

Dinâmica da regeneração natural de espécies madeireiras durante três décadas da exploração florestal na Floresta Nacional do Tapajós, Brasil

Dynamics of natural regeneration of timber species during three decades after logging in the Tapajós National Forest, Brazil

Stephane Hayara Silva Aguiar¹, João Olegário Pereira de Carvalho¹,
Ademir Roberto Ruschel^{1,2}, Edson Marcos Leal Soares Ramos³,
Eduardo Saraiva da Rocha⁴, Tatiana da Cunha Castro^{1,3}
e Beatriz Melo de Figueiredo da Silva¹

Resumo

A regeneração natural é o principal mecanismo para o restabelecimento da estrutura de uma floresta alterada. Assim, no presente estudo avaliou-se a dinâmica de regeneração de *Astronium graveolens*, *Astronium lecointei*, *Manilkara elata* e *Carapa guianensis*, em 144 hectares explorados na Floresta Nacional do Tapajós, com propósito de aumentar o conhecimento sobre o comportamento dessas espécies na área. Os dados foram coletados em cinco ocasiões no período de 31 anos, em 240 parcelas de 5 m x 5 m, distribuídas aleatoriamente. Os resultados mostraram que: *Astronium* spp precisa de tratamentos silviculturais para aumentar a população em regeneração natural na área; *Carapa guianensis* pode se estabelecer e desenvolver naturalmente após exploração florestal na área, sem a necessidade de tratamentos silviculturais; e *Manilkara elata* necessita de acompanhamento silvicultural para eliminar espécies que podem competir com o seu desenvolvimento, seja em grandes aberturas seja em áreas sombreadas.

Palavras-chave: Manejo de florestas naturais, *Astronium* spp, *Manilkara elata*, *Carapa guianensis*.

Abstract

Natural regeneration is the main mechanism for restoring the structure of altered forests. Thus, the regeneration dynamics of *Astronium graveolens*, *Astronium lecointei*, *Manilkara elata* and *Carapa guianensis* were evaluated in 144 ha in the Tapajós National Forest to increase knowledge about the behavior of these species in the area. Data were obtained on five occasions over a 31-year period, in 240 plots of 5 m x 5 m, distributed randomly. The results showed that: *Astronium* spp needs silvicultural treatments to increase the population in natural regeneration in the area; *Carapa guianensis* can establish itself and develop naturally after logging in the area, without the need for silvicultural treatments; and *Manilkara elata* needs silvicultural monitoring to eliminate species that can compete with its development, either in large canopy openings or in shaded areas.

Keywords: Management of natural forests, *Astronium* spp., *Manilkara elata*, *Carapa guianensis*.

INTRODUÇÃO

A Amazônia Brasileira representa cerca de um terço das florestas tropicais do mundo (REIS et al. 2010). A Flona do Tapajós ocupa uma área de 527,3 mil hectares dentro da Floresta amazônica, é uma Unidade de Conservação (UC) de Uso Sustentável e foi criada com o objetivo básico de “uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica” (Lei n. 9.985, 2000, Art. 17), onde o manejo florestal para a produção madeireira é uma das atividades econômica mais importante realizada pelas comunidades que vivem na Flona do Tapajós (ESPADA; SOBRINHO, 2015).

A exploração madeireira pelo método convencional, que ainda é realizada em algumas florestas na Amazônia, diminui a produtividade florestal, impactando diretamente as populações de espécies

1. Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA. Belém / PA, Brasil.

2. Embrapa Amazônia Oriental, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Belém / PA, Brasil.

3. Universidade Federal do Pará - UFPA. Belém / PA, Brasil.

4. Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA. Belém, PA, Brasil.

nativas e favorecendo a conversão de florestas para outros usos do solo. Em contrapartida, as práticas de Exploração de Impacto Reduzido (EIR) buscam a sustentabilidade da atividade madeireira, por meio do planejamento da exploração, incluindo a infraestrutura e técnicas operacionais que visam reduzir os impactos sobre a floresta e aumentar a eficiência de produção das operações madeireiras (BOLTZ et al., 2003).

As práticas que resultam em impacto reduzido, tais como o inventário florestal prévio, o planejamento das estradas, trilhas de arraste, pátios de estocagem de toras, assim como a queda direcional das árvores e cortes de cipós, podem melhorar a gestão de concessões florestais e motivar uma situação vantajosa para as empresas extratoras de madeira e para a conservação da floresta (EDWARDS et al., 2012).

A exploração racional de qualquer ecossistema pode ser planejada a partir do conhecimento de sua dinâmica biológica; no que se refere à vegetação, é necessário conhecer como ocorre o processo de regeneração natural diante das alterações antrópicas (PEREIRA et al., 2001). A forma como a floresta se regenera vai depender de como seus mecanismos (bancos de sementes e plântulas) possibilitam a entrada e o estabelecimento de novos indivíduos e espécies. Por meio do banco de sementes do solo, da chuva de sementes, seus meios de dispersão e do banco de plântulas, a regeneração natural das florestas tem a capacidade de se estabelecer após alterações naturais ou antrópicas. O processo de renovação da composição florística do local e a manutenção das espécies nativas de uma determinada região depende da regeneração natural (HÜLLER et al., 2011).

