







Regeneração natural de espécies comerciais em área submetida ao manejo florestal em pequena escala no médio Amazonas

Fábio Balieiro DE GOES¹, Adriene de Oliveira AMARAL¹, Alisson Borges Miranda SANTOS¹,
Kaline Fernandes MIRANDA¹, Victor Alexandre Hardt Ferreira dos SANTOS^{1*}

¹Universidade do Estado do Amazonas, Itacoatiara, AM, Brasil.

*E-mail: vasantos@uea.edu.br

Submissão: 09/02/2023; Aceito em 21/06/2023; Publicado em 07/07/2023.

RESUMO: A investigação da regeneração natural após manejo florestal em pequena escala é crucial para a compreensão dos impactos que a exploração florestal causa na estrutura e dinâmica da floresta. Neste estudo, foi avaliada a regeneração natural de espécies comerciais exploradas em manejo florestal em pequena escala. Para isso, vinte clareiras de exploração foram caracterizadas de acordo com o tamanho, abertura de dossel e altura da floresta de borda. Em seguida, a regeneração natural foi diagnosticada a partir da identificação de espécies comerciais (altura $\geq 1,3$ m) em nove parcelas de 2 x 2 m. A associação entre a abundância e riqueza da regeneração natural foi testada com correlação de Pearson. Foram encontrados 205 indivíduos, pertencentes a 42 espécies e 11 famílias. As espécies que comumente se repetiram foram *Protium apiculatum*, *Protium decandrum* e *Goupia glabra*. A abertura de dossel esteve positivamente associada com a abundância e riqueza de espécies, mas não com a composição de espécies. Portanto, existe uma abundante e diversificada regeneração de espécies comerciais nas clareiras e; a disponibilidade de luz afeta positivamente a quantidade de mudas e espécies da regeneração. No entanto, a composição de espécies nas clareiras não depende da disponibilidade de luz e deve ser manipulada via plantio de enriquecimento.

Palavras-chave: área de clareira; disponibilidade de luz; espécies pioneiras.

Natural regeneration of commercial species in area submitted to small-scale forest management in the middle Amazon

ABSTRACT: The investigation of natural regeneration after small-scale forest management is crucial for understanding the impacts that logging causes on the structure and dynamics of the forest. This study evaluated the natural regeneration of commercial species exploited in small-scale forest management. For this, twenty logging gaps were characterized according to size, canopy opening and forest edge height. Then, natural regeneration was diagnosed from the identification of commercial species (height ≥ 1.3 m) in nine 2 x 2 m plots. The association between the abundance and richness of natural regeneration was tested with Pearson's correlation. A total of 205 individuals were found, belonging to 42 species and 11 families. The species that commonly repeated were *Protium apiculatum*, *Protium decandrum* and *Goupia glabra*. Canopy openness was positively associated with species abundance and richness, but not with species composition. Therefore, there is an abundant and diversified regeneration of commercial species in the gaps and the availability of light positively affects the number of seedlings and species in regeneration. However, species composition in gaps does not depend on light availability and must be manipulated via enrichment planting.

Keywords: gap area; light availability; pioneer species.

1. INTRODUÇÃO

A dinâmica florestal pode ser definida como o conjunto de mudanças na estrutura e composição de uma floresta quando exposta a distúrbios naturais ou antrópicos. Esses distúrbios provocam a quebra de galhos e/ou a morte de uma ou mais árvores, causando a abertura de clareiras no dossel da floresta (NASCIMENTO et al., 2012). A abertura dessas clareiras é acompanhada por alterações nas condições ambientais no local, sendo a principal delas o aumento da disponibilidade de irradiância (JARDIM et al., 2007), que impulsionam o início dos processos dinâmicos da regeneração natural, que são fundamentais para garantir a renovação das florestas tropicais (PUIG, 2008).

A abertura das clareiras possibilita o aumento da incidência da irradiância no sub-bosque da floresta, criando ambientes de crescimento propícios à proliferação e coexistência de diferentes espécies, promovendo um aumento na diversidade geral de espécies na floresta (HAMMOND et al., 2020). O fechamento das clareiras está associado aos mecanismos de regeneração natural, tais como, germinação das sementes no banco do solo ou de sementes que chegaram após a formação da clareira; do banco de plântulas ou da rebrota de plantas danificadas e do crescimento lateral da copa de árvores ao longo da borda das clareiras (WHITMORE, 1990). No entanto, a composição da regeneração natural pode diferir entre clareiras devido a ação

de diferentes fatores, tais como, tamanho e forma das clareiras e as respostas variadas das espécies à alteração no ambiente (HAMMOND et al., 2020). Assim, o conhecimento sobre a dinâmica de clareiras em florestas tropicais é fundamental para compreender a restauração da floresta, o manejo sustentável e a conservação dos remanescentes florestais (MARTINS et al., 2012).

No entanto, ainda é um desafio para os planos de manejo florestal em pequena escala conciliar os protocolos de exploração madeireira com os processos de regeneração natural de florestas tropicais (ZIMMERMAN; KORMOS, 2012), principalmente, a regeneração de espécies comerciais; pois, o recrutamento dessas árvores é essencial para garantir a sustentabilidade e a viabilidade operacional em longo prazo do plano de manejo (FREDERICKSEN; PARIONA, 2002).

