



Serviço Público Federal
Universidade Federal do Pará
Campus Universitário de Altamira
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO

PPGBC
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO

Suzana Ligoski Zeferino

**MODELOS LINEARES GENERALIZADOS NA PREDIÇÃO DO
TAMANHO DE CLAREIRAS DE EXPLORAÇÃO FLORESTAL
PLANEJADA NA AMAZÔNIA BRASILEIRA**

Orientador: Prof. Dr. Emil José Hernández Ruz

Coorientador: Prof. Dr. Deivison Venicio Souza

ALTAMIRA - PA

JANEIRO – 2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS ALTAMIRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE DE CONSERVAÇÃO

Suzana Ligoski Zeferino

**MODELOS LINEARES GENERALIZADOS NA PREDIÇÃO DO
TAMANHO DE CLAREIRAS DE EXPLORAÇÃO FLORESTAL
PLANEJADA NA AMAZÔNIA BRASILEIRA**

Orientador: Prof. Dr. Emil José Hernández Ruz

Coorientador: Prof. Dr. Deivison Venicio Souza

Dissertação a apresentada à Universidade Federal do Pará, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Conservação para obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Conservação.

ALTAMIRA - PA

JANEIRO – 2022

Suzana Ligoski Zeferino

**MODELOS LINEARES GENERALIZADOS NA PREDIÇÃO DO
TAMANHO DE CLAREIRAS DE EXPLORAÇÃO FLORESTAL
PLANEJADA NA AMAZÔNIA BRASILEIRA**

Orientador: Prof. Dr. Emil José Hernández Ruz

Coorientador: Prof. Dr. Deivison Venicio Souza

Dissertação a apresentada à Universidade Federal do Pará, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Conservação para obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Conservação.

Prof. Dr. Fábio Miranda Leão
1º Examinador

Prof. Dr. Gustavo Schawartz
2º Examinador

Prof. Dr. Graciliano Galdino
3º Examinador

Prof. Dr. Rafael Salomão
4º Examinador

Prof. Dr. Rodolfo Salm
5º Examinador

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

Zeferino, Suzana Ligoski.

Modelos lineares generalizados na predição do tamanho de
clareiras de exploração florestal planejada na Amazônia Brasileira /
Suzana Ligoski Zeferino. — 2019.

30 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Emil José Hernández Ruz
Coorientador(a): Prof. Dr. Deivison Venicio Souza
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,
Campus Universitário de Altamira, Programa de Pós-Graduação
em Biodiversidade e Conservação, Altamira, 2019.

1. Exploração florestal, . 2. Fitofisionomias. 3. Floresta
ombrófila densa. 4. Floresta ombrófila aberta com cipó. I.
Título.

CDD 634.92

Dedicatória

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ter me dado a vida e a oportunidade de me aprofundar ainda mais na área de biodiversidade e conservação.

Dedico este trabalho a minha família e a todos que me apoiaram no decorrer do curso.

Enquanto houver vontade de lutar, haverá
esperança de vencer.

Agradecimentos

A Deus por me proporcionar a oportunidade de ter saúde e motivação para realizar o curso de mestrado.

À UFPA, por disponibilizar a bolsa de custeio de estudo, pois não seria possível a permanência no programa de mestrado sem a bolsa.

Ao Professor Doutor Emil J. Hernández Ruz pelo grande apoio, no decorrer do desenvolvimento do projeto de mestrado.

Ao Professor Doutor Deivison Venicio Souza por todo apoio durante o desenvolvimento do projeto de mestrado.

A Empresa Grupo LN Guerra pela oportunidade de realizar este trabalho na área de Manejo Florestal da Fazenda Uberlândia.

