

DISTRIBUIÇÃO E CRESCIMENTO DE *Garcinia brasiliensis* Mart. E *Hevea spruceana* (Benth.) Müll. Arg. EM UMA FLORESTA INUNDÁVEL EM MANAUS, AMAZONASDISTRIBUTION AND GROWTH OF *Garcinia brasiliensis* Mart. AND *Hevea spruceana* (Benth.) Müll. Arg. IN A SEASONALLY FLOODED FOREST IN MANAUS, AMAZONAS STATETatiana Andreza da Silva Marinho¹ Aline Lopes² Rafael Leandro de Assis³
Santiago Linorio Ferreyra Ramos⁴ Liene Rocha Picanço Gomes⁵ Florian Wittmann⁶ Jochen Schöngart⁷**RESUMO**

Este estudo descreve a distribuição e determina a taxa anual de crescimento e a idade das árvores de *Garcinia brasiliensis* e de *Hevea spruceana* em uma floresta inundável na região de Manaus. Oito parcelas contíguas de 25 x 25 metros foram instaladas, onde todos os indivíduos das duas espécies com altura $\geq 1,0$ m foram mapeados. O diâmetro, a altura das árvores e os níveis de inundação foram registrados para todos os indivíduos. A radiação fotossinteticamente ativa (RFA) foi medida em indivíduos da regeneração (≤ 10 cm diâmetro a altura do peito –*dap*). Foram calculadas a área basal e o volume para cada indivíduo, e determinados o padrão de crescimento e a idade das árvores utilizando métodos dendrocronológicos. Um total de 105 indivíduos foi amostrado, a maioria na classe de regeneração. *Hevea spruceana* apresentou o maior número de indivíduos (n=80), as maiores taxas de crescimento em *dap* e em altura. *Garcinia brasiliensis* (n=25) apresentou idade, *dap* e altura maiores do que *Hevea spruceana*. Ambas as espécies foram sujeitas a diferentes níveis de inundação e de radiação. A estrutura populacional e a distribuição dos indivíduos dessas espécies mostram ser, aparentemente, influenciadas pelas variações na topografia local em pequena escala. Os diferentes requerimentos por radiação destas espécies sugerem ocupação de diferentes nichos ecológicos.

Palavras-chave: florestas inundáveis; incremento radial; radiação fotossinteticamente ativa.

ABSTRACT

This study assessed the distribution and growth of two tree species in a seasonal mixed-water inundation forest near the city of Manaus, and determined the annual growth rates and ages of trees. The aboveground wood biomass was estimated for each population. Eight plots of 25 x 25 m were established, where all individuals of the species *Garcinia brasiliensis* and *Hevea spruceana* with heights ≥ 1.0 m were inventoried and mapped. The levels of inundation were measured on all individuals, while the relative photosynthetically active radiation (rPAR) was measured in individuals < 10 cm diameter at breast height (dbh). For each individual, the basal area was determined, and the tree volume estimated. Tree ages and the radial increment

1. Bióloga, MSc., Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Ecologia, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Caixa Postal 478, CEP 69011-970, Manaus (AM). tatiana_andreza77@yahoo.com.br
2. Bióloga, MSc., Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Ecologia, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Caixa Postal 478, CEP 69011-970, Manaus (AM). alopesmga@gmail.com
3. Biólogo, MSc., Doutorando do Programa de Pós-graduação em Ecology and Natural Resources Management, Norwegian University of Life Sciences, UMB, Noruega. rafa_assis@hotmail.com
4. Engenheiro Agrônomo, MSc., Doutorando do Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Av. Pádua Dias, 11 CEP 13418-900, Piracicaba (SP). slfr03@hotmail.com
5. Bióloga, MSc. pelo Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais da Universidade Federal do Amazonas, Av. General Rodrigo Octávio Jordão Ramos, 3000, Campus Universitário, Setor Sul, Bloco "F", Coroado 1 CEP 69077-000, Manaus (AM). liene_rp@yahoo.com.br
6. Geógrafo, Dr., Pesquisador do Max Planck Institute for Chemistry, Biogeochemistry Department, Johann Joachim Becher Weg 27, 55128 Mainz, Germany. F-Wittmann@web.de
7. Engenheiro Florestal, Dr., Pesquisador do Max Planck Institute for Chemistry, Biogeochemistry Department, Johann Joachim Becher Weg 27, 55128 Mainz, Germany. jschoen@gwdg.de

Recebido para publicação em 21/12/2009 e aceito em 8/11/2011

rate were determined by using dendrochronological methods. In total, 105 individuals were recorded. In both populations, most individuals presented dbh smaller than 10 cm. *Hevea spruceana* presented more individuals ($n = 80$), and higher rates of radial increment, while *Garcinia brasiliensis* ($n = 25$) presented higher mean age. The duration and height of inundation and the levels of rPAR were different for each population. It was detected significant correlations between dbh and tree heights, and between dbh and tree age. The micro-topographical variations appear to exert effects on the structure population and on the distribution of the studied species. Despite the low rPAR values and variations recorded within the study site, the different light requirements in each species suggest different ecological niches.

Keywords: flooded forest; radial increment; photosynthetically active radiation.