Diante disso, o estudo da regeneração natural é uma importante ferramenta para obter informações sobre o ingresso e sobrevivência de espécies que estão associados a formação das clareiras em decorrência da exploração, entre outras informações fundamentais para embasar as próximas explorações madeireiras e as intervenções silviculturais previstas nos planos de manejo (QUADROS et al., 2013). No entanto, entender o processo de regeneração das espécies é uma tarefa complexa, pois está relacionada às características ecológicas das espécies e às condições ambientais (SANTOS et al., 2015).

Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar o potencial da regeneração natural de espécies arbóreas de interesse comercial em clareiras resultantes da exploração madeireira seletiva e de impacto reduzido em manejo florestal de pequena escala no médio Amazonas; e se as características das clareiras afetam a abundância, riqueza e composição da regeneração natural.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O estudo foi desenvolvido em dois planos de manejo florestal em pequena escala localizados no km 64 da rodovia AM – 363 (Estrada da Várzea), no município de Silves, interior do estado do Amazonas (Figura 1). A propriedade I possui uma área de manejo florestal de 87,3 ha, e a propriedade II possui uma área de 75,8 ha. Nas duas propriedades foram explorados 741 m³ de madeira dos planos de manejo no ano de 2020. As duas áreas foram exploradas no ano de 2020, seguindo todas as normas e procedimentos da resolução CEMAAM n° 007/2011 que regulamenta os planos de manejo florestal sustentável em pequena escala no estado do Amazonas.

Segundo o sistema de classificação de Koppen, o clima da região é do tipo “Am”, tropical úmido, com temperatura média anual de 26,7 °C, com variação sazonal entre 25,9 °C e 27,7 °C (KOTTEK et al., 2006). A precipitação média anual é estimada em 2.249,0 mm, com chuvas excessivas de janeiro a maio (SILVA; RODRIGUES, 2003). O solo predominante na área é o Latossolo Amarelo Distrófico, sendo um solo muito argiloso com baixa fertilidade (SILVA; RODRIGUES, 2003).

A vegetação da região é a Floresta Tropical Densa, que ocorre em dois ecossistemas distintos: o da Floresta das Baixas Altitudes, ocupando os platôs Terciários e terraços de

aluvões antigos, onde são encontradas as espécies de Angelim (*Dinizia excelsa* Ducke), Breu (*Protium brasiliense*) e Abiu (*Pouteria caimito* Ruiz & Pav.), e o da Floresta Submontana, que ocupa as áreas com médias a altas altitudes, com a presença das espécies de Cardeiro (*Scleronema micranthum* Ducke), Cumaru (*Dipteryx odorata* Willd), Louro (*Ocotea neesiana*) e Tauari (*Couratari guianensis* Aubl) (GOELDI, 2008).

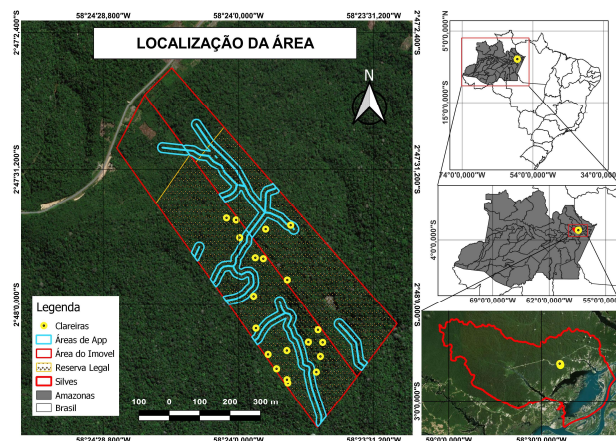


Figura 1. Localização da área de estudo.

Figure 1. Location of the study area.

2.2. Caracterização das clareiras

Primeiramente, as clareiras formadas pela exploração de árvores foram caracterizadas de acordo com a área da clareira, abertura do dossel, altura da floresta nas bordas e posição no gradiente topográfico. Para caracterização, foram selecionadas 20 clareiras, 10 em áreas de platô e 10 em áreas de baixo. Para tanto, utilizou-se o mapa de exploração do plano de manejo florestal para sortear as clareiras. Em campo, com auxílio de um GPS, as clareiras foram localizadas, verificada a sua posição na topografia (platô e baixo) e identificadas com uma numeração de A1-A10 (clareiras localizadas no platô) e B1-B10 (clareiras localizadas no baixo). O tamanho da clareira foi determinado a partir da mensuração da distância radial em oito direções (norte, sul, leste, oeste, sudeste, sudoeste, nordeste e noroeste) partindo do centro, utilizando bússola e trena laser. A abertura do dossel foi determinada com a utilização de um medidor de dossel (Plant Canopy Imager CI-110, Cid Bioscience, WA US). A partir do uso do medidor de dossel, foram tiradas três fotografias hemisféricas, no centro de cada clareira, 2 m acima do solo, em dias parcialmente nublados. As fotografias foram analisadas no software próprio do medidor de dossel, com ajustes de filtros de céu e vegetação, e limites de borda.

Para determinar a altura da floresta de borda foi mensurada a altura em três pontos: árvore mais alta, intermediária e mais baixa. A altura foi mensurada utilizando um nível de Abney, coletando os dados de inclinação no topo e base de cada altura e a distância horizontal do medidor até a árvore.