SUMÁRIO

Resumo geral.....	1
Abstract	2
Introdução Geral	3
Objetivo Geral	4
Objetivos específicos.....	4
Literatura citada	4
1. Introdução	1
2. Material e Métodos.....	3
2.1 Área de estudo	3
2.2 Conjunto de dados	4
2.2.1 Área da clareira na área de efetiva exploração florestal.....	4
2.2.2 Tipo de dano em árvores impactadas	4
2.3 Modelos Lineares Generalizados	5
3. Resultados	6
4. Discussão	13
5. Conclusões.....	15
Referências	15

1 **Resumo geral**

2

3 Mesmo com o uso de todas as medidas do manejo florestal, com base nas legislações e normas
4 técnicas vigentes, a floresta tropical sofrerá efeitos da exploração florestal de impacto reduzido,
5 os quais são vistos diretamente nas áreas de exploração efetiva por meio de clareiras, estradas,
6 pátios de estocagem, e de forma indireta na morte de indivíduos adjacentes as áreas de exploração.
7 Neste estudo procuramos avaliar os efeitos do manejo florestal em áreas de Floresta Ombrófila
8 Densa (FOM), Floresta Ombrófila Densa Periodicamente Alagada (FOMPA) e Floresta
9 Ombrófila Aberta com Cipós (FOAC) na região leste do Pará, por meio da avaliação de danos
10 ocasionados pela exploração florestal às árvores remanescentes próximas as clareiras e da relação
11 entre o tamanho das clareiras com as variáveis diâmetro a altura do peito (DAP), altura comercial,
12 e tipo de fitofisionomia; e também a predição do tamanho das clareiras formadas pela exploração
13 florestal. Foram comparados entre as florestas, os danos nas árvores remanescentes próxima as
14 clareiras e ajustados modelos de equação para prever o tamanho das clareiras a partir de
15 variáveis dendrométricas e fitofisionomia. Foram utilizados dados obtidos em 653 clareiras numa
16 Unidade de Produção Anual n.14 (UPA 14), pertencente a área de manejo da fazenda Uberlândia,
17 administrada pela empresa LN Guerra LTDA. Utilizamos informações do número de danos
18 provocados nas árvores remanescentes na área das clareiras, os quais foram categorizados em
19 danos leves, moderados e irreversíveis, e informações quanto as dimensões das clareiras, por meio
20 do diâmetro maior e menor da clareira. Adicional há estes dados, utilizamos o inventário florestal
21 100% e dados de monitoramento da UPA-14. Realizamos análises exploratórias e posteriormente
22 aplicados métodos de Modelagem Linear Generalizada (GLM) com a utilização das famílias
23 Gaussiana, Gamma e Gaussiana Inversa, com as funções de ligação e transformação das variáveis
24 utilizadas para a predição da área de clareiras com as variáveis DAP, Altura comercial, volume e
25 tipo de fitofisionomia. Das 653 clareiras analisadas, 171 estavam em FOM, 165 em FOMPA, e
26 317 em FOAC. As clareiras em geral oscilaram entre 27,65 a 548,46 m² (115,98 ± 69,07). Dos
27 15 modelos ajustados, apenas 6 apresentaram significância estatística ao nível 5%, dentre estes o
28 modelo M12 foi o que melhor se ajustou ao banco de dados, apresentando um dos menores valores
29 de critério de informação de Akaike (AIC) e critério de informação Bayesiano (BIC) e melhor
30 distribuição dos resíduos aleatorizados. Os resultados demonstram a necessidade de uso de
31 prerrogativas no manejo florestal que levem em consideração o tipo de fitofisionomia. A predição
32 de tamanhos de clareiras demonstrou ser de suma importância para uma melhor conservação da
33 floresta e, conseqüentemente, aprimoramento de técnicas de impactos reduzidos no manejo
34 florestal.

35

36 **Palavras chaves:** Clareiras; Fitofisionomia; Modelagem.