INTRODUÇÃO

As áreas alagáveis amazônicas podem ser classificadas em várzeas e igapós de acordo com as características físico-químicas da água (PRANCE, 1979). As várzeas são periodicamente inundadas por rios de águas brancas ricas em compostos argilominerais e nutrientes (AYRES, 1993; SIOLI, 1991; JUNK, 1984; PRANCE, 1979). Os igapós são inundados por rios de águas pretas ou claras pobres em nutrientes e em compostos minerais, no entanto, ricos em ácidos húmicos e fúlvicos (AYRES, 1993; PIRES e PRANCE, 1985; PRANCE, 1979). Nessas áreas a oscilação sazonal do nível das águas resulta no surgimento de duas fases durante todo o ano (uma fase aquática, período em que as áreas permanecem inundadas e uma fase terrestre, período em que as áreas não são inundadas), o que contribui para formação de uma vegetação com fisionomia, composição e estrutura característica, porém, distinta entre elas. A duração e a amplitude da inundação associada a fatores como as características físicas e químicas do solo, topografia, inclinação do terreno e, ainda, a proximidade de florestas de terra firme influencia diretamente os padrões de riqueza e distribuição de espécies nesses ambientes (RODRIGUES, 2007).

Nas proximidades da região de Manaus, além de várzeas e igapós, são encontradas florestas alagáveis na confluência dos rios Negro (água preta) e Solimões (água branca). Durante a subida das águas, essas áreas são influenciadas diretamente por ambos os tipos de água e são denominadas florestas inundáveis de água mista, onde podem ocorrer espécies arbóreas típicas de ambientes de várzea e de igapó (AMARAL et al., 1997). Apesar de localizado próximo à cidade de Manaus e ser alvo de ações antrópicas, esse tipo de floresta inundável apresenta elevada diversidade vegetal. Amaral et al. (1997), por exemplo, registraram, respectivamente,

66 espécies arbóreas com diâmetro $\geq 10,0$ cm em 0,5 hectare de floresta alagável de água mista no Lago Janauari a cerca 10 km da cidade de Manaus, enquanto Parolin et al. (2004), em uma área de 0,025 hectare em uma floresta de igapó sazonal na região do Tarumã Mirim a aproximadamente 20 km ao norte de cidade de Manaus, registraram 20 espécies com diâmetro $\geq 10,0$ cm.

Em florestas inundáveis da Amazônia, o ritmo de crescimento das plantas pode ser analisado utilizando diversos métodos, dentre os quais a dendrocronologia (contagem de anéis), a descrição anatômica da madeira (WORBES, 1986), as medidas de resistência cambial (WORBES, 1997) e, ainda, observações fenológicas (SCHÖNGART et al., 2002). A análise de anéis anuais permite gerar informações primordiais sobre as relações climáticas e o crescimento das plantas (SCHÖNGART et al., 2005, 2004, 2002), o sequestro de carbono na biomassa arbórea (STADTLER, 2007) e a dinâmica de crescimento de espécies arbóreas (WORBES, 2002). Nos ecossistemas de várzea e igapó, espécies arbóreas apresentam diferentes dinâmicas de crescimento e densidades de madeira. Para as espécies *Macrolobium acaciifolium*, *Vatairea guianensis* e *Tabebuia barbata* que ocorrem em ambos os ambientes, por exemplo, a taxa de incremento radial médio e a densidade média da madeira são maiores na várzea. Em consequência disso, a idade média dos indivíduos é maior no igapó (SCHÖNGART et al., 2005; FONSECA-JUNIOR et al., 2009).

Estudos sobre a influência da inundação sobre a distribuição, o crescimento e a estrutura populacional de espécies arbóreas são escassos, apesar de serem primordiais para a elaboração de planos de manejo sustentáveis. Assim, neste estudo visamos responder a seguinte questão: os níveis de inundação e de radiação influenciam no crescimento e na distribuição de indivíduos de duas espécies

arbóreas de importância comercial em florestas alagáveis de águas mistas nas proximidades da cidade de Manaus?

MATERIAL E MÉTODO

Área de estudo

O estudo foi conduzido na costa do Catalão situada na confluência dos rios Solimões e Negro (Figura 1) a aproximadamente 15 km da cidade de Manaus. Durante a fase aquática a área é inundada por dois tipos diferentes de água: as águas pretas do rio Negro e as águas brancas do rio Solimões.

Uma parcela de 50x100 m subdividida em oito subparcelas de 25x25 m foi estabelecida em uma floresta inundável de água mista a aproximadamente 100 metros da margem do rio. Em cada subparcela todos os indivíduos das espécies *Garcinia brasiliensis* e *Hevea spruceana* com altura $\geq 1,0$ m foram amostrados e mapeados segundo o sistema de coordenadas *X* e *Y*, onde a posição dos indivíduos é determinada medindo-se a distância das árvores em direção às bordas da parcela em ângulo reto de 90°. Medidas da altura, do diâmetro a altura do peito

(DAP) e da cota de inundação foram efetuadas em todos os indivíduos.

A cota de inundação da área e a posição vertical dos indivíduos arbóreos em relação à coluna d'água foram obtidas por meio do registro das marcas d'água visíveis nos troncos das árvores referentes à inundação máxima de 2005. Os níveis de inundação encontrados foram comparados com os níveis registrados pela Sociedade de Navegação, Portos e Hidrovias (SNPH) do Estado do Amazonas. A altura da coluna d'água e a duração da inundação para a área de estudo foram calculadas para um período de 20 anos (1987 a 2006).