A regeneração natural é considerada um indicador da recuperação de áreas após alterações provocadas pela exploração, incêndios florestais e outros eventos naturais. O processo de regeneração é contínuo com fluxos de entradas e saídas dos seres vivos no ecossistema (GAMA et al., 2002). Em áreas alteradas, intervenções por meio de técnicas adequadas de manejo, podem acelerar o processo de regeneração e auxiliar o processo de sucessão, o que evitará a perda de biodiversidade (VIEIRA; GANDOLFI, 2006). Entretanto, essas intervenções devem ser planejadas, com base no comportamento e nas características ecológicas e silviculturais de cada espécie, pois em florestas naturais, cada espécie tem participação diferenciada no processo de regeneração.

Na presente pesquisa buscou-se ampliar o conhecimento sobre o comportamento da regeneração natural de espécies arbóreas de alto valor madeireiro. A dinâmica da regeneração natural de quatro espécies arbóreas comerciais foi avaliada durante 31 anos em uma área manejada por meio de técnicas de EIR na Floresta Nacional do Tapajós, na Amazônia brasileira.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A pesquisa foi desenvolvida em uma área experimental de 144 ha na Floresta Nacional (FLONA) do Tapajós (03° 18' S - 03° 19' S e 54° 56' W - 54° 57' W), no Município de Belterra, no estado do Pará (AVILA et al., 2015). A topografia da área de estudo varia de plana a ligeiramente ondulada, com altitude aproximada de 175 m, acima do nível do mar (CARVALHO et al., 2004). O solo predominante é do tipo Latossolo Amarelo Distrófico, com textura média a muito argilosa (RODRIGUES et al., 2001). O tipo da vegetação é Floresta Ombrófila Densa (IBGE, 2012), e o clima da região, de acordo com dados coletados na estação meteorológica de Belterra (35 km ao norte da Floresta Nacional), é quente e úmido, com temperatura média anual de 26° C, umidade relativa de 87,30% e precipitação anual média de 1.780 mm (INMET, 2017).

Coleta de dados

A coleta de dados da regeneração natural constituiu-se na medição do DAP (diâmetro medido a 1,30 m do solo) e H (altura total) das plantas, considerando duas classes de tamanho: CT1 (indivíduos com 2,5 cm ≤ DAP < 5,0 cm) e CT2 (indivíduos com H ≥ 30 cm e DAP < 2,5 cm). Para o monitoramento da CT1 foram instaladas 240 parcelas permanentes de 5 m x 5 m (25 m²) inteiramente ao acaso, perfazendo uma área amostral de 0,6 ha. Para registrar os indivíduos da CT2 foram aleatorizadas 240 parcelas triangulares de 6,25 m² (5,00 m x 3,54 m x 3,54 m) (área amostral de 0,15 ha) (CARVALHO, 1992). A metodologia para instalação e medição das parcelas permanentes está em conformidade com as diretrizes propostas por Silva et al. (2005). Os dados de regeneração foram coletados nas parcelas permanentes antes da exploração (1981) e em quatro períodos pós-exploração (1983, 1989, 1995 e 2012).

Seleção de espécies

Em 1982, na área de estudo (144 ha) foi realizada uma exploração florestal planejada de 38 espécies madeireiras de alto valor comercial, considerando árvores com DAP ≥ 45 cm (CARVALHO et al., 2004). Em média foram extraídas doze árvores por hectare, distribuídas nas 38 espécies e um volume médio de 90 m³ por hectare (CARVALHO, 1987). Em 1994, doze anos após a exploração florestal foram aplicados tratamentos silviculturais (desbaste por meio de anelagem e aplicação de produto arboricida), visando eliminar árvores de espécies não comerciais com DAP ≥ 15 cm (COSTA et al., 2001).

Das 38 espécies colhidas em 1982, foram selecionadas as 10 que tiveram maior volume colhido (m³), e entre essas foram selecionadas quatro com maior número de indivíduos na regeneração natural: *Astronium graveolens* Jacq. (aroeira); *Astronium lecointei* Ducke (muiracatiara); *Manilkara elata* (Allemão ex Miq.) Monach. (maçaranduba); e *Carapa guianensis* Aubl. (andiroba). Devido à grande semelhança morfológica na regeneração natural dos indivíduos de *A. graveolens* e *A. lecointei*, as duas espécies foram analisadas conjuntamente no presente estudo como sendo *Astronium* spp.

Análises dos dados

A abundância das plantas em regeneração natural (número total de indivíduos de cada espécie por hectare) foi calculada conforme os procedimentos adotados por Finol (1971), considerando os dados das cinco medições realizadas nas parcelas permanentes. Os cálculos foram feitos separadamente para cada classe de tamanho (CT1 e CT2), mas devido ao número reduzido de indivíduos da CT1 foi feita a somatória da abundância dessa classe com a abundância da CT2, para deixar mais consistentes os resultados e a análise estatística dos dados. Portanto, nas análises, denominou-se simplesmente Regeneração Natural – RN a todos os indivíduos com H ≥ 30 cm e DAP < 5 cm.

Os dados foram analisados estatisticamente por meio do Teste Exato de Fisher. Este teste é usado para criar intervalos de confiança para todas as diferenças de pares entre médias de níveis de fatores, controlando a taxa de erro individual para um nível de significância especificado. O método resulta um *p*-valor que indica se as médias obtidas apresentam diferenças estatísticas (*p* $<0,05$). As análises foram realizadas com o software Minitab 18.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A população em regeneração natural de *Astronium* spp. teve grandes oscilações no período monitorado. Apenas nas comparações 1981-1989, 1981-1995 e 1989-1995 não houve diferença significativa (Tabela 1). Os resultados mostram o efeito benéfico causado pela abertura do dossel imediatamente após a exploração (1981-1983), aumentando significativamente a abundância da regeneração natural (Tabela 1).