37

38

39 **Abstract**

40

41 Even if all forest management measures are taken, in accordance with current legislation and
42 technical standards, the tropical forest will suffer the effects of reduced impact forestry, which
43 are seen directly in areas of effective exploitation through clearings, roads, storage yards, and
44 indirectly in the death of individuals adjacent to exploration areas. In this study, we sought to
45 evaluate the effects of forest management in areas of Dense Rain Forest (FOM), Periodically
46 Flooded Rain Forest (FOMPA) and Open Rain Forest with Liana (FOAC) in the eastern region
47 of Pará, through the assessment of damage caused by forest exploitation the remaining trees near
48 the gaps and the relationship between the size of the gaps with the variables DBH, commercial
49 height, and type of phytophysiology. Damage to remaining trees near gaps was compared
50 between forests and equation models were adjusted to predict gap size from dendrometric
51 variables and phytophysiology. Data were obtained from 653 clearings in an Annual
52 Production Unit n.14 (UPA 14), belonging to the management area of the Uberlândia farm,
53 managed by the company LN Guerra LTDA. We used information on the number of damages
54 caused to the remaining trees in the gap area, which were categorized into light, moderate and
55 irreversible damage, and information on gap dimensions, through the largest and smallest
56 diameter of the gap. In addition to these data, we used the 100% forest inventory and monitoring
57 data from UPA-14. We performed exploratory analyzes and later applied Generalized Linear
58 Modeling (GLM) methods using the Gaussian, Gamma and Inverse Gaussian families, with the
59 connection and transformation functions of the variables used for the prediction of the gap area
60 with the variables DBH, Commercial height, volume and type of phytophysiology. Of the 653
61 gaps analyzed, 171 were in FOM, 165 in FOMPA, and 317 in FOAC, which belong to 36 species,
62 distributed in 15 families. The gaps in general ranged from 27.65 to 548.46 m² (115.98 ± 69.07).
63 Of the 15 adjusted models, only 6 presented statistical significance at the 5% level, among these
64 the M12 model was the one that best adjusted to the database, presenting one of the lowest values
65 of Akaike information criterion (AIC) and Bayesian information criterion (BIC) and better
66 distribution of randomized waste. The results demonstrate the need to use prerogatives in forest
67 management that take into account the type of phytophysiology. The prediction of gap sizes
68 proved to be of paramount importance for monitoring in forest management.

69

70 **Keywords:** Glades; Phytophysiology; Modeling.

71

72

73

74

75

76 **Introdução Geral**

77

78 Na região amazônica brasileira, são extraídos legalmente seus recursos madeireiros por
79 meio do Manejo Florestal Sustentável (MFS), o qual possui prerrogativas pela Instrução
80 Normativa MMA nº 5 de 2006 (BRASIL, 2006), dentre outros marcos legais, que permitem a
81 utilização de métodos de Exploração de Impacto Reduzido (EIR), o qual possui princípios
82 científicos e de engenharia que envolvem técnicas de atenuação de impactos, educação e
83 treinamento dos trabalhadores (BRAZ et al., 2017; SILVA et al., 2018).

84 As florestas em áreas de manejo florestal são impactadas em diversos locais, com
85 diferentes níveis de intensidade. Os impactos nas áreas de MFS podem ser observados nas
86 aberturas de estradas, pátios de estocagem de madeira, e principalmente nos locais de retirada das
87 árvores, estas áreas se tornam pequenas à grandes clareiras no meio da floresta (LOCKS e
88 MATRICARDI, 2019). Após a formação de uma clareira, tanto seu interior quanto as bordas são
89 afetadas, modificando as condições ambientais e intensificando a competição por luminosidade e
90 nutrientes (FRANCES et al., 2013, VALTRAZ, 2016).

91 Essas aberturas são progressivamente ocupadas por indivíduos jovens de diferentes
92 espécies, pertencentes a principalmente a três grupos da sucessão ecológica (pioneiras,
93 secundárias iniciais e tardias) (PAULA et al., 2004), as quais apresentam dinâmicas particulares
94 de regeneração que afetam diretamente a diversidade local das espécies, influenciadas por
95 diversos fatores, entre os mais importantes, a intensidade e origem dos distúrbios sofridos na área,
96 o crescimento e a mortalidade das espécies que ocupam as clareiras (ARRUDA e CUNHA, 2012).