2.3. Diagnóstico da regeneração natural

Para o diagnóstico da regeneração natural, foi realizada uma amostragem nas clareiras para determinar a abundância e riqueza de espécies arbóreas de interesse comercial (espécies exploradas em 2020 e outras comumente comercializadas na região).

Para o inventário, foram marcadas nove parcelas de 2 x 2 metros em cada clareira, sendo uma parcela no centro, e as demais nas direções Norte (N1 e N2), Sul (S1 e S2), Leste (L1 e L2) e Oeste (O1 e O2). Foram inventariados indivíduos com altura superior à 1,3 metros, e as informações coletadas foram: espécie, família e localização na parcela.

2.4. Análise estatística

Para o cumprimento do primeiro objetivo, os dados foram reportados como média e amplitude dos valores de riqueza de espécies e abundância de cada espécie por clareira. Para o segundo objetivo, a associação entre a abertura do dossel e a regeneração natural foi testada com análise de correlação de Pearson. Para tanto, foram testadas as seguintes associações: abertura do dossel vs área da clareira; abertura do dossel vs altura da floresta de borda; abertura do dossel vs abundância de mudas da regeneração natural, abertura do dossel vs riqueza de espécies da regeneração natural e abertura do dossel vs composição de espécies da regeneração natural. Para a associação da abertura do dossel com a composição de espécies, os valores de ocorrência e abundância, das 19 espécies de maior abundância nas clareiras, foram sumarizados em um eixo de escalonamento métrico não-dimensional (nMDS). As análises foram realizadas no software livre R Development Core Team.

3. RESULTADOS

3.1. Caracterização das clareiras

Em relação a abertura do dossel, a clareira A1 foi que apresentou maior abertura de dossel com 50% de abertura, enquanto a clareira A8 foi a que apresentou o menor valor de abertura de dossel com 13% (Figura 2).

Foi observada uma relação positiva e significativa (coeficiente de correlação de Pearson = 0,557) entre a abertura do dossel e a área da clareira (Figura 3). Em clareiras pequenas, com área entre 100 e 200 m², foi observado uma abertura do dossel variando entre 13% e 24%, enquanto, em clareiras grandes 400 a 500 m², foi verificada uma abertura de dossel média de 27%, porém com valores máximos de 50%. Uma exceção foi a clareira B1, que apresentou um elevado valor de área, porém reduzido valor de abertura do dossel. Esse resultado pode ser consequência da posição dessa clareira no gradiente topográfico, tendo em vista que ela estava adjacente e na parte inferior de uma grande vertente.

3.2. Regeneração natural de espécies comerciais

Foram encontradas, regenerando nas clareiras de exploração, mudas de 11 famílias botânicas, divididas em 42 espécies de interesse comercial, contabilizando um total de 205 indivíduos (Tabela 1). A família Burseraceae apresentou o maior número de espécies (9), seguida das famílias Lecythidaceae e Sapotaceae com 6 espécies, Fabaceae e Lauraceae cada uma com 5 espécies; e as demais famílias com 1 a 3 representantes.

As clareiras apresentaram em média 2,56 indivíduos/m², e uma média de 1,44 espécies/m². As espécies *Protium apiculatum*, *Protium decandrum* e *Goupia glabra* foram as espécies que mais se destacaram entre as espécies comerciais contabilizadas nas clareiras, representando 22,9, 14,6 e 4,88% do total de indivíduos, respectivamente.

As clareiras apresentaram entre 3 e 27 indivíduos, com exceção da clareira A8 que não apresentou nenhum indivíduo

de interesse comercial. A clareira A1 foi a que apresentou o maior número de indivíduos, com 27 indivíduos pertencentes a 8 espécies, sendo *P. apiculatum* a espécie dominante nessa clareira. Em contrapartida, a clareira B2 foi a que apresentou o menor número de indivíduos, sendo representada por 3 indivíduos de 2 espécies.

As espécies exploradas nas duas áreas de manejo no ano de 2020 totalizaram 10 espécies, destas somente Angelim Rajado (*Zygia racemosa*), Cardeiro (*Scleronema micranthum*), Cupiúba (*Goupia glabra*) e Itaúba (*Mezilaurus itauba*) foram encontradas regenerando nas áreas de clareira estudadas (Tabela 2).

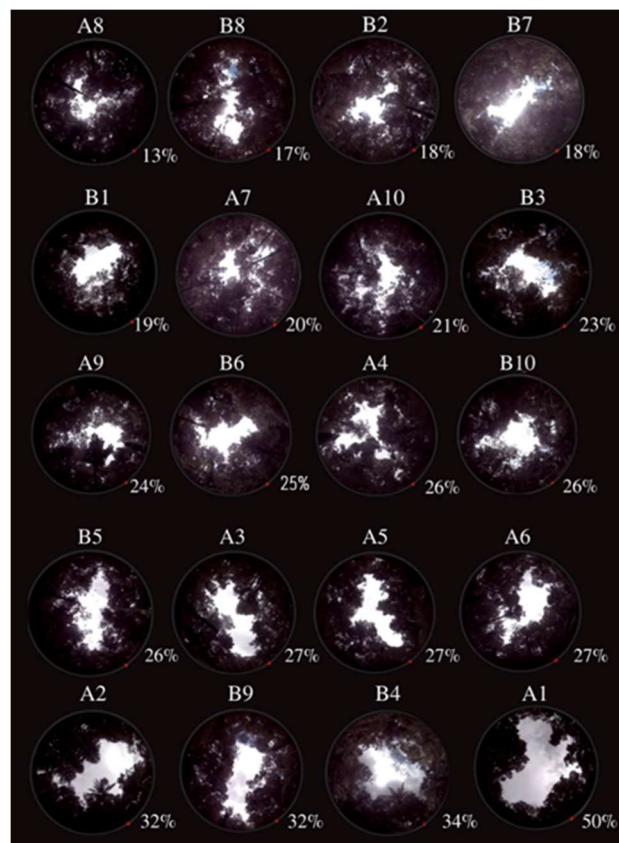


Figura 2. Foto hemisférica das clareiras ilustrando a abertura do dossel.

