P.; Huhdanpaa, H.T. 1996. The Quickhull algorithm for convex hulls. *ACM Trans. on Mathematical Software Dec.*, 22(4): 469-483.
- Barbosa, R.I. 2001. *Savanas da Amazônia: Emissão de gases do efeito estufa e material particulado pela queima e decomposição da biomassa acima do solo, sem troca do uso da terra, em Roraima, Brasil*. Manaus, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) - Universidade do Amazonas (UA). Tese. Manuscrito. 212p.
- Barbosa, R.I.; Miranda, I.S. 2005. Fitofisionomias e Diversidade vegetal das savanas de Roraima. In: Barbosa, R.I.; Xaud, H.A.M.; Costa e Sousa, J.M. (Eds.), *Savanas de Roraima: Etnoecologia, Biodiversidade e Potencialidades Agrossilvipastoris*. Boa Vista, FEMACT. 202p.
- Barbosa, R.I.; Mourão Jr., M.; Casadio, G.M.L.; Silva, S.J.R. 2005. Bioecologia do caimbé [*Curatella americana* L.] II: Estudos fenológicos. *Comunicado Técnico* (Embrapa Roraima) 15. 7p.
- Barbosa, R.I.; Campos, C.; Pinto, F.; Fearnside, P.M. 2007. The "Lavrados" of Roraima: Biodiversity and Conservation of Brazil's Amazonian Savannas. *Functional Ecosystems and Communities*, 1(1): 29-41.

- Begon, M.; Harper, J.L.; Towsend, C.R. 1990. *Ecology: Individuals, Populations and Communities*. Boston, Blackwell. 945p.
- Corleta, A.; Mourão Jr., M.; Barbosa, R.I. 2007. Padrão espacial de regeneração sob copa de caimbé (*Curatella americana* L., Dileniaceae), uso de envoltório alfa. In: Anais da 52ª Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria (RBRAS) 12º Simpósio de Estatística Aplicada à Experimentação Agronômica (SEAGRO), 23-27 de julho de 2007. Departamentos de Fitotecnia - CCR e Estatística CCNE - UFMS, Santa Maria, RS.
- Franco, A.C.; Nobel, P.S. 1989. Effect of nurse plants on the microhabitat and growth of cacti. *The Journal of Ecology*, 77(3): 870-886.
- Gomes-Aparicio, L.; Zamora, R.; Gómez, J. M.; Hódar, J. A.; Castro, J. Baraza, E. 2004. Applying plant facilitation to forest restoration: a meta-analysis of the use shrubs as nurse plants. *Ecological Applications*, 14(4): 1128-1138.
- Hacker, S.; Gaines, S. D. 1997. Some implications of direct positive interactions for community species diversity. *Ecology*, 78:1990-2003.
- Hammer, Ø.; Harper, D.A.T.; Ryan, P.D. 2006. PAST – PAleontological Statistics, ver. 1.42. User Guide. Disponível em <http://folk.uio.no/ohammer/past>. Acessado em 23/06/2007.
- Holl, K.D.; Loik, M.E.; Lin, E.H.V.; Samuels, I.A. 2000. Tropical montane forest restoration in Costa Rica: Overcoming barriers to dispersal and establishment. *Restoration Ecology*, 8(4): 339-349.
- Hooper, E.; Legendre, P.; Condit, R. 2005. Barriers to forest regeneration of deforested and abandoned land in Panama. *Journal of Applied Ecology*, 42: 1165-1174.
- Joffre, R.; Rambal, S. 1993. How tree cover influences the water balance of Mediterranean Rangelands. *Ecology*, 74:570-882.
- Krebs, C. J. 1989. *Statistical Ecology: A Primer on Methods and Computing*. New York, John Wiley & Sons. 325p.
- Ludwig, J.A.; Reynolds, J.F. 1988. *Statistical Ecology: A Primer on Methods and Computing*. New York, John Wiley & Sons. 325p.
- Miranda, I.S.; Absy, M.L. Rebelo, G.H. 2003. Community structure of woody plants of Roraima savannahs. *Plant Ecology*, 164:109-123.
- Melo, M.C.; Barbosa, R.I. 2007. *Árvores e arbustos das savanas de Roraima – Guia de Campo Ilustrado*. Boa Vista, Prefeitura Municipal de Boa Vista / Conselho Municipal de Conservação e Defesa do Meio Ambiente (PMBV/ CONSEMMA). 36p.
- Miriti, M.N. 1998. Regeneração florestal em pastagens abandonadas na Amazônia central: competição, predação e dispersão de sementes. In: Gascon, C.; Moutinho, P. (Ed.) *Floresta Amazônica: Dinâmica, Regeneração e Manejo*. Manaus, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). p. 179-190.
- Mourão Jr., M.; Xaud, H. A. M.; Moura Neto, M. A.; Oliveira Jr., J. O. L.; Smiderle, O. J.; Pereira, P. R. V. S.; Gianluppi, V. 2003. Precipitação pluviométrica em áreas de savana de Roraima: campos experimentais Monte Cristo e Água Boa. Comunicado Técnico. Embrapa Roraima. Boa Vista. 7 p.
- Nepstad, D.C.; Uhl, C.; Pereira, C.A.; Silva, J.M.C. 1998. Estudo comparativo do estabelecimento de árvores em pastos abandonados e florestas adultas da Amazônia Oriental. In: Gascon, C.; Moutinho, P. (Ed.) *Floresta Amazônica: Dinâmica, Regeneração e Manejo*. Manaus, Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (INPA). p. 191-218.
- Rey-Benayas, J. M. 1998. Drought and survival in *Quercus ilex* L. seedling after irrigation and artificial shading on Mediterranean set-aside agricultural land. *Annales des Sciences Forêstieres*, 55:801-807.
- Rey-Benayas, J.M.; López-Pintor, A.; Garcia, C.; Câmara, N. de La C.; Strasser, R.; Gomes-Sal, 2002. A. Early establishment of planted *Retama sphaerocarpa* seedlings under different levels of light, water and weed competition. *Plant Ecology*, 159:201-209.
- Rosenberg, M.S. 2003. *PASSAGE: Pattern Analysis, Spatial Statistics, and Geographic Exegesis*. Version 1.1. Department of Biology, Arizona State University, Tempe, AZ. 141p.
- Stachiwicz, J.J. 2001. Mutualism, facilitation and the structure os ecological