97 A intensidade dos impactos nas diferentes fitofissionomias, dependem do tamanho da
98 clareira, e do quanto as árvores remanescentes são danificadas durante a retirada dos indivíduos
99 selecionados para corte (BRAZ, 2010; LIMA, 2005). Demonstrando que as características
100 específicas da fitofisionomia devem ser levadas em consideração durante a realização do manejo
101 florestal para que haja uma menor área impactada.

102 A tipologia florestal pode se torna uma variável ecológica que pode influenciar na
103 magnitude dos danos ocasionados pela exploração em uma área de manejo florestal, em virtude de
104 diferenças do ambiente (SOUZA et al., 2017), a exemplo das florestas ombrófilas densas,
105 abertas e periodicamente alagadas, que se diferenciam basicamente pelo número e vigor das
106 lianas, densidade de indivíduos por hectare e o periodicidade do regime hidrico, respectivamente
107 (LIMA, 2005; BRASIL, 2012).

108 Estudos na região amazônica que avaliam a dinâmica de florestas manejadas após a
109 exploração de impacto reduzido são imprescindíveis para a compreensão dos efeitos da
110 exploração madeireira na estrutura, função e composição de espécies da floresta, sendo
111 fundamental para a condução, planejamento e estabelecimento de estratégias de manejo florestal
112 para os futuros ciclos de cortes (GOUVEIA, 2015).

113 No planejamento da exploração florestal, é considerado a estimativa do volume a ser
114 explorado, enquanto a estimativa do impacto ocasionado pela extração das árvores sobre a floresta
115 remanescente não é levado em consideração, o que gera um vazio de informações do passivo
116 ambiental, ficando a necessidade de implementar estudos para predizer esses impactos e buscar
117 alternativas para sua atenuação.

118

119 **Objetivo Geral**

120 Gerar modelos lineares generalizados que expliquem o tamanho de clareiras
121 decorrentes de exploração de impacto reduzido numa área de manejo florestal sustentável em três
122 tipos de fitofisionomia no leste da Amazônia

123

124 **Objetivos específicos**

- 125 • Classificar os tamanhos das clareiras geradas pela extração florestal de impacto reduzido entre
126 fitofisionomias florestais no leste da Amazônia.
- 127 • Avaliar a relação do tamanho das clareiras com as variáveis DAP, altura comercial da árvore
128 explorada, volume, assim como o tipo de fitofisionomia.
- 129 • Predizer as áreas de clareiras ocasionadas pela exploração florestal nas diferentes fitofisiono-
130 mias florestais no leste da Amazônia.

131 •

132

133 **Literatura citada**

134 ARRUDA, E. C.; CUNHA, C. N. Características de clareiras e seus efeitos sobre riqueza
135 de espécies em floresta monodominante de *Vochysia divergens*. **Ecologia Australis**,
136 2012, v. 16, n.4, p.832-845.

137 BRASIL. Estado do Meio Ambiente. Instrução normativa nº. 5, de 11 de dezembro de
138 2006. Dispõe sobre procedimentos técnicos para elaboração, apresentação, execução e
139 avaliação técnica de Planos de Manejo Florestal Sustentável. **Diário Oficial da União:**
140 Seção 1, Brasil, p. 155, 13 Dez., 2006.

141 BRASIL, **Manual técnico da vegetação brasileira: sistema fitogeográfico: inventário**
142 **das formações florestais e campestres: técnicas e manejo de coleções botânicas: pro-**
143 **cedimentos para mapeamentos**. IBGE, Rio de Janeiro, 2012, p. 272.

144 BRAZ, E. M. **Subsídios para o planejamento do manejo de florestas tropicais da**
145 **Amazônia**. TESE (Doutorado em engenharia florestal) – Universidade Federal de Santa
146 Maria, Centro de Ciências Rurais. 2010.

147 BRAZ E. M; MATTOS P. P.; VERDE M. F.; BASSO, R. O.; CANETTI, A. **Otimização**
148 **do ciclo de corte na Floresta Amazônica sob o ponto de vista econômico**. Colombo:
149 Embrapa Florestas, 2017. p.1-7, (Comunicado Técnico).