No estudo de Quadros et al. (2013), em outra área de pesquisa em floresta densa no município de Paragominas, no estado do Pará, também foi observado que as mudas de regeneração natural de *A. graveolens* se beneficiaram com a abertura do dossel da floresta, causada pela exploração florestal,

Tabela 1 – Comparação da abundância de indivíduos por hectare de regeneração natural de *Astronium* spp, *Manikara elata* e *Carapa guianensis* entre duas medições, de 1981 a 2012, por meio do Teste Exato de Fisher, na Floresta Nacional do Tapajós.

Table 1 - Comparison of the abundance (number of individual per hectare) of natural regeneration of *Astronium* spp, *Manikara elata* and *Carapa guianensis* between two measurements, from 1981 to 2012, using Fisher Exact Test, in the Tapajós National Forest.

Anos de medição comparados	Abundância (N ha ⁻¹)								
	<i>Astronium</i> spp			<i>Manikara elata</i>			<i>Carapa guianensis</i>		
	1ª medição	2ª medição	<i>p</i> -valor	1ª medição	2ª medição	<i>p</i> -valor	1ª medição	2ª medição	<i>p</i> -valor
1981-1983	30,0	98,3	0,000*	36,7	28,3	0,160	313,0	235,0	0,000*
1981-1989	30,0	41,7	0,066	36,7	46,7	0,217	313,0	251,7	0,000*
1981-1995	30,0	35,0	0,483	36,7	46,7	0,217	313,0	291,7	0,250
1981-2012	30,0	7,3	0,000*	36,7	20,1	0,003*	313,0	502,7	0,000*
1983-1989	98,3	41,7	0,000*	28,3	46,7	0,003*	235,0	251,7	0,305
1989-1995	41,7	35,0	0,334	46,7	46,7	1,000	251,7	291,7	0,018
1995-2012	35,0	7,3	0,000*	46,7	20,1	0,000*	291,7	502,7	0,000*

* Diferença estatística significativa entre os dois anos de medição de acordo com o Teste Exato de Fisher (*p* $< 0,05$).

principalmente nas clareiras médias (401-600m²) e grandes (área >600m²), onde cresceram mais em altura e tiveram maior taxa de sobrevivência, demonstrando potencial para uso em sistemas silviculturais e aumento no valor comercial da floresta. Entretanto, na presente pesquisa percebe-se que a abundância de *Astronium* spp. reduziu nas demais medições (Tabela 1; Figura 1), o que se deve ao gradativo fechamento do dossel, pois à medida em que se aumenta a densidade do dossel, a intensidade de luz é reduzida no interior da floresta, o que leva à competição por luz, nutrientes e água com outras espécies da regeneração natural (JARDIM; SOARES, 2010; AVILA et al., 2017).

Diferente do que se esperava, a abertura do dossel ocasionada pela aplicação dos tratamentos silviculturais (desbaste por anelamento), 12 anos após a exploração, não favoreceu a abundância da espécie até a última medição (2012). Após a exploração florestal, há uma imediata abertura

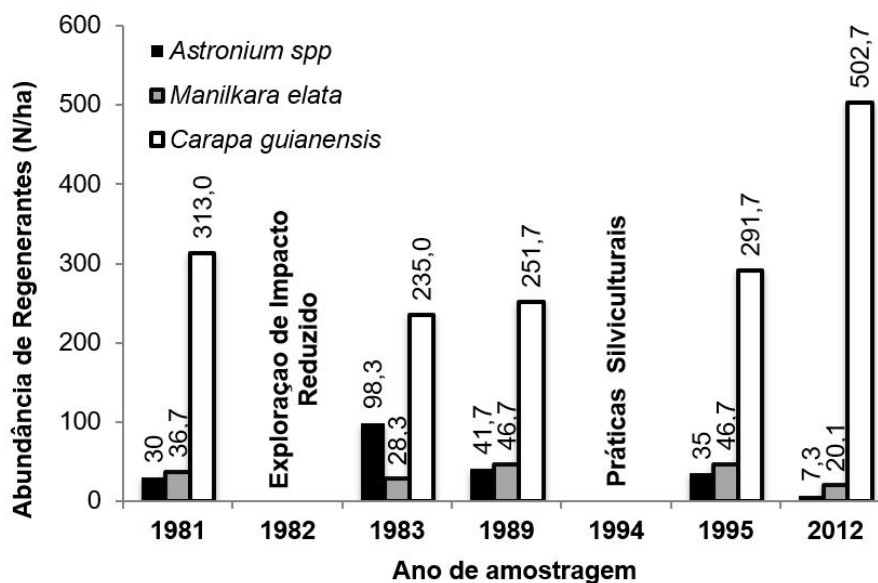


Figura 1 - Regeneração natural (N ha⁻¹) de *Astronium* spp, *Manilkara elata* e *Carapa guianensis* (indivíduos com altura ≥ 30 cm e diâmetro inferior a 5 cm) entre 1981 a 2012 na Floresta Nacional do Tapajós, Pará, Brasil.