Figure 2. Hemispherical photo of gaps illustrating canopy openness.

Tabela 2. Espécies comerciais exploradas em 2020 e a abundância de indivíduos encontradas regenerando nas clareiras dois anos após a colheita.

Table 2. Commercial species exploited in 2020 and the abundance of individuals found regenerating in gaps two years after harvest.

Família	Espécie	Abundância
Apocynaceae	<i>Aspidosperma desmanthum</i>	-
	<i>Bondichia nitida</i>	-
Fabaceae	<i>Dipteryx odorata</i>	-
	<i>Hymenolobium petraeum</i>	-
	<i>Zygia racemosa</i>	9
Goupiaceae	<i>Goupia glabra</i>	10
	<i>Licaria aritu</i>	-
	<i>Mezilaurus itauba</i>	3
Lauraceae	<i>Ocotea neesiana</i>	-
	<i>Scleronema micranthum</i>	9

Tabela 1. Número total de mudas e abundância relativa das espécies de interesse comercial encontradas regenerando nas clareiras de exploração.

Table 1. Total number of seedlings and relative abundance of species of commercial interest found regenerating in exploration gaps.

Família	Espécie	Abundância	Abundância Relativa
Burseraceae	<i>Protium apiculatum</i> Swart	47	22,93
	<i>Protium decandrum</i> (Aubl.) Marchand	30	14,63
	<i>Protium giganteum</i> Engl.	3	1,46
	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	4	1,95
	<i>Protium spruceanum</i> (Benth.) Engl.	9	4,39
	<i>Protium strumosum</i> Daly	1	0,49
	<i>Protium subserratum</i> (Engl.) Engl.	7	3,41
	<i>Tetragastris panamensis</i> (Engl.) Kuntze	2	0,98
	<i>Trattinnickia glaziovii</i> Swart	6	2,93
Caryocaraceae	<i>Caryocar glabrum</i> (Aubl.) Pers.	2	0,98
	<i>Caryocar villosum</i> (Aubl.) Pers.	1	0,49
Fabaceae	<i>Swartzia corrugata</i> Benth.	1	0,49
	<i>Tachigali micropetala</i> (Ducke) Zarucchi & Pipoly	1	0,49
	<i>Tachigali paniculatum</i> Aubl.	1	0,49
	<i>Tachigali venusta</i> Aubl.	1	0,49
	<i>Zygia racemosa</i> (Ducke) Barneby & J.W.Grimes	9	4,39
Goupiaceae	<i>Goupia glabra</i> Aubl.	10	4,88
Humiriaceae	<i>Sacoglottis mattogrossensis</i> Malme	1	0,49
	<i>Aniba hostimaniana</i> (Nees) Mez	1	0,49
Lauraceae	<i>Aniba panurensis</i> (Nees) Mez	1	0,49
	<i>Licaria chrysophylla</i> (Meisn.) Kosterm.	1	0,49
	<i>Mezilaurus itaúba</i> (Meisn.) Taub. ex Mez	3	1,46
	<i>Ocotea matogrossensis</i> Vattimo	1	0,49
Lecythidaceae	<i>Eschweilera atropetiolata</i> S.A.Mori	3	1,46
	<i>Eschweilera coriácea</i> (DC.) S.A.Mori	2	0,98
	<i>Eschweilera grandiflora</i> (Aubl.) Sandwith	5	2,44
	<i>Eschweilera tessmannii</i> R.Knuth	1	0,49
	<i>Eschweilera truncata</i> A.C.Sm.	5	2,44
	<i>Eschweilera wachenheim</i> (Benoist) Sandwith	1	0,49
Malvaceae	<i>Scaronema micranthum</i> (Ducke) Ducke	9	4,39
Moraceae	<i>Brosimum guianense</i> (Aubl.) Huber ex Ducke	2	0,98
	<i>Brosimum potabile</i> Ducke	2	0,98
	<i>Helicostylis tomentosa</i> (Poepp. & Endl.) J.F.Macbr.	9	4,39
Myristicaceae	<i>Iryanthera lancifolia</i> Ducke	2	0,98
	<i>Virola michelii</i> Heckel	5	2,44
	<i>Virola molissima</i> (A.DC.) Warb.	4	1,95
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum amazonicum</i> T.D.Penn.	3	1,46
	<i>Chrysophyllum sanguinolentum</i> spp. <i>balata</i> (Ducke) T.D.Penn.	2	0,98
	<i>Chrysophyllum sanguinolentum</i> spp. <i>Spurium</i> (Ducke) T.D.Penn.	4	1,95
	<i>Pouteria macrophylla</i> (Lam.) Eyma	1	0,49
	<i>Pouteria reticulata</i> (Engl.) Eyma	1	0,49
	<i>Pouteria vernicosa</i> T.D.Penn.	1	0,49
Total		205	

3.3. Efeito da abertura do dossel na regeneração natural

Foi constatado uma correlação positiva entre a abundância de mudas e abertura de dossel (coeficiente de correlação de Pearson = 0,69; Figura 4). Foi observado que com o aumento da abertura do dossel nas clareiras, aumenta também a abundância de mudas de espécies de interesse comercial regenerando naturalmente. A espécie *Goupia glabra* e as espécies do gênero *Protium* se favoreceram dessa abertura do dossel, pois são espécies que se desenvolvem melhor com os altos índices de irradiância no interior da clareira.