- 150 FRANCES, M. B. CARVALHO, J. O. P. BATISTA, F. J. JARDIM, F. C. S. RAMOS.
151 E. M. L. S. Influência da exploração florestal de impacto reduzido sobre as fases de de-
152 senvolvimento de uma floresta de terra firme, Pará, Brasil. **Ciências florestais**, 2013,
153 Santa Maria, v.23, n.4, p.743 -753.
- 154 GOUVEIA, D. M. **Dinâmica e estrutura de espécies arbóreas após a exploração ma-**
155 **deireira na floresta nacional do Tapajós**. Dissertação (Mestrado em ciências de flores-
156 tas tropicais) - INPA, Manaus, 2015, p.107.
- 157 LIMA, R. A. F. Estrutura e regeneração de clareiras em Florestas Pluviais Tropicais. **Re-**
158 **vista Brasileira de Botânica**, 2005, v.28, n.4, p.651-670.
- 159 LOCKS, C. J.; MATRICARDI, E. A. T. Estimativa de impactos da extração seletiva de
160 madeiras na Amazônia utilizando dados LIDAR. **Ciência Florestal**, 2019, v.29, n.2,
161 p.481-495.
- 162 PAULA, de A.; SILVA, A. F.; MARCO, P.; SANTOS, F. A. M.; SOUZA, A. L. Sucessão
163 ecológica da vegetação arbórea em uma Floresta Estacional Semidecidual, Viçosa, MG,
164 Brasil. **Acta botânica Brasil**, v.18, n.3, p.407-423, 2004.
- 165 SILVA, P. H.; GOMIDE, L. R.; FIGUEIREDO, E. O.; CARVALHO, L. M. T.; FERRAZ
166 FILHO, A. C. Optimal selective logging regime and log landing location models: a case
167 study in the Amazon forest. **Acta Amazônica**, 2018, v.48, n.1, p.18-27.
- 168 VALTRAZ S.; CARVALHO, J. O.; SILVA, J. N.; CASTRO C. C. Efeito da exploração
169 de impacto reduzido na dinâmica do crescimento de uma floresta natural. **Scientia Fo-**
170 **restalis**, 2016, v.44, p.261-271.
- 171

Este capítulo está formatado nas normas da revista Forest, disponível em:

<https://www.mdpi.com/journal/forests/instructions>.

Modelos lineares generalizados na predição do tamanho de clareiras de exploração florestal planejada na Amazônia brasileira

Suzana Ligoski Zeferino¹, Deivison Vinícios Souza², Alex Soares de Souza³ and Emil José Hernández Ruz⁴

¹ Universidade federal do Pará – Campus Altamira (UFPA), Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação 1; sligoskizeferino@gmail.com.

² Universidade federal do Pará – Campus Altamira (UFPA), Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação 1; deivisonvs@ufpa.br.

³ Secretaria de Estado do Meio ambiente e Sustentabilidade do Pará (SEMAS), alex_souza3@hotmail.com.

⁴ Universidade federal do Pará – Campus Altamira (UFPA), Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação; emilhj@ufpa.br.

Dado que o tamanho da clareira é uma das principais variáveis que quantificam o tamanho do passivo ambiental do manejo florestal, os órgãos reguladores deveriam dar um maior grau de atenção a fim de quantificar esses efeitos, e acompanhar a evolução dessas alterações. Diante disso, o objetivo deste estudo foi categorizar as clareiras, quantificar os danos e ajustar equações para prever o tamanho das áreas das clareiras formadas após a derruba de árvores, em três tipos de fitofisionomias no leste da Amazônia paraense. Para tal, realizamos uma análise descritiva com os dados de tamanhos de clareiras e danos nos indivíduos remanescentes em cada clareira nas diferentes fitofisionomias, para posterior aplicação da modelagem preditiva para estimar o tamanho da clareira, utilizando o método de modelagem linear generalizada com uso das famílias Gaussiana, Gamma e Gaussiana Inversa, com funções de ligação e transformação das variáveis analisadas. Dentre as três fitofisionomias estudadas as clareiras da Floresta Ombrófila com Cipós, apresentaram as maiores áreas (27,650 a 548,460 m²), tendo 56 clareiras grandes, 148 clareiras médias, e 113 pequenas. Já, em relação a modelagem preditiva o modelo M12, foi o que teve o melhor ajuste, por ter apresentado um dos menores valores de critério de informação de Akaike (AIC) e critério de informação Bayesiano (BIC) e melhor distribuição dos resíduos aleatorizados. Ao fim deste estudo é perceptível que existem diferenças no tamanho das clareiras entre as fitofisionomias, o que sugere que a variável fitofisionomia deve ser considerada no planejamento das operações, a fim de atenuar os efeitos do manejo florestal na área explorada.