Figure 1 - Natural regeneration (N ha⁻¹) of *Astronium* spp, *Manilkara elata* and *Carapa guianensis* (individuals with height ≥ 30 cm and diameter less than 5 cm) from 1981 to 2012 in the Tapajós National Forest, Pará, Brazil.

do dossel, mas isso não acontece ao se aplicar o anelamento, pois nesse caso a abertura do dossel depende da mortalidade das árvores, que normalmente é lenta, possibilitando uma abertura gradual. A estrutura da floresta por se constituir em um complexo mosaico possibilita que a luminosidade e sua distribuição ocorram em diversas escalas, podendo afetar de forma expressiva os padrões da regeneração natural de uma determinada população (LERTZMAN et al., 1996; NICOTRA et al., 1999). É importante considerar que, além da radiação solar, outros fatores podem ter contribuído para os diferentes padrões de flutuações na regeneração natural de *Astronium* spp., como os fisiológicos (TANAKA; VIEIRA, 2006), eventos fenológicos, graus de perturbações na floresta, predação, mortalidade e recrutamento (LOPES et al., 2001).

Utilizando a classificação em tolerantes à sombra e intolerantes à sombra, que formam os dois grupos ecológicos mais utilizados e mais bem definidos, por estarem nos dois extremos em relação à demanda por luz (CARVALHO, 1997), pode-se considerar a espécie como sendo tolerante à sombra, conforme sugeriu Carvalho (1992), ao avaliar a dinâmica de uma área na Floresta Nacional do Tapajós, em um período de oito anos. No presente estudo a espécie foi beneficiada pela abertura no dossel após a exploração florestal, o que mostra que as espécies tolerantes à sombra, apesar de se desenvolverem sob o dossel fechado, são favorecidas pela radiação solar em clareiras formadas pela exploração. Tanaka e Vieira (2006), ao estudar a autoecologia da espécie em regime de plantio de enriquecimento na Amazônia Central, também observaram seu comportamento tolerante à sombra, mostrando maior plasticidade fisiológica entre as espécies utilizadas para os ambientes de menor para maior radiação solar, concluindo que a espécie possui larga amplitude de habitat.

O aumento populacional após a colheita da madeira (reação desejável) não foi assegurado em longo prazo, mesmo com aplicação dos tratamentos silviculturais. A diminuição contínua do número de indivíduos após a exploração (98,3 indivíduos por hectare em 1983 para 7,3 em 2012) (Figura 1; Tabela 1), indica a necessidade da aplicação de tratamentos silviculturais específicos para a população de *Astronium* spp., visando garantir em médio e em longo prazo indivíduos na regeneração natural da espécie (SILVA et al., 2016). Uma regeneração suficiente de espécies comerciais é um importante indicador para alcançar a sustentabilidade após a colheita em florestas tropicais (DAUBER et al., 2005; SCHWARTZ et al., 2013). Diante dessa necessidade, para aumentar a população de *Astronium* spp., sugere-se realizar o plantio de mudas da espécie na área. Outro importante tratamento seria a condução da regeneração natural já existente (GOMES et al., 2010; SCHWARTZ et al., 2013). Além disso, a manutenção de indivíduos reprodutivos pode ser outra medida para garantir a conservação da espécie na área, pois conforme Schwartz et al., (2017), a ausência e a baixa densidade de indivíduos da regeneração natural de espécies comerciais após a exploração, pode estar relacionada com a redução de indivíduos reprodutivos na floresta. Assim, para auxiliar nas tomadas de decisão sobre o manejo da espécie, também será importante aprofundar os estudos sobre sua autoecologia, principalmente em relação à fisiologia e seu processo reprodutivo após intervenções realizadas na floresta.

A população de *Manilkara elata* em 1989 aumentou significativamente sua abundância na regeneração natural (46,7 indivíduos por hectare), superando os números encontrados na floresta antes da exploração (1981) e permaneceu assim após a aplicação dos tratamentos silviculturais (1981-1995). Em seguida no período 1995-2012, houve uma redução de 57% na abundância da espécie (Tabela 1; Figura 1). A variabilidade interespecífica, a presença de diversificados mecanismos de dormência, que dificultam o processo germinativo (OLIVEIRA et al., 2003) e os altos índices de predação de frutos e sementes (ZAMITH; SCARANO, 2004) afetam diretamente o processo de regeneração das espécies. Isso pode ter acontecido para a diminuição da abundância de *Manilkara elata* durante este período de monitoramento (1995-2012). Segundo Turchetto et al. 2015, existem diversos fatores que afetam o estabelecimento, desenvolvimento e sobrevivência de plântulas como, por exemplo, a dispersão de sementes, disponibilidade de água, luz e temperatura, que sofrem variação entre comunidades de um mesmo ecossistema e entre ecossistemas distintos. De acordo com esses autores os animais herbívoros são capazes de controlar algumas populações de plantas, diminuindo assim taxas de crescimento e reprodução essenciais para a manutenção das populações na floresta.

M. elata pertence ao grupo ecológico de espécies tolerantes à sombra (CARVALHO, 2000), no entanto, quando ocorre a abertura do dossel, o crescimento de espécies do gênero *Manilkara* é acelerado (CHAGAS et al., 2012). As espécies tolerantes à sombra, geralmente, germinam sob o dossel, algumas permanecem durante toda a sua vida reprodutiva nessa situação e outras aguardam uma oportunidade para atingir o dossel, para só então reproduzir (WHITMORE, 1990). Portanto, a exploração favoreceu a regeneração natural da espécie na área, todavia, esse efeito positivo da exploração florestal de impacto reduzido diminuiu ao longo dos anos, de acordo com fechamento gradual do dossel tendendo à estabilização. Assim, embora sendo considerada uma espécie tolerante à sombra, os indivíduos de *M. elata* se beneficiaram com o aumento de radiação solar na floresta que ocasionou diminuição da competição por recursos, em parte do seu estágio inicial de crescimento.