Foi observada associação entre a riqueza de espécies e a abertura do dossel (coeficiente de correlação de Pearson = 0,503; Figura 5). A riqueza de espécies de interesse comercial aumenta em clareiras maiores.

A altura média da floresta de borda não apresentou correlação positiva com a abertura do dossel (Coeficiente de correlação de Pearson = 0,229; Figura 6). Esse resultado mostra que a altura da floresta de borda não influenciou, para as condições estudadas, a abertura do dossel; embora tenha existido uma tendência, não significativa, de redução da

abertura do dossel conforme aumento da altura de borda da floresta na clareira. A expectativa de redução da abertura de dossel conforme altura da floresta de borda se deve à maior sobreposição do céu pelas árvores no horizonte de 180° da fotografia hemisférica.

A composição florística das clareiras, resumida pelo eixo multivariado (nMDS) não esteve associada com a abertura do dossel de maneira significativa (Coeficiente de correlação de Pearson = 0,334; Figura 7).

4. DISCUSSÃO

Dois anos após a exploração florestal, verificou-se que as condições ambientais condicionadas pela abertura das clareiras contribuíram para a regeneração de espécies comerciais. No entanto, essas mudanças ocasionadas pela exploração florestal, como quantidade de luz que penetra no dossel, podem favorecer algumas espécies em detrimento de outras, como é o caso das espécies *P. apiculatum* e *P. decandrum* que foram predominantes na maioria das clareiras estudadas.

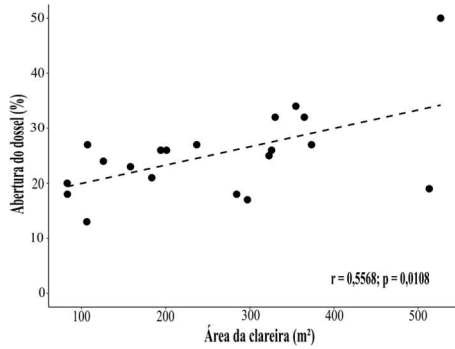


Figura 3. Dispersão da associação entre abertura do dossel e área da clareira.

Figure 3. Scatter plot of the association between canopy openness and gap area.

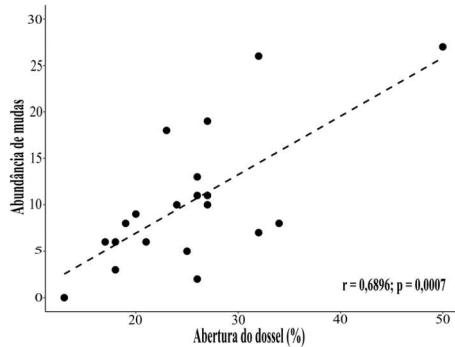


Figura 4. Dispersão da associação entre abundância de espécies e abertura do dossel.

Figure 4. Scatter of the association between species abundance and canopy openness.

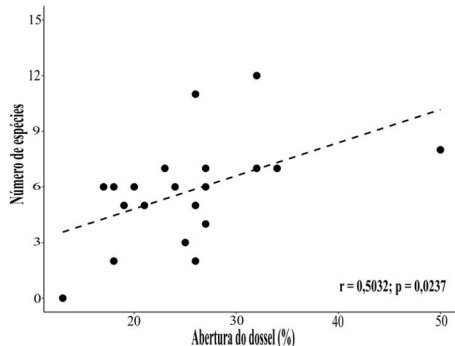


Figura 5. Dispersão da associação entre riqueza de espécies e abertura do dossel.

Figure 5. Scatter of the association between species richness and canopy openness.

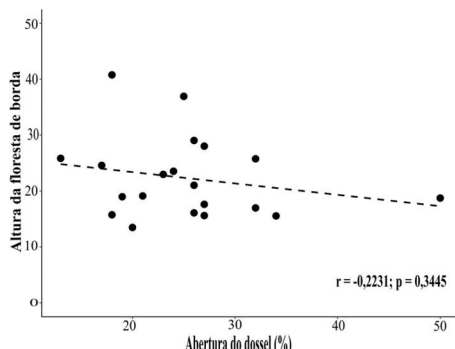


Figura 6. Dispersão da relação entre altura média da floresta de borda e abertura do dossel.

Figure 6. Scatter plot of the relationship between the average height of edge forest and canopy openness.

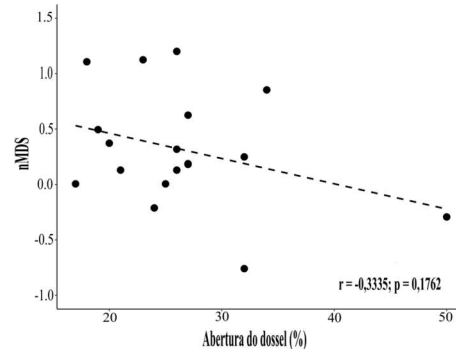


Figura 7. Dispersão da associação entre abertura do dossel e a composição de espécies representada pelo eixo do escalonamento métrico não-dimensional (nMDS).