Palavras chaves: Exploração florestal, Fitofisionomias, Floresta ombrófila densa, Floresta ombrófila aberta com cipó.

1. Introdução

Um dos impactos da exploração florestal são as clareiras, as quais são formadas com a derruba das árvores escolhidas para a exploração, as quais podem ter pequenas à grandes dimensões, variando de acordo com o tamanho do indivíduo explorado ou com a adequação das técnicas silviculturais aplicadas [1] e como observamos neste estudo do tipo de fitofisionomia na qual a exploração é realizada. As clareiras criadas na exploração seletiva, são locais favoráveis para regeneração das árvores, em virtude de maior entrada de luz e uma maior disponibilização de nutrientes para estratos inferiores [2].

As clareiras também podem ser chamadas de lacunas florestais, as quais são ocupadas progressivamente por uma grande variedade de espécies florestais, pertencentes a principalmente a três grupos da sucessão ecológica (pioneiras, secundárias iniciais e tardias) [3], as quais apresentam dinâmicas particulares de regeneração que afetam diretamente a diversidade local de espécies, influenciadas por diversos fatores, entre os mais

importantes, a intensidade e origem dos distúrbios sofrido na área, o crescimento e a mortalidade das espécies que ocupam as clareiras [4].

Esses fatores levam a colonização por diferentes espécies em cada clareira, pois com a formação desta, tanto seu interior como as extremidades são afetadas, modificando as condições ambientais e intensificando a competição por luz e nutrientes [5,6]. A intensidade dos impactos nessas áreas depende do tamanho da clareira, e do quanto as árvores remanescentes foram danificadas durante a retirada dos indivíduos selecionados para corte [7, 8, 9, 10].

Outro fator atrelado a colonização das clareiras e ao quanto esta será impactada é a sua dimensão, pois determinam as condições ambientais e influenciam na sobrevivência, crescimento e estruturação das plantas, ou seja, influencia totalmente a trajetória ecológica resultante, tendo como consequência as modificações de suas condições locais de luminosidade, temperatura, umidade, ventos, entre outros fatores [11, 12, 13].

As clareiras provenientes da exploração na floresta Amazônica, possuem uma variação em sua área, podendo ser considerada de grande, média e pequeno, as quais possuem características de regeneração totalmente diferentes, desde a germinação até a quantidade de indivíduos que habitaram o local [14].

No Brasil, a Floresta Amazônica é a que vem sendo mais explorada, a qual é composta por diversas fitofisionomias, com processos ecológicos complexos e dinâmicos, onde, qualquer intervenção deve ser antecedida por um estudo prévio de suas características estruturais para a realização do manejo sustentável [15]. Como no caso das florestas ombrófilas que possuem sub variações (densa, aberta e outras), que modificam toda a interação do ambiente.

As Florestas Ombrófilas Densas (FOM), possuem estratos superiores com árvores de altura entre 25 a 30 metros e com suas copas entrelaçadas, além disso, são florestas sempre verdes (perenifólias), com folhas largas (latifoliadas) que se desenvolvem em ambientes úmidos, e as Florestas Ombrófilas Densas Periodicamente Alagadas (FOMPA), diferem da ombrófila densa basicamente pelo regime de água, onde estas sofrem inundações periódicas por estarem próximas a rios de águas pretas ou claras [16, 17].