A radiação fotossinteticamente ativa (RFA) foi registrada somente para indivíduos com diâmetros $\leq 10,0$ cm (regeneração). As medidas da RFA foram efetuadas em todos os indivíduos utilizando um fotômetro de integração quântica (Li 188b, Li-cor, Lincoln, Nebraska, USA) fixado na posição horizontal no chão da floresta. As medidas de RFA foram realizadas entre 09h00min e 14h00min, horários de maior incidência solar. Simultaneamente, medidas controladas da radiação absoluta foram efetuadas em um ponto fixo fora

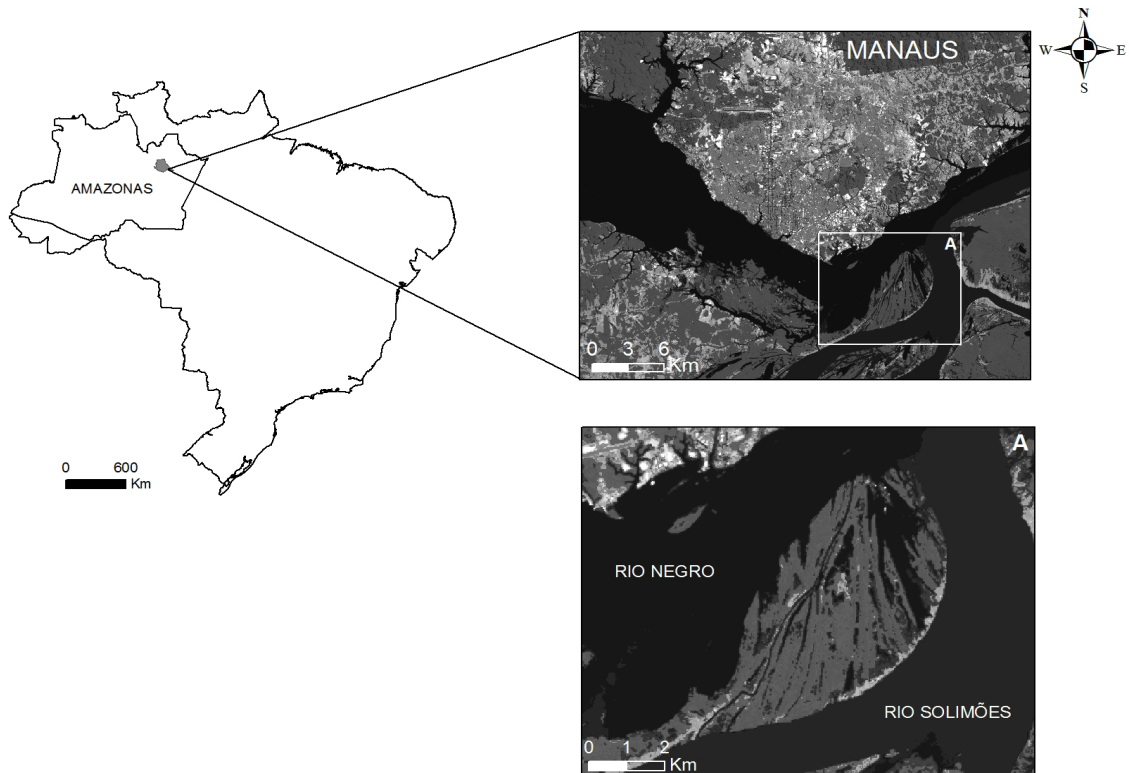


FIGURA 1: Mapa da área de estudo indicando a região do Catalão (A) na confluência dos Rios Solimões e Negro.

FIGURE 1: Map of the study area indicating the region of 'Catalão' (A) at the confluence of Solimões and Negro rivers.

da floresta. A unidade de medida utilizada foi $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$.

Nos indivíduos com diâmetro $\geq 10,0$ cm foi retirada uma amostra cilíndrica de 5,0 mm de diâmetro do tronco das árvores com auxílio de uma broca dendrocronológica a 1,30 m acima do solo. Para evitar o ataque por micro-organismos às árvores os buracos deixados pelas brocas foram fechados com cera de carnaúba.

As espécies foram selecionadas em função de seus usos alimentícios e fitoterápicos na região. *Garcinia brasiliensis*: espécie perenifolia (SCHÖNGART et al., 2002), ocasional do estrato médio de florestas de várzea baixa, terra firme e de regiões de cerrado. A madeira é relativamente pesada e com densidade variando de 0,58 a 0,64 g cm^{-3} . Apresenta látex amarelo, floema vermelho-escuro, albúrnio branco, ritidoma marrom-escuro a cinza, densamente lenticelado e áspero (WITTMANN et al., 2010). As folhas são simples e opostas. As flores são axilares e de cor branca. Possuem frutos comestíveis (FONSECA-KRUEL e PEIXOTO, 2004) carnosos arredondados a ovoides, contendo uma a três sementes. Os frutos são utilizados na fabricação de geleias e sucos e suas sementes apresentam propriedades anti-inflamatórias e anticancerígenas (WITTMANN et al., 2010).

Hevea spruceana: espécie decídua, frequente no estrato superior de florestas de várzea baixa em estágio tardio de sucessão, além de florestas de igapó. A madeira é leve e com densidade média de 0,35 a 0,33 g cm^{-3} (WITTMANN et al., 2006a). Apresenta floema marrom-escuro a alaranjado, albúrnio branco a amarelado e látex branco abundante. As folhas são compostas e trifolioladas, dispostas de forma espiral com pecíolo longo e pulvinado. As inflorescências são terminais com flores pequenas e de cor branca. Os frutos são cápsulas trilobadas contendo sementes que são frequentemente utilizadas para confecção de artesanatos (WITTMANN et al., 2010).

Todos os indivíduos mapeados foram ordenados em um modelo digital de terreno gerado no programa Winsurf versão 3.0.

