

CIRCULAR TÉCNICA

76

Rio Branco, AC
Abril, 2019

Regeneração Natural do Mogno (*Swietenia macrophylla* King) em Área Manejada na Amazônia Sul-Occidental

Quétilla Souza Barros
Marcus Vinício Neves d'Oliveira
Luís Cláudio de Oliveira



OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL



Regeneração Natural do Mogno (*Swietenia macrophylla* King) em Área Manejada na Amazônia Sul-Occidental¹

Introdução

Em termos econômicos o mogno (*Swietenia macrophylla* King) é uma das essências florestais madeireiras mais importantes presentes em florestas tropicais (Grogan et al., 2005, 2014). Essa espécie ocorre naturalmente com baixa densidade populacional, menos de um indivíduo por hectare (Marengo et al., 2001). Estima-se que tenham restado somente 20% dos estoques de mogno na América do Sul; a colheita excessiva impulsionada pela demanda levou ao declínio da população (Grogan et al., 2010). Essa situação criou a necessidade de que o mogno fosse incluído na lista vermelha de espécies ameaçadas de extinção pela União Internacional para Conservação da Natureza e dos Recursos Naturais – IUCN (World Conservation Monitoring Centre, 2015). Em 2008 o mogno foi inserido na lista das espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção, pela Instrução Normativa nº 16 (Brasil, 2008).

A Instrução Normativa nº 1 permite a aprovação de planos de manejo florestal sustentável na Amazônia, que incluam espécies constantes na lista da flora brasileira ameaçadas de extinção na categoria vulneráveis, entre elas, o mogno, desde que seja estabelecido o seguinte critério: manutenção de pelo menos 15% do número de árvores por espécie na área de exploração da unidade de produção anual (UPA), respeitando o limite mínimo de manutenção de quatro árvores por espécie por 100 hectares (Brasil, 2015).

Os distúrbios ocasionados pela exploração seletiva e seus efeitos na recuperação das populações nas florestas tropicais e no rendimento futuro da

¹ Quétilla Souza Barros, engenheira florestal, doutoranda em Ciências Florestais, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES; Marcus Vinício Neves d'Oliveira, engenheiro florestal, Ph.D. em Manejo Florestal, pesquisador da Embrapa Acre, Rio Branco, AC; Luís Cláudio de Oliveira, engenheiro florestal, mestre em Ciências de Florestas Tropicais, pesquisador da Embrapa Acre, Rio Branco, AC.

madeira para espécies de alto valor comercial são pouco conhecidos pela falta de informações sobre dinâmica das espécies (Grogan et al., 2014). Poucos estudos nessa área foram relacionados ao tema, como por exemplo, Gullison et al. (1996) na Bolívia; Oliveira (2000), no Acre; Grogan et al. (2005); Grogan e Galvão (2006), no Pará; e Gutiérrez-Granados et al. (2011), no México.

A produção de florestas tropicais exploradas seletivamente inclui a promoção da regeneração adequada e o manejo da alta diversidade de espécies e o seu lento crescimento, em especial, daquelas comercialmente importantes, como o mogno (Negreiros-Castillo; Mize, 2006; Keller et al., 2007). A possibilidade da produção madeireira ser sustentada por múltiplos ciclos de corte ou rotações depende do crescimento e da produção por árvores adultas e regeneração de plântulas (Smith et al., 1997). No caso do mogno especificamente, há um risco de extinção da espécie, porque a renovação dos estoques não vem ocorrendo na mesma proporção da exploração (Silva et al., 2017).

Esta publicação teve como objetivo estudar a dinâmica da regeneração natural da *Swietenia macrophylla* em uma unidade de produção anual (UPA), na área de manejo florestal da Floresta Estadual do Antimary, Acre, tendo como enfoque verificar se as alterações promovidas pela exploração florestal provocaram mudanças significativas no estabelecimento da regeneração natural da espécie nos diferentes ambientes estudados, além disso, está de acordo com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Material e métodos

Caracterização da área de estudo

A Floresta Estadual do Antimary (FEA) foi constituída legalmente por meio do Decreto de criação nº 046 de 7 de fevereiro de 1997 com área total de 57.629,00 hectares. Está localizada nos municípios de Bujari e Sena Madureira na região centro-leste do estado do Acre (Figura 1).

A área de estudo possui 1.000 ha e faz parte da UPA 03, explorada em 2013 (Figura 1). De acordo com o inventário censitário (DAP > 30 cm) constante no plano de operação anual (POA) da UPA, a densidade de mogno foi de 0,046 ind. ha⁻¹. Durante a exploração foram cortadas 1.086 árvores, pertencentes a

45 espécies, com critérios atendidos para exploração com uma intensidade de corte média de $11,618 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. O planejamento e a execução da exploração foram feitos seguindo a metodologia Modeflora (Figueiredo et al., 2007), e as espécies *Hevea brasiliensis* L., *Bertholetia excelsa* H.B.K e *Swietenia macrophylla* King foram consideradas protegidas.