Já, as Florestas Ombrófilas Abertas com Cipós (FOAC), possuem menor biomassa e maior abundância de arbustos e lianas se comparada a floresta ombrófila densa, o que pode estar associado a um lençol freático profundo, solos impermeáveis e má drenagem, resultando em um sub-bosque denso e um dossel mais aberto [18].

Diante das características das fitofisionomias acima indicadas, vale ressaltar que um dos principais fatores que atuam na composição florística e na estrutura das florestas é a heterogeneidade ambiental, que é resultado da diversidade de fatores que interagem nas comunidades [19], como resposta a esses fatores existe variações estruturais e ecológicas em cada local de área florestal, dentre estes estão a topografia, profundidade do solo, temperatura, dispersão de semente, entre outros.

Com a diferenciação das características das fitofisionomias, se torna necessário, o uso de prerrogativas diferenciadas, e não o uso das atuais em vigência, aplicadas de forma generalizada na região amazônica, que extraem legalmente seus recursos madeireiros por meio do Manejo Florestal Sustentável (MFS), o qual é regulamentado pela Instrução Normativa MMA nº 5 de 2006 [20], dentre outros marcos legais, que permitem a utilização de métodos de Exploração de Impacto Reduzido (EIR), os quais possuem princípios científicos e de engenharia que envolvem técnicas de atenuação de impactos, educação e treinamento dos trabalhadores [15, 21, 22].

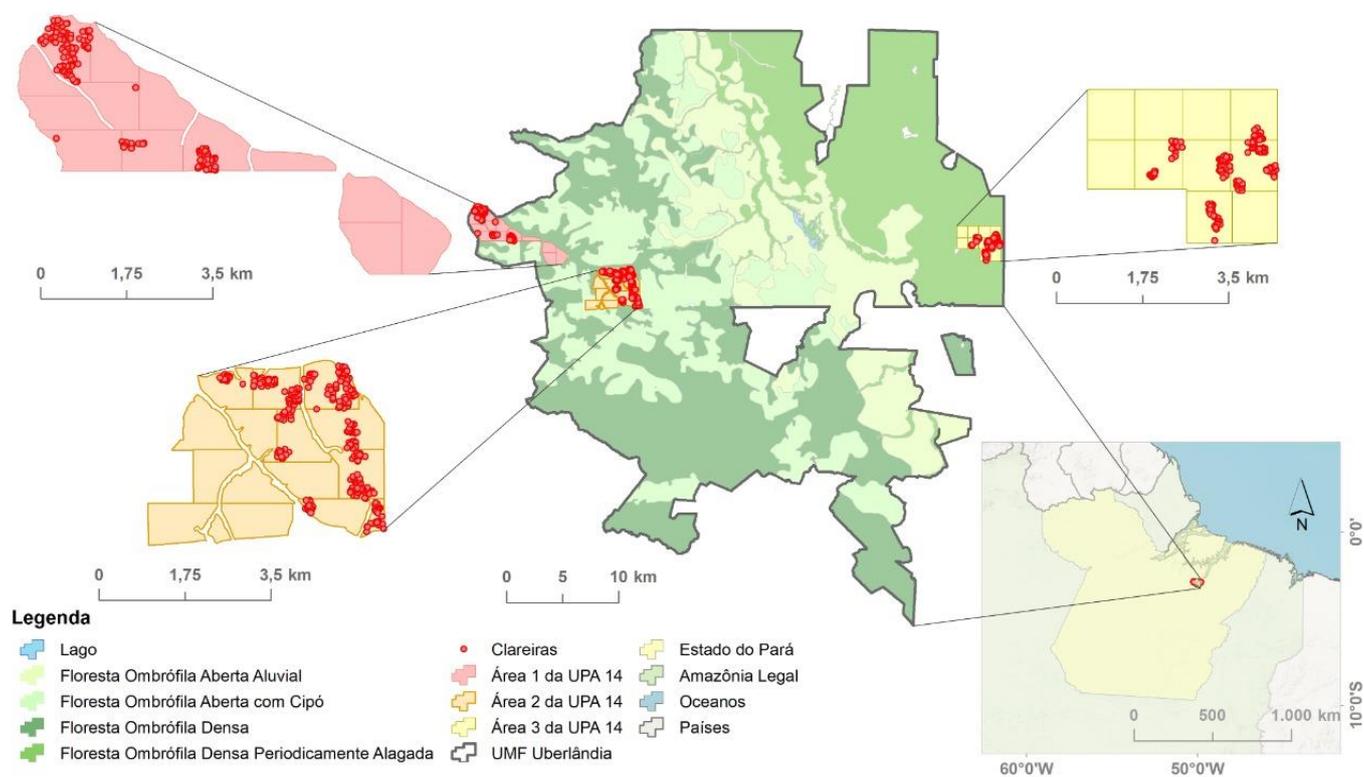
Nesse tipo de planejamento da exploração florestal, é considerado apenas a estimativa do volume a ser explorado, sem se considerar a estimativa do impacto das árvores exploradas sobre a floresta remanescente, seja pela escassez de estudos ou por não existir a obrigatoriedade da realização desse tipo de medida. Evidenciase, a importância de estudos que busquem prever esses impactos a exemplo do tamanho das clareiras, uma vez que outros autores já trazem essa preocupação voltada à recuperação do estoque da floresta; avaliação da sustentabilidade ambiental e econômica do manejo florestal; e definição das necessidade, época e intensidade de aplicação de tratamentos silviculturais (23).