Para a determinação da idade e da taxa de crescimento radial anual das populações foram utilizados métodos dendrocronológicos. Para isso, as amostras cilíndricas de madeira foram coladas em suportes de madeira com cola branca e, após a secagem, foram lixadas progressivamente com lixas com variados graus de granulometria até 600 (SCHÖNGART et al., 2004). Posteriormente,

foi realizada a contagem e a medição da largura dos anéis para a determinação da idade e da taxa de incremento radial. As análises foram realizadas no laboratório de dendrocronologia do INPA/Max-Planck em Manaus.

Na descrição da estrutura populacional calculou-se a área basal (m^2/ha) e o volume (m^3/ha), além de se efetuar a distribuição dos indivíduos em função das classes de diâmetro e de altura. A área basal foi calculada utilizando a fórmula: $AB = \pi(DAP/2)^2$, enquanto o volume (VOL) foi estimado multiplicando-se a área basal, a altura das plantas e o fator multiplicativo (f) de 0,6 (CHAVE et al., 2005).

A biomassa acima do solo das espécies foi estimada de forma indireta, aplicando-se o modelo alométrico desenvolvido por Chave et al. (2005), que utiliza os parâmetros densidade da madeira (DEN), altura (ALT) e diâmetro (DAP): $BIO = 0,0509 * DEN * DAP^2 * ALT$.

Os indivíduos foram agrupados em duas categorias: (1) regeneração: indivíduos com altura maior que 1 metro e $dap < 10,0$ cm e (2) árvores maduras: indivíduos com $dap \geq 10,0$ cm.

Foi calculado o Centro de Distribuição Espacial Médio (EBDON, 1998) de inundação e de radiação fotossinteticamente ativa para ambas as populações. O CDEM avalia a distribuição dos indivíduos em função da distância de cada indivíduo em relação à média de inundação e de radiação para cada população.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inundação

A amplitude média de inundação do rio Amazonas durante os últimos 20 anos foi de $10,87 \pm 1,74$ m. Entre os anos de 1987 e 2006 a área não esteve inundada somente no ano de 1992. Foram registrados os maiores valores máximos e médios da altura da coluna d'água em 1987 e, os menores valores em 2004 (Figura 2). A altura média de inundação na área de estudo foi de $2,43 \pm 0,20$ m, o que corresponde a um período médio de inundação anual de $131,85 \pm 6,66$ dias.

Estrutura e crescimento populacional

Foi amostrado um total de 105 indivíduos das duas espécies investigadas, sendo a população de *Hevea spruceana* a que apresentou o maior número de indivíduos ($n=80$). Em ambas as espécies, a maioria dos indivíduos é da regeneração (Figura 3).

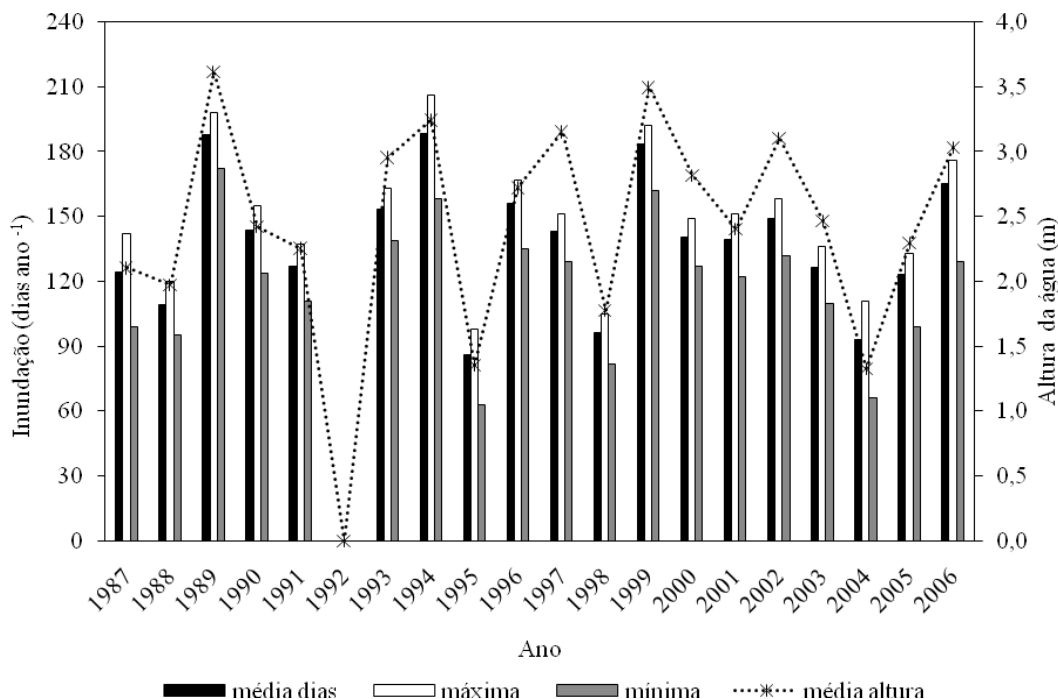


FIGURA 2: Altura e duração média da inundação na área de estudo entre o período de 1987 e 2006 (Dados de 105 medidas no nível do Rio Negro registrados pela capitania dos Portos de Manaus).

FIGURE 2: Height and duration of the inundation in the study area in the period of 1987-2006. Data from 105 measurements of Negro river, in Manaus.

Para *Garcinia brasiliensis* o diâmetro dos indivíduos variou de 0,5 a 39,0 cm e a altura máxima atingida foi de 21,0 m, enquanto que na *Hevea spruceana* o diâmetro variou de 0,5 a 55,6 cm e a altura máxima dos indivíduos arbóreos foi 24,0 m. Os maiores valores médios de diâmetro e de altura das árvores foram encontrados em *Garcinia brasiliensis* (Tabela 1).