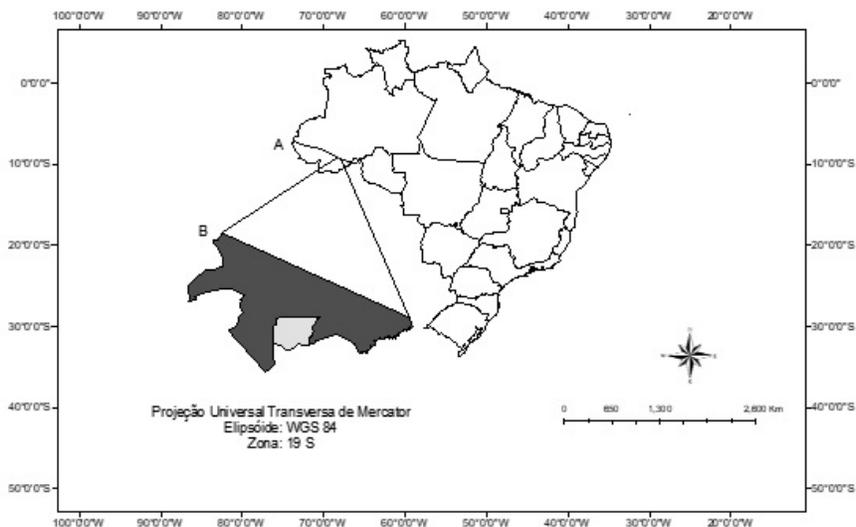


Figura 1. Localização do estado do Acre no Brasil (A); Floresta Estadual do Antimary (polígono cinza-escuro) e unidade de produção anual (UPA) 03 (polígono cinza-claro) (B).

Delimitação amostral

Dentro da UPA foram selecionadas 20 árvores matrizes de mogno de um total de 184 amostradas durante a execução do inventário florestal censitário (DAP > 30 cm). A posição das árvores foi obtida do inventário censitário, realizado em 2011, no qual todas as árvores amostradas tiveram suas coordenadas tomadas em campo por meio de receptores GPS (Garmin). As árvores selecionadas para o estudo foram remeidas em campo (DAP) e sua posição precisa obtida por GPS geodésico (TechGeo II). Essa atividade ocorreu em outubro de 2014. O critério de seleção das matrizes levou em consideração os seguintes aspectos: a) frutificação observada em 2014; b)

maior porte (altura e diâmetro); c) acesso (por conta da alta incidência de bambu (*Guadua* sp.) e dificuldade de deslocamento no período chuvoso; e d) limitação de recursos financeiro, humano e tempo.

Foram realizados levantamentos do estabelecimento e desenvolvimento da regeneração natural em transectos instalados em torno das árvores matrizes de *Swietenia macrophylla* em cinco ambientes: floresta (área não explorada), trilhas de arraste, pátios de estocagem de toras, borda de estradas secundárias e leito de estradas secundárias, durante um ano.

Coleta de dados

Levantamento da regeneração natural

Regeneração natural dentro da floresta não perturbada

Para contabilização da ocorrência de plântulas ao redor de cada matriz, foram instalados quatro transectos com 40 metros de comprimento por 5 metros de largura, partindo da base de cada árvore matriz em quatro quadrantes norte, sul, leste e oeste, com o emprego de fita zebra para demarcar o centro das subparcelas, conforme adaptado de Grogan et al. (2005), para avaliar a influência dos ventos predominantes na dispersão de sementes. Dentro dos transectos foram identificadas e medidas a altura e a distância da árvore matriz da regeneração natural em intervalos de 5 m (0–5, 5–10, 10–15, 15–20, 20–25, 25–30, 30–35 e 35–40).

Em cada árvore matriz e dentro de cada transecto a ocorrência de plântulas foi contabilizada, no início da estação chuvosa (período pós-dispersivo) no ano de 2014. O objetivo foi contabilizar todas as plântulas pertencentes à produção de sementes de 2013. No ano seguinte os levantamentos foram repetidos nos meses de junho, julho e outubro.

Regeneração natural em áreas alteradas

Para efeito de determinação da regeneração natural, em áreas alteradas pela exploração florestal, foram adotados quatro tratamentos, considerando mudas presentes em pátios de estocagem de toras, estradas secundárias (borda e leito) e trilhas de arraste.

Todas as trilhas de arraste, estradas secundárias e pátios de estocagem próximos às árvores matrizes foram amostrados. As trilhas de arraste foram amostradas por meio de parcelas de 40 m x 3 m divididas em subparcelas de 5 m x 5 m de forma contínua. Nos pátios de estocagem as parcelas foram de 5 m x 5 m e todas as mudas de mogno presentes foram registradas. Da mesma forma, nas estradas, todas as mudas encontradas ao longo de transectos de 40 m x 3 m foram plaqueteadas e medidas. As áreas laterais, alteradas durante a abertura da estrada, porém sem tráfego de máquinas foram classificadas como bordas, enquanto as áreas de trânsito de máquinas e veículos foram classificadas como leitos das estradas. No total, foram amostradas nove trilhas de arraste, três pátios de estocagem e seis estradas, totalizando 18 transectos em ambientes explorados.

Todos os indivíduos de *S. macrophylla* recém-germinados até mudas com altura máxima de 1,30 m foram considerados como regenerantes. Todas as plântulas amostradas foram plaqueteadas e medidas as alturas (cm) e diâmetro do colo (DC mm). O levantamento das taxas de ingresso, crescimento e mortalidade foi feito nos meses de junho e julho de 2015 (início da estação seca) (Figura 2).

O crescimento foi calculado como sendo a diferença em altura (mm) entre as duas medições.

As taxas de mortalidade foram calculadas pelo método adaptado de Lieberman e Lieberman (1987), de acordo com a fórmula a seguir:

$$M = (N_1 / N_0) / T$$

Sendo:

N1 = número de plântulas sobreviventes no segundo inventário meses depois.

N0 = número de plântulas no primeiro inventário.

T = intervalo entre as medições.



Fotos: Quétia Souza Barros

Figura 2. Regeneração natural de *S. macrophylla* na Floresta Estadual do Antimary, Acre, no período de 2014–2015: plântula recém-germinada (A) e muda com folhas modificadas (B).

Em outubro de 2015, foi realizado novo levantamento para obtenção da taxa de ingresso do respectivo ano. Foram considerados ingressos todos os indivíduos presentes em um levantamento, que não constavam no anterior, conforme Condit et al. (1995).