Figure 7. Scatter of the association between canopy openness and species composition represented by the non-dimensional metric scaling axis (nMDS).

Os altos índices de irradiância nas clareiras, oriundos da abertura do dossel, favoreceram a regeneração dessas duas espécies de *Protium* que se desenvolvem melhor em ambientes com alta luminosidade, assim como, a espécie *Goupia glabra*, que é heliófila e abundante em clareiras com alta disponibilidade de luz (MORY; JARDIM, 2001). *Goupia glabra* é uma espécie que produz madeira de elevado valor econômico, sendo uma das espécies mais comercializadas na Amazônia (IBAMA, 2019); portanto, a condução da regeneração natural dessa espécie é fundamental para que em explorações futuras a espécie esteja presente em abundância e com volume adequado.

A ocorrência de 42 espécies de interesse comercial nas clareiras foi superior ao número de espécies encontradas por Scotti (2020), que verificou nove (09) espécies de valor madeireiro na regeneração natural de uma área de manejo, indicando que os distúrbios da exploração florestal criam ambientes adequados para regeneração de espécies comerciais, exceto quando os impactos são severos (SCHWARTZ et al., 2017). Costa et al., (2008) destacam que independente das características intrínsecas das espécies (grupo ecológico, fatores genéticos etc.), a entrada de luz através do dossel descontínuo em clareiras estimula um bom crescimento de todas as espécies, principalmente, das espécies de rápido crescimento que respondem positivamente à luz, aumentando as taxas de recrutamento e a velocidade de desenvolvimento das plântulas (TURCHETTO et al., 2015).

Nossos resultados para a riqueza e abundância foram semelhantes a outros estudos na Floresta Amazônica, que também encontraram um maior número de espécies de regeneração natural pertencentes as famílias Burseraceae e Lecythidaceae (JARDIM; QUADROS, 2016; LIMA FILHO et al., 2002). Isso destaca as famílias Burseraceae e Lecythidaceae como parte importante da estrutura e diversidade de florestas úmidas em muitas partes dos trópicos, com a família Burseraceae, por exemplo, contribuindo com mais de 100 espécies na Amazônia (DALY et al., 2012).

Entre as espécies que foram exploradas nos dois planos de manejo florestal de pequena escala no ano de 2020, apenas quatro (04) foram encontradas regenerando nas clareiras e com uma abundância extremamente baixa quando

comparada com as duas espécies de *Protium* mais abundantes nas clareiras. Esse achado somado com resultados de outros estudos em florestas tropicais reforça a evidência de que a regeneração natural de espécies comerciais na Amazônia, embora abundante, é, na maioria das vezes, insuficiente para repor o estoque de madeira em futuros ciclos de corte com as mesmas espécies exploradas no primeiro ciclo (SCHWARTZ et al., 2017; D'OLIVEIRA; RIBAS, 2011). E, mesmo que existam plântulas, muitas espécies morrem com a abertura das clareiras devido ao estresse por alta irradiância, danos mecânicos e competição com espécies pioneiras de rápido crescimento. A baixa abundância na regeneração natural das árvores que foram colhidas no manejo pode estar relacionada ainda, a raridade dessas espécies, a sua distribuição com densidade baixa e escassez de indivíduos reprodutivos (GOMES et al., 2021), podendo ocasionar a redução dessas espécies em ciclos de corte futuro.

Alguns autores, como Schwartz et al., (2017) e Gomes et al., (2021), tem observado que a manutenção de 10% dos indivíduos das espécies exploradas com DAP acima de 50 cm, tem se mostrado uma medida pouco eficiente para garantir a regeneração natural das espécies comerciais exploradas, sendo necessário a adoção de outras técnicas, como o plantio de mudas (SCHWARTZ et al., 2013). Portanto, nas clareiras de exploração em manejo florestal de baixo impacto, do presente estudo, devem ser realizados tratamentos silviculturais para conduzir a regeneração natural e introduzir novas espécies aumentando a densidade e diversidade de mudas, via plantio de enriquecimento.

A abundância e riqueza da regeneração de espécies comerciais foi positivamente correlacionada com a abertura do dossel (Figura 4 e 5), reforçando as afirmações de d'Oliveira, (2009) que em seu estudo constatou que a abundância de espécies aumenta com a abertura do dossel, porém apenas para aberturas acima de 30%. No início da abertura da clareira, a abundância e riqueza de espécies tende a ser maior, devido, principalmente, aos maiores níveis de luz que chega no seu interior; em grandes clareiras esses níveis de luz são mais altos e compostos por maiores proporções de comprimento de ondas fotossinteticamente ativos do que em pequenas clareiras, favorecendo o estabelecimento, desenvolvimento e sobrevivência de plântulas (d'OLIVEIRA; RIBAS, 2011; TURCHETTO et al., 2015). Assim, pequenas clareiras favorecem o crescimento de regeneração avançada, como é o caso de plântulas ou mudas já estabelecidas antes da formação da clareira, enquanto as clareiras grandes favorecem as espécies que formam banco de sementes (BAZZAZ; PICKETT, 1980).