Segundo Maciel et al. (2002), a luz no solo da floresta é um fator essencial para que os processos de germinação, crescimento e reprodução das espécies ocorram, e com isso a adaptação das espécies à luminosidade ambiental, principalmente na fase juvenil, é de suma importância, condicionando mudanças morfogênicas e fisiológicas na sua estrutura e função, para determinar o sucesso ou não da regeneração. No estudo de Jardim, Serrão e Nemer, (2007), em uma área de floresta explorada no município de Moju-PA, observou-se que mesmo em ambientes com pequenas aberturas (200-400 m²) *M. elata* apresentou comportamento satisfatório, pois, o estabelecimento da regeneração dos indivíduos na área foi favorável, dessa forma, sugerindo que no início da fase de vida, a espécie requer ambientes com radiação solar menos intensa, como condição ideal para seu estabelecimento. Para Gonçalves et al., (2010), a luminosidade exerce influência sobre todos os estágios de crescimento das plantas, existindo diferentes respostas dos indivíduos para cada fase, como foi analisado neste estudo para a regeneração natural de *M. elata*. Tal conhecimento é fundamental para o manejo da espécie, visto que, a intensidade da exploração florestal na área pode favorecer o crescimento da regeneração já estabelecida antes da abertura do dossel ou prejudicar o desenvolvimento dos indivíduos causando até mesmo a morte de alguns, em virtude da alta carga de luminosidade, que proporciona o aumento

da dominância de espécies pioneiras e maior competição espacial. Para favorecer esta espécie, o mais indicado seria uma exploração de impacto reduzido na área e um desbaste de baixa intensidade.

Analisando a abundância antes da exploração (1981) e 30 anos após (2012), novamente houve redução significativa do número de indivíduos por hectare (20,1), que foi inferior ao número existente antes da exploração (36,7 indivíduos por hectare) (Tabela 1; Figura 1). Diante desse comportamento, a espécie deve merecer especial atenção quanto à elaboração e execução de planos de manejo florestal, para evitar o comprometimento de sua sobrevivência na área a ser manejada. Espécies pertencentes ao grupo das tolerantes à sombra, normalmente são menos dinâmicas em áreas exploradas, quando comparadas com espécies intolerantes. E, segundo Silva et al. (1995), esse comportamento se deve ao crescimento lento da espécie quando jovem. Os resultados do estudo de Castro e Carvalho (2014), na área experimental km 67, também na Floresta Nacional do Tapajós, mostraram que a densidade, frequência e área basal da população de *M. elata* foi pouco alterada na floresta explorada, indicando que a espécie necessita de manejo específico, com aplicação de tratamentos silviculturais na floresta para favorecer o aumento da sua regeneração natural e o crescimento de plantas mais jovens. Uma vez que no presente estudo a espécie não respondeu positivamente aos tratamentos aplicados na área, considerando que a abundância se manteve a mesma após a aplicação dos desbastes e no período seguinte até reduziu, se poderia sugerir estudos para indicar outro tratamento silvicultural que pudesse favorecer o desenvolvimento desta espécie.

Com base nos resultados supõe-se também que a alta intensidade de exploração pode ter afetado a reprodução, implicando em menor disponibilidade de propágulos para a regeneração da espécie na área, visto que a abundância logo após a colheita pode representar o reflexo do banco de plântulas e não necessariamente do fluxo e chuva de sementes na área. Por fim, pode-se supor também que o efeito dos desbastes pode ter efeito negativo sobre a população de espécies tolerantes à sombra, como a *M. elata*. Outro ponto a considerar é que a exploração florestal pode diminuir o potencial de estabelecimento e crescimento da regeneração natural em algumas florestas tropicais, devido às alterações causadas às propriedades do solo como, por exemplo, na densidade do solo (FREDERICKSEN; PARIONA, 2002; HIRAI et al., 2012).

A população da regeneração natural de *Carapa guianensis* sofreu redução devido à exploração florestal e permaneceu com um número de indivíduos inferior ao existente em 1981 (um ano antes da exploração) até os treze anos após a exploração (1995). Isso ocorreu provavelmente devido às características específicas da espécie, sazonalidade reprodutiva e eventos climáticos que podem favorecer ou não a frutificação e posterior regeneração da espécie. Aos 30 anos após a colheita da madeira (31 anos de monitoramento) houve um aumento significativo na população em regeneração natural (praticamente acréscimo de um terço). Esse aumento significativo da regeneração natural da espécie aos 30 anos após a exploração ainda não tem uma explicação clara. Certamente seria necessário um período de medições antes da exploração (não apenas uma em 1981) para melhor compreender a dinâmica da espécie na floresta antes de ser explorada. Assim, se poderia comparar a dinâmica antes da exploração com a dinâmica após a exploração. Pode-se dizer que a exploração não foi benéfica para a espécie em sua fase inicial de regeneração natural, pois a sobrevivência de seus indivíduos foi reduzida nos locais com mais alto nível de radiação solar. Devido a esse comportamento, Maciel et al. (2003) comentam que a espécie tem características de tolerante à sombra. Porém, segundo Jardim (2015), outros fatores podem causar a redução na regeneração natural como, por exemplo, a competição por água e nutrientes ou a ação de predadores e patógenos, além de fatores ambientais como maior ou menor período de chuvas.