Para obtenção das variáveis morfométricas, área de projeção da copa (m^2) e altura total (m) das árvores matrizes foi gerado o modelo de altura do dossel (CHM), composto por todos os retornos úteis da amostra dos dados brutos, por meio do sobrevoo do LiDAR realizado sobre a área de estudo no mês de outubro de 2015. Os dados LiDAR foram obtidos por sensor LiDAR Harrier 68 i Trimble (300 kHz), acoplado em uma aeronave Cesna 206, voando a 600 m de altitude com velocidade média de 198 km/h. A sobreposição foi de 50% resultando em uma nuvem de pontos com densidade média igual ou superior a $5,5/m^2$, cobrindo uma área de 1.000 ha. O modelo e a altura de dossel foram elaborados segundo método proposto por Oliveira et al. (2014).

As coordenadas das 20 árvores matrizes selecionadas receberam transformação geocêntrica nos parâmetros X Y, para obtenção da sua localização exata na nuvem de pontos LiDAR. O isolamento dos pontos do LiDAR das árvores matrizes da amostra foi feito por meio da confecção de um polígono tridimensional na região do entorno de cada copa, seguindo metodologia adaptada de Figueiredo (2014). A partir desses polígonos foram calculadas as áreas de projeção das copas (ArcGis 10.1). As alturas totais (HT) foram calculadas no programa Fusion, versão 3.3, pela diferença entre a elevação dos retornos na base e no topo da copa da árvore.

Análises estatísticas

Para determinar os efeitos de ambientes (floresta, trilha, pátio, leito e borda de estrada) e direção (norte, sul, leste e oeste) sobre o número total de plântulas, ingressos, plântulas mortas, sobreviventes e crescimento, foi utilizado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (Kruskal; Wallis, 1952), usando o PROC NPAR1WAY Wilcoxon com estimação de Monte Carlo.

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{i=1}^c \frac{R_i^2}{n_i} - 3(N+1)$$

Sendo:

H = valor da estatística de Wilcoxon.

N = $\sum n_i$, número de observações em todas as amostras combinadas.

c = número de amostras.

R_i = soma de ranking na iésima amostra.

n_i = número de observações na iésima amostra.

Se ocorrerem empates H é dividido por:

$$1 - \frac{\sum T}{N^2 - N}$$

Sendo:

T = (t-1) t(t+1) para cada grupo de empates.

Efeitos significativos de ambientes ou direção dos ventos foram comparados por meio da transformação de dados originais em rank (PROC RANK) e posterior análise de variância e comparação de médias (PROC GLM LSD). Efeitos de distância, área de projeção da copa e altura total, no número de plântulas por ambiente foram estimados por análise de correlação. Para que pudesse ser feita a análise de correlação, os dados de regeneração natural por ambiente foram normalizados por transformação logarítmica na base 10. O crescimento em altura das plântulas (mm) foi estudado por meio de análise de correlação, por ambiente, distância e direção dos ventos. Todas as análises foram realizadas utilizando-se o programa SAS 9.2.

Resultados e discussão

Influência do ambiente e direção dos ventos na dinâmica de regeneração natural

O ambiente só apresentou efeito significativo para o total de plântulas ($p > \chi^2 = 0,013$) por meio do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (Tabela 1). A origem geográfica (norte, sul, leste, oeste) não apresentou significância para nenhuma das variáveis analisadas (total de plântulas, número de ingressos, número de plântulas mortas, número de plântulas vivas e crescimento). Verificou-se que as chances de sobrevivência, ingresso, mortalidade e crescimento foram iguais em todos os ambientes e orientações.

Tabela 1. Teste não paramétrico de Kruskal-Wallis para efeito do ambiente (floresta, trilha, pátio, borda e leito de estradas) e da origem geográfica (norte, sul, leste e oeste) no total de plântulas, ingresso, mortalidade, sobrevivência e crescimento de *Swietenia macrophylla* no período de 2014–2015 na Floresta Estadual do Antimary, Acre.

Tratamento	Variável	df	χ^2	$p > \chi^2$
Ambiente	Total de plântulas	4	12,68	0,013
	Ingressos	3	4,68	0,197
	Mortalidade	4	6,87	0,143
	Sobrevivência	4	8,04	0,090
	Crescimento	4	1,07	0,785
Origem geográfica (N, S, L e O)	Total de plântulas	4	2,15	0,708
	Ingressos	4	1,7	0,791
	Mortalidade	4	7,8	0,099
	Sobrevivência	4	7,26	0,123
	Crescimento	4	6,64	0,084

Diferença significativa ($p < 0,05$).

A maior concentração da população da regeneração natural da *Swietenia macrophylla* King foi encontrada na floresta não perturbada (1.559 plântulas – 88,8%), com plântulas apresentando altura média de 22,9 cm \pm 0,14 cm e máxima de 69 cm. Para os demais ambientes alterados pela exploração madeireira, a quantidade de plântulas foi bem inferior: 87 (4,9%) nas bordas das estradas, com média de altura de 31,7 cm \pm 1,4 cm e máxima de 1,0 m; 27 (1,5%) nos leitos, com altura média de 35 cm \pm 1,4 cm e máxima de 49 cm; 79 (4,5%) nas trilhas de arraste, com altura média de 26,7 cm \pm 1,1 cm e máxima de 65 cm; e 4 plântulas (0,22%) nos pátios, com altura média de 39,03 cm \pm 15,5 cm.

Das 1.559 plântulas inventariadas na floresta não perturbada, 81,4% morreram entre os dois levantamentos; nas trilhas de arraste a porcentagem de mortalidade foi de 88,6%; nas bordas das estradas, 69%; e nos leitos das estradas, 51,9%. Os pátios de estocagem apresentaram as taxas de mortalidade mais baixas, 25% (Figura 3). Na floresta foi observada uma taxa de ingresso de 25,4%; nas bordas, 3,4%; nos leitos, 3,7%; e nos pátios e trilhas não houve ingressos (Figura 3).