Garcinia brasiliensis apresentou as maiores estimativas de área basal e de biomassa lenhosa, enquanto *Hevea spruceana*, o maior volume (Tabela 1). A taxa anual de incremento radial e em altura foi maior em *Hevea spruceana* ($t=3,195$; $p<0,05$; Tabela 1). No entanto, para *Garcinia brasiliensis* os indivíduos arbóreos apresentaram maior idade média em relação à de *Hevea spruceana* ($t=3,241$; $p<0,05$; Tabela 1). Tanto em *Garcinia brasiliensis* quanto em *Hevea spruceana* o diâmetro esteve correlacionado positivamente com a idade ($r=0,84$ e $r=0,88$; $p<0,001$; respectivamente) e com a altura das árvores ($r=0,96$ e $r=0,91$; $p<0,001$; respectivamente).

A maior densidade de indivíduos jovens (diâmetro ≤ 10 cm) em ambas as populações investigadas, indica que as espécies estão se estabelecendo continuamente na área de estudo. No entanto, a ausência de classes diamétricas

intermediárias (30-40 cm) em *Hevea spruceana* sugere que indivíduos com esses diâmetros não se estabeleceram em determinados períodos. É possível que a maioria desses indivíduos tenha se estabelecido em anos de seca prolongada.

As estimativas de biomassa acima do solo encontradas em *Garcinia brasiliensis* resultaram da maior densidade de indivíduos com grandes diâmetros, enquanto a maior idade e as baixas taxas

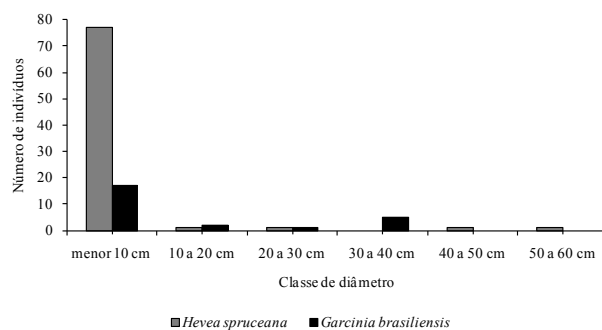


FIGURA 3: Distribuição diamétrica de *Hevea spruceana* e *Garcinia brasiliensis* na área de estudo.

FIGURE 3: Diameter class distribution of *Hevea spruceana* and *Garcinia brasiliensis* in the study area.

TABELA 1: Parâmetros estruturais de *Hevea spruceana* e *Garcinia brasiliensis* na área de estudo. Médias apresentadas com desvio padrão.TABLE 1: Structural parameters of *Hevea spruceana* and *Garcinia brasiliensis* in the study area. Means are presented with standard deviation.

Parâmetros Estruturais	<i>Hevea spruceana</i>	<i>Garcinia brasiliensis</i>
Diâmetro (cm)	3,5± 8,4	10,3±13,7
Altura (m)	3,8± 3,6	6,6± 6,5
Biomassa da madeira acima do solo (Mg/ha)	4,8±9,0	7,7±11,0
Área basal (m ² /ha)	1,0±1,9	1,1±1,6
Volume da madeira acima do solo (m ³ /ha)	12,2±6,9	11,7±2,7
Incremento radial médio anual (cm/ano)	0,28±0,08	0,13±0,02
Incremento anual médio em altura (cm/ano)	31,0±6,8	14,2±2,2
Mínima	36,9	54,5
Idade (anos) Máxima	87,6	158,3
Média	60,2± 19,7	113,5±31,4

de incremento encontradas refletem a alta densidade de sua madeira, a sua estratégia de estabelecimento e o seu grau de adaptação à inundação periódica. Os dados indicam que o estrato regenerante é tolerante a sombra e o conjunto de parâmetros ecológicos indica que esta espécie arbórea é do estágio clímax (BUDOWSKI, 1961; SWAINE e WHITMORE, 1988; WORKES et al., 1992). Assim como a alta taxa de incremento radial e em altura de *Hevea spruceana*, também são resultados das características de sua madeira de baixa densidade, dos requerimentos ecológicos e das estratégias de colonização desenvolvida por essa espécie. Isso reflete claramente a diferença encontrada entre as espécies em relação à taxa média de incremento de biomassa lenhosa, já que *Hevea spruceana* apresenta taxas médias de incremento em diâmetro e em altura duas vezes mais rápidas do que *Garcinia brasiliensis*, apesar da densidade média de sua madeira ser relativamente menor.

Distribuição e inundação

A população de *Garcinia brasiliensis* ocorre em ambientes cuja altura média da coluna d'água é de 2,25±0,24 m com uma duração média de inundação de 126,16±8,02 dias ano⁻¹. No sítio amostral 64 % dos indivíduos estavam distribuídos em áreas topograficamente mais elevadas cuja altura média de inundação anual atinge 0,16±0,11 m (Figura 4A).

Na população de *Hevea spruceana* a altura média da coluna d'água é de 2,48±0,16 m com uma duração média de inundação de 133,63±5,01 dias ano⁻¹. Mais de 77 % dos indivíduos estão distribuídos em cotas mais baixas do relevo (n=18) onde a altura da coluna d'água e

a duração média da inundação são de 0,18±0,13 m e 7,1±4,4 dias ano⁻¹, maior do que aqueles nas cotas mais elevadas (Figura 4A). Em ambas as espécies não foram observadas diferenças significativas na distribuição topográfica entre os indivíduos maduros e os da regeneração. No entanto, as populações apresentaram diferenças em relação à média de inundação anual em que são submetidas (p<0,001).