No período de 1981-1995, logo após a aplicação dos tratamentos silviculturais, observa-se que o número de indivíduos ainda é inferior ao número de indivíduos encontrados antes da exploração florestal, contudo, ressalta-se que, em relação aos períodos anteriores, ocorre um aumento na abundância da regeneração natural, mesmo não sendo significativo. Considerando que *C. guianensis* é uma espécie que precisa de alta intensidade de luz para passar pelas etapas intermediárias até a maturidade (MACIEL et al., 2003), pode-se afirmar que a aplicação de tratamentos silviculturais, por proporcionar aumento gradual da radiação solar na área favoreceu a regeneração dos indivíduos. Ao final dos 31 anos de monitoramento (1981-2012), observa-se que a espécie apresentou o maior aumento na abundância dos indivíduos, diferindo estatisticamente dos demais períodos avaliados (Tabela 1). De acordo com os resultados supõe-se que a espécie terá indivíduos para garantir a conservação da sua população na área, considerando que os 30 anos após a colheita da madeira indicaram que o

estoque de indivíduos em regeneração é suficiente para o reestabelecimento populacional após a exploração florestal.

Carapa guianensis mostrou recuperação, inclusive com população superior à inicial (antes da exploração). *Manilkara elata* e *Astronium* spp. foram favorecidas pela abertura causada pela exploração florestal até 13 anos após a exploração (1995), mas tiveram a população reduzida até o final do monitoramento.

No período de 1989-1995, após a aplicação do tratamento silvicultural, observou-se que cada espécie respondeu de maneira diferente. Enquanto *Astronium* spp diminuiu sua abundância, os indivíduos de *C. guianensis* aumentaram em número, respondendo positivamente aos efeitos dos desbastes, e os indivíduos de *M. elata* não foram influenciados, mantendo a mesma abundância antes e após a aplicação dos tratamentos silviculturais, porém com forte redução após a recuperação da floresta (fechamento dossel).

Após 30 anos de monitoramento, foi verificado que *C. guianensis* conseguiu recuperar a abundância existente antes da exploração, inclusive com o número de indivíduos superior, sugerindo que, para esta espécie tanto a exploração florestal quanto os tratamentos silviculturais são benéficos para a regeneração natural. Diferentemente de *Astronium* spp e *M. elata*, que ao final do monitoramento, o número de indivíduos encontrados foi consideravelmente inferior ao existente antes da exploração, indicando que espécies tolerantes à sombra merecem cautela quanto à intensidade de exploração, tendo em vista que possuem crescimento lento, e 31 anos não foram suficientes para as espécies recuperar seu estoque de plantas em regeneração natural.

CONCLUSÃO

Astronium spp. pode aumentar a sua população em regeneração natural após grandes aberturas do dossel, como as resultantes da exploração florestal. Porém em longos períodos após a exploração a população é reduzida, sugerindo a aplicação de tratamentos silviculturais;

A população de *Carapa guianensis* não necessita de grandes aberturas no dossel para aumentar a sua abundância, pois pode se manter sob sombra e, inclusive, aumentar o número de indivíduos com o passar do tempo e com o fechamento gradual do dossel; e

Manilkara elata pode ter a abundância da sua população alterada, seja após grandes aberturas no dossel, seja com excesso de sombreamento, necessitando de tratamentos silviculturais para eliminar espécies competidoras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AVILA, A. L.; SCHWARTZ, G.; RUSCHEL, A. R.; LOPES, J. C.; SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P.; DORMANN, C. F.; MAZZEI, L.; SOARES, M. H. M.; BAUHUS, J. Recruitment, growth and recovery of commercial tree species over 30 years following logging and thinning in a tropical rain forest. **Forest Ecology and Management**, v. 385, p.225-235, 2017.

AVILA, A. L.; RUSCHEL, A. R.; CARVALHO, J. O. P.; MAZZEI, L.; SILVA, J. N. M.; LOPES, J. D. C.; BAUHUS, J. Medium-term dynamics of tree species composition in response to silvicultural intervention intensities in a tropical rain forest. **Biological Conservation**, v. 191, p. 577-586, 2015.

BOLTZ, F.; HOLMES, T.P.; CARTER, D.R. Economic and environmental impacts of conventional and reduced-impact logging in Tropical South America: a comparative review. **Forest Policy and Economics**, v. 5, n. 1, p. 69-81, 2003.

CARVALHO, J. O. P. **Classificação em grupos ecológicos das espécies mais importantes em uma área de Floresta Nacional do Tapajós, Belterra, PA**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 4 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado Técnico, 41).

CARVALHO, J. O. P. Dinâmica de florestas naturais e sua implicação para o manejo florestal. In: GALVÃO, A. P. M. (Org.). **Tópicos em manejo florestal sustentável**. Curitiba: EMBRAPA-CNPq, 1997. p. 43-55.

CARVALHO, J. O. P. **Structure and dynamics of a logged over Brazilian Amazonian rain forest**. 1992, 215 p. Thesis (Thesis in Forestry) - University of Oxford, Oxford, 1992.