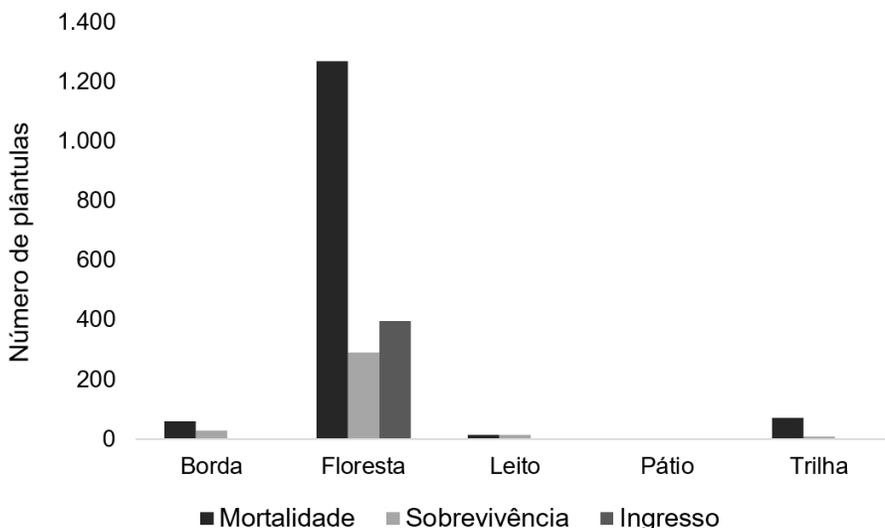


Figura 3. Percentual de plântulas de *Swietenia macrophylla* regenerantes, recrutadas e mortas, observadas nas parcelas experimentais nos ambientes de floresta, trilhas, pátios, bordas e leitos de estrada no período de 2014–2015 na Floresta Estadual do Antimary.

Embora não tenha sido observado que houve efeito estatisticamente significativo do ambiente na dinâmica de regeneração natural, os pátios de estocagem foram os locais onde as plântulas apresentaram melhor estabelecimento, devido à baixa mortalidade verificada nesse ambiente. Foi observado que os ambientes com maior abundância de plântulas não foram os mais propícios ao estabelecimento da espécie, em função talvez da menor incidência de luz. A alta mortalidade das plântulas nas trilhas pode ter ocorrido em decorrência da influência direta da floresta pela proximidade, o que também pode ter afetado as plântulas presentes nas bordas e leitos de estradas.

Os resultados corroboram com a literatura que cita que as chances de sobrevivência são maiores nas clareiras, por conta da maior ocorrência de luz (Oliveira, 2000; Negreros-Castillo; Mize, 2004; Grogan et al., 2005; Escalante et al., 2012). Há altos índices de mortalidade de plântulas no ambiente de floresta (Gullison; Hubbell, 1992; Gullison et al., 1996, na Bolívia; Grogan et al., 2003; Negreros-Castillo; Mize, 2003; Grogan et al., 2005; Verwer et al., 2008; Free et al., 2014). Snook e Negreros-Castillo (2004), por exemplo, observaram em plantios da zona de Floresta Maia no México taxa de sobrevivência de mudas em ambiente de dossel fechado de 5% após 58 meses, enquanto a sobrevivência em clareiras chegou a 50%. Grogan et al. (2005) encontraram em 8 anos após a germinação somente 1%–2% das plântulas no interior da floresta, no Pará, Brasil.

Para o ambiente de sub-bosque, o alto índice de mortalidade observado neste estudo pode, como os demais levantamentos citados, ter ocorrido em função da baixa disponibilidade de luz. Embora as plântulas não necessitem de luz para germinar, a falta dela retardou ou impediu o seu desenvolvimento. Foi observado neste trabalho que as plântulas que sobreviveram no intervalo entre os levantamentos estavam localizadas em partes da floresta que permitiam a entrada de luz (pequenas clareiras).

Efeito da altura, projeção de copa, diâmetro à altura do peito e distância no número de plântulas de *Swietenia macrophylla* King

Pela análise de correlação foi observada relação linear significativa entre as variáveis altura e área de projeção da copa ($r = 0,56$, $p < 0,05$), altura e DAP ($r = 0,48$, $p < 0,001$), área de projeção da copa e DAP ($r = 0,35$, $p < 0,001$), DAP e número de plântulas ($r = 0,29$, $p < 0,001$), distância e número de plântulas ($r = -0,28$, $p < 0,01$) e número de plântulas e altura ($r = 0,26$, $p < 0,05$). As demais correlações analisadas (altura-distância; área de projeção da copa-distância-número de plântulas; DAP-distância) não foram significativas (Tabela 2). Neste estudo, houve uma tendência de aumento da área de projeção da copa das matrizes, conforme acréscimo na altura da árvore. Por exemplo, a árvore de menor altura (24,37 m) apresentou a mais baixa área de projeção da copa (55,97 m²). O mesmo foi observado para a correlação entre a altura e o DAP e área de projeção da copa e DAP. Padoin e Finger (2010) e Wink et al. (2012) constataram esse mesmo padrão, indicando que os parâmetros da copa têm relação direta com o porte das árvores em altura e DAP.

Tabela 2. Matriz de correlação parcial dos resíduos entre as variáveis altura, projeção de copa, diâmetro à altura do peito (DAP), distância de plântulas em relação à matriz e número de plântulas.

Variáveis	Altura (m)	Área de projeção da copa (m)	DAP (cm)	Distância (m)	Nº de plântulas
Altura		***	***	ns	*
Área de projeção da copa	***		***	ns	ns
DAP	***	***		ns	***
Distância	ns	ns	ns		**
Número de plântulas	*	ns	***	**	

ns=Não significativo. Diferença significativa *** $p < 0,001$; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$.