O padrão de distribuição de espécies arbóreas, em florestas alagáveis, é determinado pela altura e duração da inundação (WITTMANN e JUNK, 2003; JUNK, 1989). No entanto, fatores como a ecologia de dispersão de sementes, as características edáficas e topográficas, e a disponibilidade de luz também exercem influência sobre a distribuição de espécies em áreas inundáveis (DAMASCENO-JÚNIOR et al., 2005; WITTMANN e JUNK, 2003). De acordo com Rosales et al. (2001), o aporte intermediário de nutrientes em ambientes de transição, como na mata ripária do rio Caura na Venezuela, associado com a profundidade da inundação e gradientes hidroquímicos determinaram a co-ocorrência de espécies de várzea e de igapó naquela região, indicando que as diferenças no conteúdo nutricional em uma determinada área exerce efeitos diretos sobre a distribuição de espécies e a estrutura da vegetação.

A ocorrência das espécies arbóreas investigadas nesse tipo de ambiente de águas mistas é resultado provável da dispersão dos diásporos durante o período de águas altas e das adaptações desencadeadas ao longo do processo evolutivo à inundação periódica. De acordo com Junk (1984), o grau de adaptação da vegetação em áreas inundáveis pode ser diretamente influenciado pelo potencial adaptativo das diferentes espécies, pela

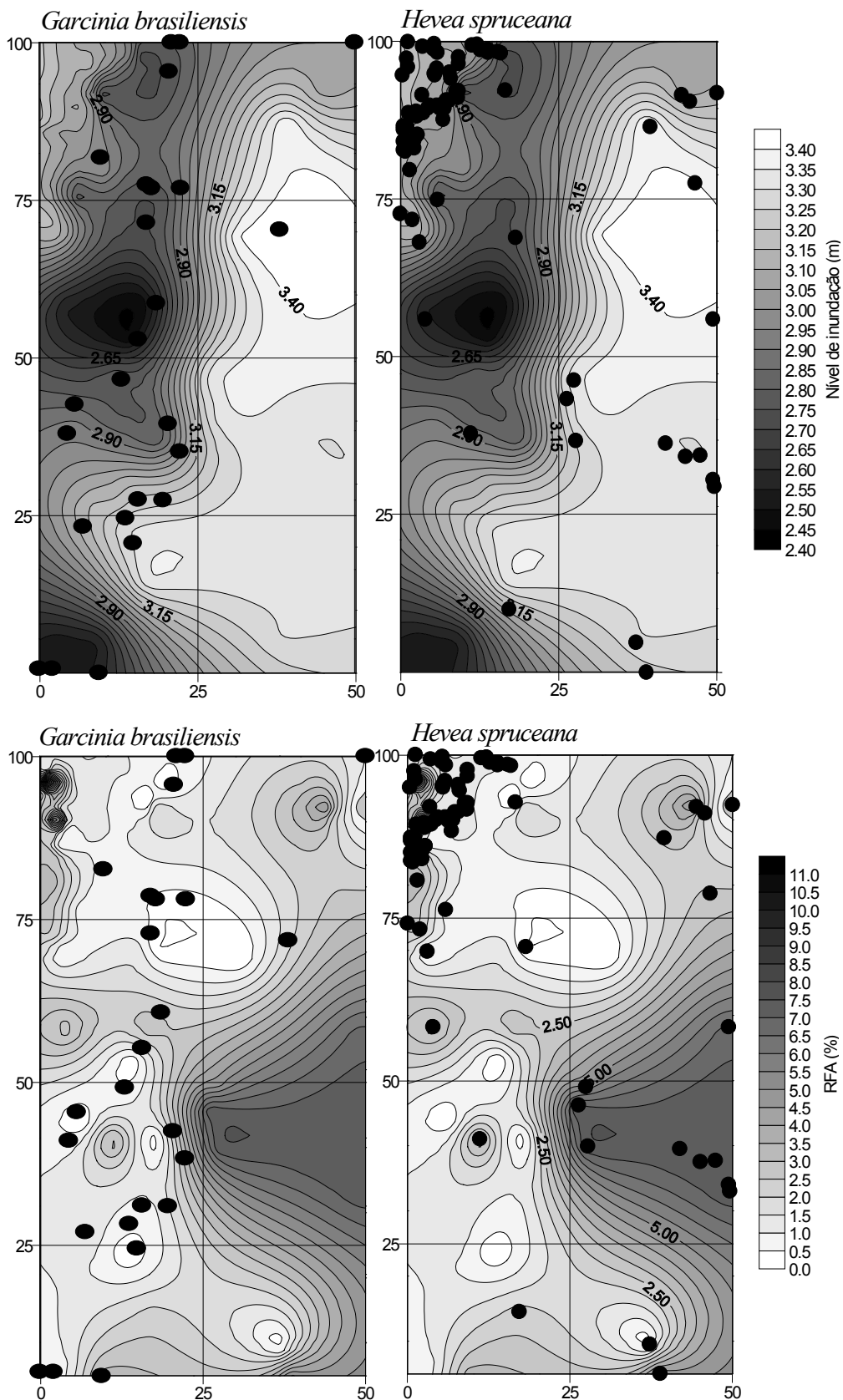


FIGURA 4: Distribuição de *Hevea spruceana* e *Garcinia brasiliensis* na parcela estudada, em função de: A) dos níveis de inundação; B) da radiação fotossinteticamente ativa (RFA).
 FIGURE 4: Distribution of *Hevea spruceana* and *Garcinia brasiliensis* in the studied plot as a function of: A) the levels of inundation; B) the photosynthetically active radiation (PAR).

periodicidade da inundação, pela velocidade da água, taxa de sedimentação e, ainda, pelo tempo em que as áreas foram colonizadas.