No presente estudo, a clareira A8 não apresentou regeneração de espécies comerciais e esse fato pode estar relacionado a menor irradiância no interior da floresta, uma vez que essa clareira apresentou a menor abertura de dossel (13%), portanto, as sementes presentes no solo não tiveram o estímulo luminoso para germinar e se estabelecer. Assim, pode-se afirmar que quanto maior a abertura do dossel, melhor será para a regeneração, e que a correta exploração favorece a regeneração de espécies comerciais. No entanto, o predomínio de algumas espécies pode comprometer, em longo prazo, a manutenção das demais populações arbóreas de interesse comercial, indicando a necessidade de adoção de tratamentos silviculturais para assegurar a sustentabilidade.

5. CONCLUSÕES

As clareiras ocasionadas pela exploração florestal criam ambientes adequados para regeneração de espécies comerciais, no entanto, essa regeneração pode ser desequilibrada entre as espécies. A regeneração em massa de *Protium apiculatum* e *Protium decandrum* estão associadas aos altos índices de irradiância em algumas clareiras. Plantios de enriquecimento podem ser uma alternativa para equilibrar a regeneração das espécies comerciais. A abertura do dossel e a área da clareira tem influência direta na regeneração; pois quanto maior, melhor será a abundância e riqueza de espécies comerciais. No entanto, deve existir um limite para que a área de clareiras seja grande o suficiente para promover a regeneração natural, mas que não comprometa a provisão de serviços ecossistêmicos e não estimule a abundância de espécies pioneiras de rápido crescimento que podem comprometer o estabelecimento e crescimento das espécies comerciais.

6. REFERÊNCIAS

- BAZZAZ, F. A.; PICKETT, S. T. A. Physiological ecology of tropical succession: a comparative review. **Annual review of ecology and systematics**, v. 11, p. 287-310, 1980. 10.1146/annurev.es.11.110180.001443
- CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (AMAZONAS) – CEMAAM. **Resolução Cemaam Nº 007, de 21 de junho de 2011**. (D.O.E 22 jun. 2011).
- CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (AMAZONAS) – CEMAAM. **Resolução Cemaam Nº 017, de 20 de agosto de 2013**. (D.O.E 05 fev. 2014).
- COSTA, D. H. M.; SILVA, J. N. M.; DE CARVALHO, J. O. P. Crescimento de árvores em uma área de terra firme na floresta nacional do tapajós após a colheita de madeira. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 50, n. 1, p. 63-76, 2008.
- D'OLIVEIRA, M. D.; DE ARAÚJO, H. J. B.; CORREIA, M. F.; da SILVA, M. P. **Manejo florestal sustentável na pequena propriedade**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2007. 32p. (Documentos, 106)
- D'OLIVEIRA, M. V. N. Regeneração florestal em clareiras artificiais após dois anos de abertura de dossel no Estado do Acre. In: GONÇALVES, R. C.; DE OLIVEIRA, L. C. (Eds.) **Embrapa Acre: Ciência e Tecnologia Para o Desenvolvimento Sustentável do Sudoeste da Amazônia**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2009. P. 68-96. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/173007/1/22900.pdf>
- D'OLIVEIRA, M. V.; RIBAS, L. A. Forest regeneration in artificial gaps twelve years after canopy opening in Acre State Western Amazon. **Forest Ecology and Management**, v. 261, n. 11, p. 1722-1731, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.01.020>
- DALY, D. C. de B.; FINE, P. V.-A.; MARTÍNEZ-HABIBE, M. C. Burseraceae: a model for studying the Amazon flora. **Rodriguésia**, v. 63, p. 21-30, 2012. <https://doi.org/10.1590/S2175-78602012000100002>.
- 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. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(01\)00767-8](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(01)00767-8)