Sumida et al. (2013), em estudo desenvolvido em florestas japonesas ao longo de duas décadas, também levantaram que há uma relação alométrica positiva entre a altura da árvore, DAP e área de copa, ou seja, normalmente quanto maior a altura, maior o DAP e área de projeção da copa. Essa observação também foi realizada por Peper et al. (2001) em florestas americanas. Os resultados obtidos neste estudo denotam que possivelmente o padrão de desenvolvimento dessas árvores em altura e área de projeção da copa foi constante, ou seja, quanto mais velha a árvore matriz, maiores as dimensões.

Quanto à correlação existente entre o DAP das matrizes e o número de plântulas, as árvores de maior porte foram responsáveis pela produção de 58,8% das plântulas, enquanto as de menor porte por 41,2%; portanto, também houve uma tendência de maior produção de plântulas para as árvores nas maiores classes de DAP. Esse padrão não foi constante para todas as árvores que compuseram a amostra, possivelmente por conta de fatores, como incidência de luz, competição, entre outros. Alguns trabalhos desenvolvidos em florestas mexicanas e bolivianas (ex. Gulisson et al., 1996; Snook et al., 2005; Verwer et al., 2008; Camará-Cabrales, Kelty, 2009) já haviam mostrado que árvores com $DAP \geq 70$ cm produziram significativamente mais frutos a cada ano do que as árvores de menores diâmetros e conseqüentemente maior número de sementes e plântulas estabelecidas. Isso foi observado neste estudo de regeneração natural da FEA, já que matrizes com maior porte em altura e diâmetro produziram mais plântulas (ex: matriz com placa do inventário florestal 74 Ht = 48,68 m, DAP = 143,27, números de plântulas estabelecidas na floresta = 395).

Quanto à correlação significativa entre a variável distância em relação às árvores matrizes e o número de plântulas, as distâncias de 10 m–15 m da árvore matriz foram as que apresentaram maior concentração de plântulas de *Swietenia macrophylla* King. A partir de 15 m houve um forte declínio no número de plântulas e entre 30 m e 40 m esse número permaneceu constante. Esse comportamento da distribuição das plântulas indica que mesmo em pequena quantidade ainda há regeneração natural da espécie após a distância máxima da árvore matriz (40 m) adotada neste estudo.

Como constatado, foi observado maior número de plântulas nas distâncias inferiores a 15 m, comprovando que há uma síndrome de dispersão restrita das sementes no entorno da planta-mãe. Esses resultados corroboram com

os encontrados por Loveless e Gulisson (2003) e Alcalá et al. (2014), em florestas da Bolívia e México, em que a maioria das sementes é lançada em um raio inferior a 30 m, e são dissimilares dos relatados por outros autores que descrevem como distâncias mínimas de dispersão 10 m (Norghauer et al., 2011); no estado do Pará, Brasil, foram encontradas distâncias médias entre 22 m–36 m (Gullison et al., 1996; Grogan; Galvão, 2006; Norghauer et al., 2011) e máximas de 80 m (Gullison et al., 1996). Segundo Loveles e Gulisson (2003), distâncias de dispersão superiores a 30 m podem denotar populações que diferem geneticamente, ou seja, uma matriz pode ter sementes dispersas na área de entorno de outra árvore, o que não pode ser comprovado para a FEA, pois não foi realizado o levantamento das características genéticas das matrizes.

Trabalhos feitos em outros locais encontraram resultados diferentes do presente estudo, por terem sido realizados em regiões com características ambientais distintas das observadas na FEA, com ocorrência de grandes distúrbios ambientais (ex: furacões) (Brown et al., 2003; Vester; Navarro-Cerrillo, 2005; Medina et al., 2014). Na Amazônia brasileira, dentro da zona de ocorrência da espécie, não têm sido reportados distúrbios ambientais severos. A regeneração natural ocorre no entorno de indivíduos adultos, em áreas pequenas, comparadas às da América Central, e em intervalos de tempo menores (Grogan, 2001). O fato da regeneração natural ocorrer em áreas mais restritas na Amazônia também pode explicar as menores distâncias de dispersão para as matrizes estudadas na FEA, comparadas a outras localidades.

Como já mencionado, a correlação para a altura total e o número de plântulas também foi linearmente significativa; o número de plântulas foi crescente nas classes de altura mais elevadas, alcançando o maior número próximo aos 50 m. A média de altura das matrizes foi de 40,51 m, com máxima de 51,21 m e mínima de 24,37 m. Essa informação levantada na FEA diferiu das observações de Norghauer et al. (2011), em estudo sobre a influência do porte e da fecundidade das árvores de mogno na produção e dispersão de sementes no Pará, Brasil, onde a área de projeção da copa foi o parâmetro que melhor explicou a produção de sementes. Muller-Landau et al. (2008), em florestas panamenhas, identificaram que a altura total da árvore é um

fator importante para explicar as diferenças existentes na dispersão das sementes.

Ainda em relação ao parâmetro altura total (m), em outras áreas do Acre também sem histórico de extração da *S. macrophylla*, Da Cunha et al. (2016) mensuraram altura mínima de 15,5 m, média de 28,1 m e máxima de 39,9 m. Na Floresta de Quintana Roo, México, a altura máxima para árvores comerciais de mogno foi de 42,4 m (Negreros-Castilho; Mize, 2014), diferindo do padrão encontrado para a população estudada na FEA. Na Península de Yucatán, também no México, as alturas variaram entre 19,7 m–29,4 m (Camará-Cabrales; Kelty, 2009). O padrão altura varia conforme o ambiente estudado e a forma de medição; alturas estimadas tendem a apresentar valores mais elevados, quando comparados a medições diretas (Gonçalves et al., 2008). Nos trabalhos mencionados as alturas foram estimadas com hipsômetro, enquanto as alturas, assim como áreas de projeção da copa para as matrizes do experimento, foram calculadas via LiDAR. Portanto, as alturas das árvores de *S. macrophylla* mensuradas na FEA, provavelmente, foram bem mais precisas que as dos demais estudos mencionados, com margem de erro de 15 cm.