A distribuição das duas populações estudadas em diferentes cotas de inundação pode ser resultado das pequenas variações na topografia local e de requerimento de luz. As características da topografia local podem influenciar diretamente no processo de germinação de sementes e de estabelecimento, além de sobrevivência de plântulas (CATTANIO et al., 2002; JONES et al., 1994).

A maior densidade de indivíduos encontrada em *Hevea spruceana* em relação à *Garcinia brasiliensis* e sua distribuição em ambientes sujeitos a uma maior amplitude de inundação mostra que a espécie apresenta uma melhor estratégia de colonização nesses ambientes. *Hevea spruceana*, por ocupar cotas baixas do relevo, mantém raízes e tronco submersos por quase metade do ano. O desenvolvimento de estratégias adaptativas em *Hevea spruceana* determina a sua tolerância à inundação e às condições de hipoxia e/ou anoxia do ambiente, o que contribui para a elevada abundância da espécie em ambientes alagáveis. Essa espécie ocorre tanto em florestas de várzea alta quanto na várzea baixa a uma altura de inundação de 3,9 metros (WITTMANN et al., 2006a). Devido a essas características, *Hevea spruceana* pode ser considerada uma espécie altamente adaptada à inundação periódica.

Em estudo comparativo dos inventários de várzea da Bacia Amazônica (WITTMANN et al., 2006b), *Hevea spruceana* apresentou alto valor de importância. Entretanto, Rodrigues (2007), ao avaliar a distribuição da vegetação em relação a gradientes edáficos no lago Amanã, ambiente transicional, na RDS Amanã, observou que *Hevea spruceana* apresentou correlação com o gradiente edáfico (pH), e ao identificar dois grupos distintos (várzea e igapó) ao longo de um gradiente de distância, observou que essa espécie pertencia ao grupo do igapó.

Radiação fotossinteticamente ativa

No estrato regenerante a RFA foi medida em 93 indivíduos, sendo 17 de *Garcinia brasiliensis* e 76 de *Hevea spruceana*. Na população de *Garcinia brasiliensis* a radiação média incidente foi de $1,31 \pm 0,84$ %, no entanto, 64,7 % dos indivíduos estavam localizados em ambientes mais sombreados onde a RFA foi de $0,53 \pm 0,19$ %. Na população de *Hevea spruceana* a RFA incidente foi de $2,7 \pm 2,3$ % e 67,1 % dos indivíduos encontrava-se em ambientes

mais sombreados onde a RFA incidente foi de $1,2 \pm 0,6$ % (Figura 4B). Houve uma diferença significativa ($p < 0,001$) entre os níveis de radiação fotossinteticamente ativa medidos para cada espécie.

Os valores de RFA incidentes, apesar de baixos, podem refletir diretamente nas estratégias e requerimentos ecológicos de cada espécie. As espécies pioneiras apresentam madeira de baixa densidade, crescimento rápido e requerem elevada radiação para se estabelecer, enquanto as espécies clímax apresentam madeira densa, crescimento lento e podem ocorrer em áreas com dossel fechado e onde há uma baixa incidência de radiação solar no chão da floresta (SWAINE e WHITMORE, 1988).

Apesar da regeneração de *Hevea spruceana* ocorrer em ambientes com baixos níveis de RFA, e da sua madeira ser de baixa densidade, porém, com baixas taxas de incremento radial, e atingir idade superior a 150 anos, essa espécie apresenta certa tolerância à sombra e, portanto, não pode ser classificada como uma espécie pioneira típica. *Garcinia brasiliensis* apresenta madeira de densidade relativamente alta, baixa taxa de incremento radial e pela diminuição dos níveis de RFA em indivíduos com grandes diâmetros pode ser caracterizada como uma espécie clímax e, portanto, tolerante ao sombreamento.

CONCLUSÃO

Dos resultados do estudo de *Hevea spruceana* e *Garcinia brasiliensis* conclui-se que:

A distribuição dos indivíduos dessas espécies mostra ser, aparentemente, afetada pelas variações na topografia local.

Os diferentes padrões de incremento radial, altura e incorporação de biomassa lenhosa acima do solo, encontrados em *Hevea spruceana* e *Garcinia brasiliensis*, refletem as características de sua madeira, assim como suas estratégias e requerimentos ecológicos.

Hevea spruceana pode ser considerada uma espécie altamente adaptada à inundação periódica, e, mesmo apresentando certa tolerância ao sombreamento não se enquadra na categoria de espécie pioneira típica, enquanto que *Garcinia brasiliensis* pode ser considerada uma espécie clímax e tolerante ao sombreamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, I. L.; ADIS, J.; PRANCE, G. T. On the