- CARVALHO, J. O. P. **Subsídios para o manejo de florestas naturais na Amazônia brasileira**: resultados de pesquisa da EMBRAPA/IBDF-PNPF. Belém: Embrapa-CPATU, 1987. 35 p. (Embrapa-CPATU. Documentos, 43).
- CARVALHO, J. O. P.; SILVA, J. N. M.; LOPES, J. C. A. Growth rate of a terra firme rain forest in Brazilian Amazonia over an eight-year period in response to logging. **Acta Amazônica**, v. 34, n. 2, p. 209-217, 2004.
- CASTRO, T. C.; CARVALHO, J. O. P. Dinâmica da população de *Manilkara huberi* (Ducke) A. Chev. durante 26 anos após exploração florestal em uma área de terra firme na Amazônia brasileira. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 1, p.161-169, 2014.
- CHAGAS, R. S.; GOMES, J. M.; CARVALHO, J. O. P.; FERREIRA, J. E. R. Sobrevivência e crescimento de plântulas de *Manilkara huberi* Chevalier durante cinco anos em clareiras causadas pela exploração de impacto reduzido na Amazônia brasileira. **Scientia Forestalis**, v. 40, n. 95, p. 417-424, 2012.
- COSTA, D. H. M.; SILVA, S. M. A.; SILVA, J. N. M. Efetividade e custo do desbaste com aplicação de arboricida em floresta natural na região do Tapajós, Pará e Jari, Amapá. In: SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P.; YARED, J. A. G. **A Silvicultura na Amazônia Oriental**: contribuições do projeto Embrapa/ DFID. Belém: Embrapa Amazônia Oriental: DFID, 2001. p.339-352.
- DAUBER, E., FREDERICKSEN, T.S., PEÑA, M. Sustainability of timber harvesting in Bolivian tropical forests. **Forest Ecology and Management**, v. 214, p. 294–304, 2005.
- EDWARDS, D. P.; WOODCOCK, P.; EDWARDS, F. A.; LARSEN, T. H.; HSU, W. W.; BENEDICK, S.; WILCOVE, A. S. Reduced-impact logging and biodiversity conservation: a case study from Borneo. **Ecological Applications**, v. 22, n. 2, p. 561–571, 2012.
- ESPADA, A. L. V.; SOBRINHO, M. S. Manejo comunitário e governança ambiental para o desenvolvimento local: análise de uma experiência de uso sustentável de floresta na Amazônia. **Administração Pública e Gestão Social**, v. 7, n. 4, p. 169-177.2015.
- FINOL, H. Nuevos parametros a considerarse en el análisis estructural de las selvas virgenes tropicales. **Revista Forestal Venezolana**, v. 21, p. 29-42. 1971.
- 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, 2002.
- HIRAI, E. H.; CARVALHO, C. J. R.; SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P.; QUEIROZ, W. T. Efeito da exploração florestal de impacto reduzido sobre a regeneração natural em uma floresta densa de terra firme no município de Paragominas na Amazônia brasileira. **Scientia Forestalis**, v. 40, n. 95, p. 306-315, 2012.
- HÜLLER, A.; RAUBER, A.; WOLSKI, M.S.; ALMEIDA, N.L.; WOLSK, S.R.S. Regeneração natural do componente arbóreo e arbustivo do Parque Natural Municipal de Santo Ângelo-RS. **Revista SBAU**, v. 6, n. 1, p. 25-35, 2011.
- GAMA, J. R. V.; BOTELHO, S. A.; BENTES-GAMA, M. M. Composição florística e estrutura da regeneração natural de floresta secundária de várzea baixa no estuário amazônico. **Revista Árvore**, v. 26, n. 5, p. 559-566, 2002.
- GOMES, J.M.; CARVALHO, J.O.P.; SILVA, M.G.; NOBRE, D.N.V.; TAFFAREL, M.; FERREIRA, J.E.R., SANTOS, R.N.J. Sobrevivência de espécies arbóreas plantadas em clareiras causadas pela colheita de madeira em uma floresta de terra firme no município de Paragominas na Amazônia brasileira. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 40, n. 1, p. 171-178, 2010.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: 2012. 65 p. (Manuais técnicos em geociências, n. 1).
- INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. 2017. Disponível em: < <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep> >. Acesso em: 9 mar. 2017.
- JARDIM, F. C. Natural regeneration in the tropical forests. **Revista de Ciências Agrárias/Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 58, n. 1, p. 105-113, 2015.
- JARDIM, F. C. S., SOARES, M. S. Comportamento de *Sterculia pruriens* (Aubl.) Schum. em floresta tropical manejada em Moju-PA. **Acta amazônica**, v. 40, p. 535-542, 2010.