Conclusões e recomendações

- 1) A maior parte das plântulas foi observada entre 10 m–15 m da matriz e árvores maiores (maior área de projeção de copa e altura) foram capazes de lançar sementes a distâncias maiores. A direção dos ventos não apresentou nenhum efeito significativo no estabelecimento de plântulas nos ambientes estudados.
- 2) Nenhum dos parâmetros observados afetou significativamente o crescimento, ingresso ou mortalidade das plântulas. No entanto, observando apenas as médias, os pátios de estocagem produziram o melhor ambiente para o desenvolvimento da regeneração natural da espécie.
- 3) As perturbações promovidas pela exploração florestal não foram suficientes para favorecer a regeneração natural do mogno devido à limitação de dispersão das sementes. Mesmo a espécie tendo sido preservada e a exploração madeireira tenha criado ambientes favoráveis ao desenvolvimento das

plântulas, o fato de não ter havido regeneração diferenciada nos ambientes alterados por operações florestais denota que tratamentos silviculturais, como abertura do dossel, plantios de enriquecimento e diminuição da competição para favorecer o crescimento e a sobrevivência das plântulas, sejam necessários para garantir a regeneração da espécie.

Agradecimentos

A Capes, ao CNPq e ao governo do estado do Acre, por meio do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), pelo financiamento da pesquisa; à equipe da Embrapa, Robert Thompson, Fernanda Fonseca, Airton Farias, Aldeci Oliveira, Manoel Freire e Paulo Carvalho; aos colegas de pesquisa Anelena Carvalho, Nara Pantoja e Leilson Gomes, pelo auxílio; e a Janice Ferreira do Nascimento, pela ajuda com os dados LiDAR.

Referências

ACRE. Secretaria de Estado de Floresta. **Plano Operacional Anual 2011** – Reformulado UPA 03: Bujari/Sena Madureira, Acre, janeiro de 2015. Rio Branco, 2015.

ALCALÁ, R. E.; ALONSO, R. L.; GUTIÉRREZ-GRANADOS, G. Seed shadow of *Swietenia macrophylla* remnant trees in a mexican rainforest: implications for forest management. **Botanical Sciences**, v. 92, n. 4, p. 599-605, Oct./Dec. 2014.

BRASIL. **Instrução Normativa nº 06, de 23 de setembro de 2008**. Reconhece como espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção aquelas constantes do Anexo I a esta Instrução Normativa. Disponível em: <www.mma.gov.br/estruturas/179/_arquivos/179_05122008033615.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2014.

BRASIL. **Instrução normativa nº 1, de 12 de fevereiro de 2015**. Regulamenta a exploração comercial de madeira da flora que integra a Lista Nacional Oficial de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção. Disponível em: <http://www.lex.com.br/legis_26485622_INSTRUCAO_NORMATIVA_N_1_DE_12_DE_FEVEREIRO_DE_2015.aspx>. Acesso em: 30 nov. 2015.

BROWN, N.; JENNINGS, S.; CLEMENTS, T. The ecology, silviculture and biogeography of mahogany (*Swietenia macrophylla*): a critical review of the evidence. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 6, n. 1-2, p. 37-49, 2003.

- CAMARÁ-CABRALES, C.; KELTY, M. J. Seed dispersal of big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla*) and its role in natural forest management in the Yucatán península, Mexico. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 21, n. 3, p. 235-245, July 2009.
- CONDIT, R.; HUBBELL, S. P.; FOSTER, R. B. Demography and harvest potential of Latin American timber species: data from a large permanent plot in Panama. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 7, n. 4, p. 599-622, June 1995.
- DA CUNHA, T. A.; FINGER, C. A. G.; HASENAUER, H. Tree basal area increment models for Cedrela, Amburana, Copaifera and Swietenia growing in the Amazon rain forests. **Forest Ecology and Management**, v. 365, p. 174-183, Apr. 2016.
- ESCALANTE, E.; SARAVIA, P.; BRAVO, F. Survival and growth of big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla* King) seedlings in two provenance trials in Bolivia. **Ecología en Bolivia**, v. 47, n. 1, p. 37-52, abr. 2012.
- FIGUEIREDO, E. O.; BRAZ, E. M.; OLIVEIRA, M. V. N. d'. (Ed.) **Manejo de precisão em florestas tropicais: modelo digital de exploração florestal**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2007. 183 p.
- FREDERICKSEN, T. S.; PARIONA, W. Effect of skidder disturbance on commercial tree regeneration in logging gaps in a Bolivian tropical forest. **Forest Ecology and Management**, v. 171, n. 3, p. 223-230, Nov. 2002.
- FREE, C.; LANDIS, R. M.; GROGAN, J.; SCHULZE, M. D.; LENTINI, M.; DUNISCH, O. Management implications of long-term tree growth and mortality rates: a modeling study of big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla*) in the Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, v. 330, p. 46-54, Oct. 2014.
- GONÇALVES, D. A.; ELDIK, T. V.; POKORNY, B. O uso de dendrômetro a laser em florestas tropicais: aplicações para o manejo florestal na Amazônia. **Floresta**, v. 39, n. 1, p. 175-187, 2008.
- GROGAN, J. **Big-leaf Mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in Southeast Pará, Brazil: alife-history study with management guidelines for sustained production from natural forests**. 2001. Thesis (Ph. D. in Forest Ecology) - Yale University, New Haven, CT, USA.
- GROGAN, J.; ASHTON, M. S.; GALVÃO, J. Big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla*) seedling survival and growth across a topographic gradient in southeast Pará, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 186, n. 1-3, p. 311-326, Dec. 2003.