- vegetation of a seasonal mixed water inundation forest near Manaus, Brazilian, Amazonia. **Amazoniana**, Kiel, v. 14, n. 3/4, p. 335-347, 1997.
- AYRES, J. M. **As matas de várzea do Mamirauá**. CNPQ - Sociedade Civil Mamirauá. Estudos de Mamirauá, Brasília, 1993, 123 p. v.1
- BUDOWSKI, G. **Studies on forest succession in Costa Rica and Panama**. 1961.189 p. P.h.D. Dissertation, Yale University, New Haven, 1961.
- CATTANIO, J. H., ANDERSON, A. B.; CARVALHO, M. S. Floristic composition and topographic variation in a tidal floodplain forest in the Amazon estuary. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 4, p. 419-430, 2002.
- CHAVE, J. et al. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. **Oecologia**, v. 145, p. 87-99, 2005.
- DAMASCENO-JUNIOR, G. A. et al. Structure, distribution of species and inundation in a riparian forest of Rio Paraguai, Pantanal, Brazil. **Flora**, v. 200, p. 119-135, 2005.
- EBDON, D. **Statistics in Geography**. Basil Blackwell, Oxford, 1998. 232 p.
- FONSECA-JUNIOR, S. F.; PIEDADE, M. T. F.; SCHÖNGART, J. Wood growth of *Tabebuia barbata* (E. Mey.) Sandwith (Bignoniaceae) and *Vatairea guianensis* Aubl. (Fabaceae) in Central Amazonian black-water (igapó) and white-water (várzea) floodplain forests. **Trees**, v. 23, p. 127-134, 2009.
- FONSECA-KRUEL, V. S.; PEIXOTO, A. L. Etnobotânica na Reserva Extrativista Marinha de Arraial do Cabo, RJ, Brasil. **Acta Botanica Brasílica**, v. 18, n. 1, p. 177-190, 2004.
- JONES, R.H. et al. Woody plant regeneration in four floodplain forests. **Ecological Monographs**, v. 64, p. 345-367, 1994.
- JUNK, W. J. Ecology of the várzea floodplain of Amazonian white water rivers. In: SIOLI, H. **The Amazon: Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin**. Dordrecht: Dr. W.J. Junk Publishers, 1984. p. 216-243.
- JUNK, W. J.; BAYLEY, P. B.; SPARKS, R. The flood pulse concept in River-Floodplain Systems. In: DODGE, D. P. **Proceedings of the International Large River Symposium**. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 106, 1989, p. 110-127.
- PAROLIN, P. de S. et al. Central Amazonian Floodplain Forests: Tree Adaptations in a Pulsing System. **The Botanical Review**, v. 70, n. 3, p. 357-380, 2004.
- PIRES, J. M.; PRANCE, G. T. The vegetation types of the Brazilian Amazon. In: PRANCE, G. T.; LOVEJOY, T. E. **Amazon: key environments**. Oxford: Pergamon Press, 1985, p. 109-145.
- PRANCE, G. T. Notes on the vegetation of Amazonia III. The terminology of Amazon forest types subject to inundation. **Brittonia**, v. 31, n. 1, p. 26-38, 1979.
- RODRIGUES, R. **Diversidade florística, estrutura da comunidade arbórea e suas relações com variáveis ambientais ao longo do lago Amanã (RSA), Amazônia Central**. 2007. 68 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2007.
- ROSALES, J.; PETTS, G.; KNAB-VISPO, C. Ecological gradients within riparian forests of the lower Caura River, Venezuela. **Plant Ecology**, v. 152, p. 101-118, 2001.
- SCHÖNGART, J. et al. Phenology and stem-growth periodicity of tree species in Amazonian floodplain forests. **Journal of Tropical Ecology**, v. 18, p. 581-597, 2002.
- SCHÖNGART, J. et al. Teleconnection between tree growth in the Amazonian floodplains and the El Niño–Southern Oscillation effect. **Global Change Biology**, v.10, p. 683–692, 2004.
- SCHÖNGART, J. et al. Wood growth patterns of *Macaranga acaciifolium* (Benth.) Benth. (Fabaceae) in Amazonian black-water and white-water floodplain forests. **Oecologia**, v. 145, p. 454–461, 2005.
- SIOLI, H. 1991. **Amazônia: Fundamentos da ecologia da maior região de florestas tropicais**. 3. ed. Petrópolis: Vozes, 1991. 72 p.
- STADTLER, E. W. C. **Estimativas de biomassa lenhosa, estoque e seqüestro de carbono acima do solo ao longo do gradiente de inundação em uma floresta de igapó alagada por água preta na Amazônia Central**. 2007. 57 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2007.
- SWAINE, M. D.; WHITMORE, T. C. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. **Vegetatio**, v. 75, p. 81-86, 1988.
- WITTMANN, F. et al. **Manual of tree species from Central Amazonian várzea floodplains**. Manaus: Ed. INPA, 2010, p 298.
- WITTMANN, F. et al. Tree species composition and diversity gradients in with-water forests across the Amazon Basin. **Journal of Biogeography**, v. 33, n. 8, p. 1334–1347, 2006b.

WITTMANN, F. et al. Wood specific gravity of trees in Amazonian white-water forests in relation to flooding. **IAWA J.**, v. 27, n. 3, p. 255-266, 2006a.

WITTMANN, F.; JUNK, W. J. Sapling communities in Amazonian white-water forests. **Journal of Biogeography**, v. 30, n. 10, p. 1533-1544, 2003.

WORBES, M. Lebensbedingungen und Holzwachstum in zentralamazonischen Überschwemmungswäldern. **Scripta geobotanica**,

v. 17, p.1–112, 1986.

WORBES, M. One hundred years of tree-ring research in the tropics – a brief history and an outlook to future challenges. **Dendrochronologia**, v. 20, p. 217-231, 2002.

WORBES, M. The Forest Ecosystem of the Floodplain. In: JUNK, W. J. **The Central-Amazonian Floodplain: Ecology of a Pulsing System**. Heidelberg: Springer Verlag, Berlin, 1997. p. 223-266. (Ecological Studies. v. 126).