- communities. *Bioscience*, 51:235-246.
- Tewksbury, J. J.; Lloyd, J. D. 2001. Positive interactions under nurse-plants: spatial scale, stress gradients and benefactor size. *Oecologia*, 127:425-434.
- Uhl, C.; Buschbacher, R.; Serrão, E.A.S. 1988 Abandoned pastures in eastern Amazonia. I. Patterns of plant succession. *Journal of Ecology*, 76:663-681.
- Vale Jr, J. F.; Sousa, M.I.L. 2005. Caracterização e distribuição dos solos das savanas de Roraima. In: Barbosa, R. I.; Xaud, H. A. M.; Costa e Souza, J. M (eds.), *Savanas de Roraima: Etnoecologia, Biodiversidade e potencialidades Agrissilvipastoris*. Boa Vista, FEMACT. p. 79-91.
- Verdú, M.; García-Fayos, P. 1996. Nucleation processes in a Mediterranean bird-dispersed plant. *Functional Ecology*, 10:275-280.
- Vetaas, O.R. 1992. Micro-site effects of trees and shrubs in dry savannas. *Journal of Vegetation Science*, 3:337-344.
- Vieira, I.C.G., Uhl, C.; Nepstad, D. 1994. The role of the shrub *Cordia multispicata* Cham. as a 'succession facilitator' in an abandoned pasture, Paragominas, Amazonia. *Vegetatio*, 115: 91-99.
- Wilson, M.; Traveset, A. 2000. The ecology of seed dispersal. In: Ferrer, M. (Ed.), *Seeds: The ecology of regeneration in plant communities*. 2<sup>nd</sup> Edition. CAB International, Wallingford. p. 85-110.
- Yarranton, G. A.; Morrison, R. G. 1974. Spatial dynamics of a primary succession: nucleation. *Journal of Ecology*, 62(2): 417-428.
- Zar, J.H. 1998. *Biostatistical Analysis*. 4<sup>th</sup> Edition. New York. Prentice Hall. 929p.

**Moisés MOURÃO Jr.** – Biólogo, pela Universidade Federal do Pará (1998) e Mestre em Estatística e Experimentação, pela Universidade Federal de Lavras (2001). Atua na linha de Métodos Quantitativos em Pesquisa e Desenvolvimento, na Embrapa Roraima, desde 2001. Idas a campo com e algumas xícaras de chá com o terceiro autor o fizeram pensar na aplicação de modelação espacialmente explícita em ecologia de savanas.

**Alessandra Gonçalves CORLETA** – Engenheira Agrônoma, pela PUC-RS – Campus II – Uruguaiana (1992) e Especialista em Tecnologia de Sementes pela UFPEL (1996). Seu mestrado foi realizado no Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais (PRONAT) da Universidade Federal de Roraima (2007). Atualmente concilia suas atividades profissionais tanto em comunidades indígenas quanto no magistério superior.

**Reinaldo Imbrozio BARBOSA** é Doutor em Ecologia pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (1994/2001), onde atua como pesquisador desde 1988. Publicou diversos trabalhos sobre ecologia das savanas de Roraima e impactos ambientais derivados dos agroecossistemas amazônicos. Atua nos Programas de Pós-Graduação em Recursos Naturais (PRONAT) da Universidade Federal de Roraima (2005) e em Gestão Ambiental e Desenvolvimento Sustentável da Universidade Estadual de Roraima (2007). Desde 2005 também colabora com os cursos de pós-graduação em Ecologia e Ciências Florestais do programa INPA/FUA, em Manaus.