GROGAN, J.; GALVÃO, J.; SIMÕES, L.; VERÍSSIMO, A. Regeneration of Big-Leaf Mahogany in closed and logged forests of Southeastern Pará, Brazil. In: LUGO, A. E.; FIGUEROA COLÓN, J. C.; ALAYÓN, M. (Ed.). **Big-leaf mahogany: genetics, ecology and management**. New York: Springer-Verlag, 2013. p. 193-208. (Ecological studies, 159).

GROGAN, J.; LANDIS, R. M.; ASHTON, M. S.; GALVÃO, J. Growth response by big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla*) advance seedling regeneration to overhead canopy release in southeast Pará, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 204, n. 2-3, p. 399-412, Jan. 2005.

GROGAN, J.; GALVÃO, J. Factors Limiting Post-logging Seedling Regeneration by Big-leaf Mahogany (*Swietenia macrophylla*) in Southeastern Amazonia, Brazil, and Implications for Sustainable Management. **Biotropica**, v. 38, n. 2, p. 219-228, Mar. 2006.

GROGAN, J.; BLUNDELL, A.; LANDIS, R. M.; GULLISON, R. E.; MARTINEZ, M.; KÓMETTER, R.; LENTINI, M.; RICE, R. E. Over-harvesting driven by consumer demand leads to population decline: big-leaf mahogany in South America. **Conservation Letters**, v. 3, p. 12-20, 2010.

GROGAN, J.; LANDIS, R. M.; FREE, C. M.; SCHULZE, M. D.; LENTINI, M.; ASHTON, M. S. Big-leaf mahogany *Swietenia macrophylla* population dynamics and implications for sustainable management. **Journal of Applied Ecology**, v. 51, n. 3, p. 664-674, June 2014.

GULLISON, J.; PANFIL, S. N.; STROUSE, J. J.; HUBBEL, S. P. Ecology and management of mahogany (*Swietenia macrophylla* king) in the chimanes Forest, Beni, Bolivia. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 122, n. 1, p. 9-34, Sept. 1996.

GULLISON, R. E.; HUBBELL, S. P. Regeneración natural de la mara (*Swietenia macrophylla*) en el bosque Chimanes, Bolivia. **Ecología en Bolivia**, n. 19, p. 43-56, ago. 1992.

GUTIÉRREZ-GRANADOS, G. G.; JUÁREZ, V.; ALCALÁ, R. E. Natural and human disturbances affect natural regeneration of *Swietenia macrophylla*: Implications for rainforest management. **Forest Ecology and Management**, v. 262, n. 2, p. 161-169, July 2011.

INTERNATIONAL TROPICAL TIMBER ORGANIZATION. **Tropical Timber Market Report** 18, 1. Yokohama, 2014.

KELLER, M.; ASNER, G. P.; BLATE, G.; MCGLOCKLIN, J.; MERRY, F.; PEÑA-CLAROS, M.; ZWEEDE, J. Timber production in selectively logged tropical forests in South America. **Frontiers in Ecology and Environment**, v. 5, n. 4, p. 213-216, May 2007.

KRUSKAL, W. H.; WALLIS, W. A. Use of ranks in one-criterion variance analysis. **Journal of the American Statistical Association**, v. 47, n. 260, p. 583-621, 1952.

LIEBERMAN, D.; LIEBERMAN, M. Forest tree growth and dynamics at La Selva, Costa Rica (1969-1982). **Journal of Tropical Ecology**, v. 3, n. 4, p. 347-358, Nov. 1987.

LOVELESS, M. D.; GULLISON, R. E. Genetic variation in natural Mahogany populations in Bolivia. In: LUGO, A. E.; FIGUEROA COLÓN, J. C.; ALAYÓN, M. (Ed.). **Big-leaf mahogany: genetics, ecology and management**. New York: Springer-Verlag, 2003. p. 9-28. (Ecological studies, 159).

MARENCO, R.; GONÇALVES, J. F. C.; VIEIRA, G. Leaf gas exchange and carbohydrates in tropical trees differing in successional status in two light environments in central Amazônia. **Tree Physiology**, v. 21, n. 18, p. 1311-1318, Dec. 2001.

MEDINA, E.; LUGO, A. E.; TEREZOS, E.; OSORNIOS, J. J.; MACARIO-MENDOZA, P. A.; MONTAÑEZ, P. Conservative nutrient use by big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla* king) planted under contrasting environmental conditions. **Revista Árvore**, v. 38, n. 3, p. 479-488, maio/jun. 2014.

MULLER-LANDAU, H. C.; WRIGHT, S. J.; CALDERON, O.; CONDIT, R.; HUBBELL, S. P. Interspecific variation in primary seed dispersal in a tropical forest. **Journal of Ecology**, v. 96, n. 4, p. 653-667, July 2008.

NEGREROS-CASTILLO, P.; MIZE, C. W. Soil-site preferences for mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in the Yucatan Peninsula. **New Forests**, v. 44, n. 1, p. 85-99, Jan. 2013.

NEGREROS-CASTILLO, P.; MIZE, C. W. Stand and species growth of a tropical forest in Quintana Roo, Mexico. **Journal of Sustainable Forestry**, v. 23, n. 3, p. 83-96, 2006.

NEGREROS-CASTILLO, P.; MIZE, C. W. Regenerating mahogany (*Swietenia macrophylla* King) on clearings in Mexico's Maya forest: the effects of clearing method and cleaning on seedling survival and growth. **Forest Ecology and Management**, v. 189, n. 1-3, p. 143-160, Feb. 2004.