- JARDIM, F. C. S.; SERRÃO, D. R.; NEMER, T. C. Efeito de diferentes tamanhos de clareiras sobre o crescimento e a mortalidade de espécies arbóreas, em Moju-PA. **Acta Amazonica**, v. 37, n. 1, p. 37-48, 2007.
- LERTZMAN, K. P.; SUTHERLAND, G. D.; INSELBERG, A.; SAUNDERS, S. C. Canopy gaps and the landscape mosaic in a coastal temperate rain forest. **Ecology**, v. 77, n. 4, p. 1254-1270, 1996.
- LOPES, J. C. A.; WHITMORE, T. C.; BROWN, N. D.; JENNINGS, S. B. Efeito da exploração florestal nas populações de mudas em uma floresta tropical úmida no município de Moju, PA. In: SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P.; YARED, J. A. G. **A Silvicultura na Amazônia Oriental**: contribuições do projeto Embrapa/ DFID. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. p. 203-226.
- MACIEL, M. N. M.; WATZLAWICK, L. F.; SCHOENINGER, E. R.; YAMAJI, F. M. Classificação ecológica das espécies arbóreas. **Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais**, v.1, n.2, p. 69-78, 2003.
- MACIEL, M. N. M.; WATZLAWICK, L. F.; SCHOENINGER, E. R.; YAMAJI, F. M. Efeito da radiação solar na dinâmica de uma floresta. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 4, n. 1, 2002.
- NICOTRA, A. B.; CHAZDON, R. L.; IRIARTE, S. V. B. Spatial heterogeneity of light and woody seedling regeneration in tropical wet forests. **Ecology**, v. 80, n. 6, p. 1908-1926, 1999.
- OLIVEIRA, L. M.; DAVIDE, A. C.; CARVALHO, M. L. M. Avaliação de métodos para quebra da dormência e para a desinfestação de sementes de canafístula (*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert). **Revista Árvore**, v. 27, p. 597-603, 2003.
- PEREIRA, I. M.; ANDRADE, L. A.; COSTA, J. R. M.; DIAS, J. M. Regeneração natural em um remanescente de caatinga sob diferentes níveis de perturbação, no agreste paraibano. **Acta Botânica Brasileira**, v. 15, n. 3, p. 413-426. 2001.
- QUADROS, L. C. L.; CARVALHO, J. O. P.; GOMES, J.M.; TAFFAREL, M.; SILVA, J. C. F. Sobrevivência e crescimento de mudas de regeneração natural de *Astronium gracile* Engl. em clareiras causadas por exploração florestal na amazônia brasileira. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 3, p. 411-416, 2013.
- REIS, L. P.; RUSCHEL, A. R.; COELHO, A. A.; LUZ, A. S.; MARTINS-DA-SILVA, R. C. V. Avaliação do potencial madeireiro na floresta do Tapajós, após 28 anos da exploração florestal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 30, n. 64, p. 265-281, 2010.
- RODRIGUES, T. E.; SANTOS, P. L.; OLIVEIRA JUNIOR, R. C.; VALENTE, M. A.; SILVA, J. M. L.; CARDOSO JUNIOR, E. Q. **Caracterização e classificação dos solos da área do planalto de Belterra, município de Santarém, PA**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. 55 p. (Documentos Embrapa, 115)
- SCHWARTZ, G., FALKOWSKI, V., PEÑA-CLAROS, M. Natural regeneration of tree species in the Eastern Amazon: short-term responses after reduced-impact logging. **Forest Ecology and Management**, v. 385, p. 97-103, 2017.
- SCHWARTZ, G., PEZZOPANE, J.C.A., MOHREN, G.M.J., PEÑA-CLAROS, M. Post harvesting silvicultural treatments in logging gaps: a comparison between enrichment planting and tending of natural regeneration. **Forest Ecology and Management**, v. 293, p. 57-64, 2013.
- SILVA, C. S., SILVA, F., MATILLA, V., CARNEIRO, V. M. C., LIMA, A. J. N., SANTOS, J., HIGUCHI, N. Avaliação da estrutura de uma floresta submetida a diferentes intensidades de anelamento, 28 anos após a intervenção. **Scientia Forestalis**, v. 44, p. 987-999, 2016.
- SILVA, J. N. M.; LOPES, J. C. A.; OLIVEIRA, L. C.; SILVA, S. M. A.; CARVALHO, J. O. P.; COSTA, D. H. M.; MELO, M. S.; TAVARES, M. J. M. **Diretrizes para instalação e medição de parcelas permanentes em florestas naturais da Amazônia Brasileira**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. p. 68.
- SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P.; PEZZOPANE, J. C. A.; ALMEIDA, B. F.; COSTA, D. H. M.; OLIVEIRA, L. C.; VANCLAY, J. K.; SKOVSGAARD, J. P. Growth and yield of a tropical rain forest in the Brazilian Amazon 13 years after logging. **Forest Ecology and Management**, v. 71, n.3, p. 267-274. 1995.
- TANAKA, A.; VIEIRA, G. Autoecologia das espécies florestais em regime de plantio de enriquecimento em linha na floresta primária da Amazônia Central. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 36, n. 2, p. 193-204, 2006.
- TURCHETTO, F.; TABALDI, L. A.; RORATO, D. G.; GOMES, D. R. Aspectos ecofisiológicos limitantes da regeneração natural. **Ecologia e Nutrição Florestal**, v. 3, n. 1, p. 18-30, 2015.

VIEIRA, D. C. M.; GANDOLFI, S. Chuva de sementes e regeneração natural sob três espécies arbóreas em uma floresta em processo de restauração. **Revista Brasileira Botânica**, v. 29, n. 4, p. 541-554, 2006.

WHITMORE, T. C. **An introduction to tropical rain forests**. Oxford: Oxford University Press, 1990. p. 99-132.

ZAMITH, L. R.; SCARANO, F. R. Produção de mudas de espécies das Restingas do município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v.18, p.161-176, 2004.

Recebido em: 12/10/2017

Aceito em: 31/08/2018