- GOELDI MPEG-Museu Paraense Emílio. **Descrição e análise da flora da região do médio-baixo rio Xingú**. Convênio MCT / MPEG / Camargo Corrêa / Odebrecht / Andrade Gutierrez / Eletrobrás / Fidesa. **Relatório Técnico**, Belém. 2008. 384p.
- GOMES, J. M.; DE CARVALHO, J. O. P.; RUSCHEL, A. R.; SILVA, J. N. M.; RAMOS, E. M. L. S.; DA CUNHA CASTRO, D'ARACE, L. M. B. Regeneração Natural de Espécies Ameaçadas de Extinção em Áreas Experimentais na Amazônia Oriental. **Biodiversidade Brasileira**, v. 11, n. 3, p. 1-11, 2021. <https://doi.org/10.37002/biobrasil.v11i3.1658>
- HAMMOND, M. E.; POKORNÝ, R. Preliminary assessment of effect of disturbance on natural regeneration in gaps of different sizes. **Journal of Forest Science**, v. 66, n. 5, p. 185-196, 2020. 10.17221/25/2020-JFS
- IBAMA_Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis. **Produção madeireira de espécies nativas brasileiras: 2012 a 2017**. Brasília: IBAMA, 2019. p. 1-378.
- JALOVÍAR, P.; SEDMÁKOVÁ, D.; PITTNER, J.; JARČUŠKOVÁ DANKOVÁ, L.; KUCBEL, S.; SEDMÁK, R.; SANIGA, M. Gap structure and regeneration in the mixed old-growth forests of National Nature Reserve Sitno, Slovakia. **Forests**, v. 11, n. 1, p. 81, 2020. <https://doi.org/10.3390/f11010081>
- JARDIM, F. C. D. S.; QUADROS, L. C. L. Estrutura de uma floresta tropical dez anos após exploração de madeira em Moju, Pará. **Revista Ceres**, v. 63, p. 427-435, 2016. <https://doi.org/10.1590/0034-737X201663040001>
- JARDIM, F. C. D. 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, p. 37-47, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672007000100004>
- KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 15, n. 3, p. 259-263, 2006. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130>
- LIMA FILHO, D. D. A.; REVILLA, J.; COELHO, L. D. S.; RAMOS, J. F.; SANTOS, J. L. D.; OLIVEIRA, J. G. D. Regeneração natural de três hectares de floresta ombrófila densa de terra firme na região do Rio Urucum-AM, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 32, p. 555-555, 2002. <https://doi.org/10.1590/1809-43922002324569>
- MARTINS, S. V.; RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S.; CALEGARI, L. Sucessão ecológica: Fundamentos e aplicações na restauração de ecossistemas florestais, p.21-42. In: MARTINS, S. V. **Ecologia de florestas tropicais**. 2 ed. Viçosa: Editora UFV, 2012. 372p.
- MORY, A. M.; JARDIM, F. C. S. Comportamento de *Goupia glabra* Aubl. (Cupiúba) em diferentes níveis de desbaste por anelamento em florestas naturais. **Revista Ciências Agrárias**, n. 36, p. 55-66, 2001.
- NASCIMENTO, A. R. T.; ARAÚJO, G. M.; GIROLDO, A. B.; SILVA, P. P. F. Tropical forests. In: SUDARSHANAS, P.; NAGESWARA-RAO, M.; SONEJI J.R. (Eds.). **Gap area and tree community regeneration in a tropical semideciduous forest**. Croatia: InTech, 2012. p. 139-154.
- PUIG, H. A floresta tropical úmida. Ed. UNESP, 2008. 496p.
- QUADROS, L. C. L.; CARVALHO, J. O. P. D.; 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**, v. 23, p. 411-416, 2013. <https://doi.org/10.5902/1980509810552>
- SANTOS, K. F.; FERREIRA, T. S.; HIGUCHI, P.; SILVA, A. C.; VANDRESEN, P. B.; COSTA, A.; SPADA, G.; SCHMITZ, V.; SOUZA, F. Regeneração natural do componente arbóreo após a mortalidade de um maciço de taquara em um fragmento de floresta ombrófila mista em Lages/SC. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 1, p. 107-117, 2015. <https://doi.org/10.5902/1980509817467>
- SCCOTI, M. S. V.; BIAZATTI, S. C.; JÚNIOR, J. F. B.; FAGUNDES, S. T. S. Regeneração natural de espécies madeireiras na Amazônia Ocidental. **Revista Agroecossistemas**, v. 11, n. 2, p. 129-145, 2020. <http://dx.doi.org/10.18542/ragros.v11i2.7170>
- SCHWARTZ, G.; LOPES, J. C.; MOHREN, G. M.; 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. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.12.040>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.11.036>
- SILVA, J. M. L. da; RODRIGUES, T. E. **Zoneamento agroecológico do município de Silves-AM**. Belém: Embrapa Amazonia Oriental (Brasil), 2003. 39p. (Documentos, 174). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/408054/zoneamento-agroecologico-do-municipio-de-silves--am>
- TURCHETTO, F.; TABALDI, L. A.; RORATO, D. G.; GOMES, D. R. Aspectos eco-fisiológicos limitantes da regeneração natural. **Ecologia e Nutrição Florestal**, v. 3, n. 1, p. 18-30, 2015.
- WHITMORE, T. C. **An introduction to tropical rain forests**. Oxford: Clarendon Press. 1990. 226p.
- ZIMMERMAN, B. L.; KORMOS, C. F. Prospects for sustainable logging in tropical forests. **BioScience**, v. 62, n. 5, p. 479-487, 2012. <https://doi.org/10.1525/bio.2012.62.5.9>

Agradecimentos: Os autores agradecem à dona Maria Izabel de Oliveira Amaral, Joaquim Figueiredo Amaral e Donizeti Lopes, por conceder a área de execução da pesquisa. O autor correspondente agradece à Universidade do Estado do Amazonas pela bolsa de produtividade acadêmica concedida durante a pesquisa.

Contribuição dos autores: FBG - análise estatística, redação (rascunho original), metodologia, coleta de dados. AOA, ABMS, KFM - metodologia, coleta de dados, análise estatística, redação (revisão e edição). VAHFS - conceituação, obtenção de financiamento, metodologia, coleta de dados, análise estatística, administração, supervisão e redação (rascunho original). Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito

Financiamento: FAPEAM pelo auxílio financeiro concedido via Programa Estratégico de Desenvolvimento do Setor Primário Amazonense Edital N. 008/2021 - PROSPAM/FAPEAM.

Revisão por comitê institucional: *Não se aplica.*

Comitê de Ética: *Não se aplica.*

Disponibilização de dados: Os dados da pesquisa podem ser disponibilizados. Por gentileza, solicitar via e-mail vasantos@uea.edu.br

Conflito de Interesse: Os autores declaram que não existem conflitos de interesse com outros pesquisadores ou instituições.