NEGREROS-CASTILLO, P.; MIZE, C. W. Mahogany growth and mortality and the relation of growth to site characteristics in a natural forest in Quintana Roo, Mexico. **Forest Science**, v. 60, n. 5, p. 907-913, Oct. 2014.

NORGHAUER, J. M.; NOCK, C. A.; GROGAN, J. The importance of tree size and fecundity for wind dispersal of Big-Leaf Mahogany. **PLoS ONE**, v. 6, 17488, 2011.

OLIVEIRA, M. V. N. d'. Artificial regeneration in gaps and skidding trails after mechanized forest exploitation in Acre, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 127, n. 1-3, p. 67-76, Mar. 2000.

OLIVEIRA, M. V. N. d'; FIGUEIREDO, E. O.; PAPA, D. A. **Uso do Lidar como ferramenta para o manejo de precisão em florestas tropicais**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. 130 p.

PADOIN, V.; FINGER, C. A. G. Relações entre as dimensões da copa e a altura das árvores dominantes em povoamentos de *Pinus taeda* L. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 1, p. 95-105, 2010.

PEPER, P. J.; MCPHERSON, E. G.; MORI, S. M. Equations for predicting diameter, height, crown width, and leaf area of San Joaquin Valley street trees. **Journal of Arboriculture**, v. 27, n. 6, p. 306-317, 2001.

SHONO, K.; SNOOK, L. K. Growth of big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla*) in natural forests in Belize. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 18, n. 1, p. 66-73, Jan. 2006.

SILVA, G. R. da; VIÉGAS, I. de J. M.; SILVA JÚNIOR, M. L. da; GAMA, M. A. P.; OKUMURA, R. S.; FRAZÃO, D. A. C.; MATOS, G. S. B. de; SOUZA JÚNIOR, J. C. de; LIMA, E. do V.; GALVÃO, J. R. Growth and mineral nutrition of mahogany (*'Swietenia macrophylla'*) seedlings subjected to lime in yellow alic latosol. **Australian Journal of Crop Science**, v. 11, n. 10, p. 1297-1303, 2017.

SMITH, D. M.; LARSON, B. C.; KELTY, M. J.; ASHTON, P. M. S. **The practice of silviculture: applied forest ecology**. 9. ed. New York: John Wiley & Sons, 1997. 537 p.

SNOOK, L. K.; NEGREROS-CASTILLO, P. Regenerating mahogany (*Swietenia macrophylla* King) on clearing in Mexico's Maya forest: the effects of clearing method and cleaning on seedling survival and growth. 2004. **Forest Ecology and Management**, v. 189, n. 1-3, p. 143-160, Feb. 2004.

SNOOK, L. K.; CÁMARA-CABRALES, L.; KELTY, M. J. Six years of fruit production by mahogany trees (*Swietenia macrophylla* King): patterns of variation and implications for sustainability. **Forest Ecology and Management**, v. 206, n. 1-3, p. 221-235, Feb. 2005.

SUMIDA, A.; MIYaura, T.; TORII, H. Relationships of tree height and diameter at breast height revisited: analyses of stem growth using 20-year data of an even-aged *Chamaecyparis obtusa* stand. **Tree Physiology**, v. 33, n. 1, p. 106-118, Jan. 2013.

VERWER, C.; PEÑA-CLAROS, M.; STAAK, D. V. V.; OHLSON-KIEHN, K.; STERCK, F. J. Silviculture enhances the recovery of overexploited mahogany *Swietenia macrophylla*. **Journal of Applied Ecology**, v. 45, n. 6, p. 1770-1779, Dec. 2008.

VESTER, H. F. M.; NAVARRO-MARTINEZ, M. A. Ecological issues in community tropical forest management in Quintana Roo, Mexico. In: BRAY, D. B.; MERINO PÉREZ, L.; BARRY, D. (Ed.). **The Community forests of Mexico: managing for sustainable landscapes**. Austin: University of Texas Press, 2005. p.184-213.

WINK, C.; MONTEIRO, J. S.; REINERT, D. J.; LIBERALESSO, E. Parâmetros da copa e a sua relação com o diâmetro e altura das árvores de eucalipto em diferentes idades. **Scientia Forestalis**, v. 40, n. 93, p. 57-67, mar. 2012.

WORLD CONSERVATION MONITORING CENTRE. The IUCN Red List of Threatened Species 1998. **Swietenia macrophylla**. Disponível em: <<https://www.iucnredlist.org/search?query=swietenia%20macrophylla&searchType=species>>. Acesso em: 25 nov. 2015.

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

Embrapa Acre

Rodovia BR 364, km 14,
sentido Rio Branco/Porto Velho
Caixa Postal 321, CEP 69900-970 Rio
Branco, AC
Fone: (68) 3212-3200, Fax: (68) 3212-3285
<http://www.embrapa.br>
<https://www.embrapa.br/fale-conosco/sac>

1ª edição
On-line (2019)



Comitê Local de Publicações
da Embrapa Acre

Presidente
Elias Melo de Miranda

Secretária-Executiva
Claudia Carvalho Sena

Membros
Carlos Mauricio Soares de Andrade, Celso Luis Bergo, Evandro Orfanó Figueiredo, Rivaldalve Coelho Gonçalves, Rodrigo Souza Santos, Romeu de Carvalho Andrade Neto, Tadário Kamel de Oliveira, Tatiana de Campos, Virgínia de Souza Álvares

Supervisão editorial e revisão de texto
Claudia Carvalho Sena, Suely Moreira de Melo

Normalização bibliográfica
Renata do Carmo França Seabra (CRB-11/1044)

Editoração eletrônica
*Cliff Ramon Araújo Chaves,
Francisco Carlos da Rocha Gomes*

Foto da capa
Quétilla Souza Barros