102 Nesse sentido, o objetivo principal deste estudo foi ajustar modelos lineares generalizados
103 para predição das áreas de clareiras formadas após a derruba de árvores, em diferentes
104 fitofisionomias; e teve como objetivos específicos realizar a classificação dos tamanhos das
105 clareiras geradas pela extração florestal de impacto reduzido entre fitofisionomias flores-
106 tais no leste da Amazônia; avaliar a relação do tamanho das clareiras com as variáveis
107 DAP, altura comercial da árvore explorada, volume, assim como o tipo de fitofisionomia.
108

109 2. Material e Métodos

110 2.1 Área de estudo

111 O estudo foi realizado na Unidade de Produção Anual n. 14 (UPA-14) da Unidade de
112 Manejo Florestal (UMF) na Fazenda Uberlândia (03°06'15"78 S; 49°53'52"28 W), localizada
113 no município de Portel, Estado do Pará. A UPA-14 possui uma Área de Efetivo Manejo
114 (AEM) de 3.760,27 ha, subdividida em 3 áreas e 39 Unidades de Trabalho (UT), situadas
115 em três tipos de fitofisionomia: FOM, FOMPA e FOAC (Figura 1 e Tabela 1).
116



117
118 **Figura 1:** Localização geográfica das áreas de estudo e clareiras e subdivisões da Unidade de Pro-
119 dução Anual n. 14 (UPA 14) da Unidade de Manejo Florestal (UMF) na Fazenda Uberlândia, loca-
120 lizada no município de Portel, Estado do Pará. Em que: UPA = Unidade de produção Anual.

121 A FOM é definida como formação vegetal com um dossel superior denso com abun-
122 dância em indivíduos de grande porte com copas interconectadas, e com um sub dossel
123 com pouca luminosidade, com indivíduos de porte médio a pequenos, com predomân-
124 cia de espécies de folhas largas, e condicionada ao clima quente e úmido [16, 17]. FOMPA,
125 também é uma floresta ombrófila, com abundância de indivíduos de grande porte com as
126 copas interconectadas, mas com diferencial no regime hídrico, sofrendo inundações cons-
127 tantes, tornando o solo da floresta inundado conforme as cheias dos rios [17]. Já a FOAC,
128 apresenta uma fisionomia com indivíduos de alto porte isolados e envolvidos pelas lianas
129 lenhosas [17].

Na UPA estudada, todas as árvores com diâmetro a altura do peito (DAP) ≥ 40 cm foram inventariadas, totalizando 139 espécies. A identificação das fitofisionomias foi obtida com apoio de ferramentas de geoprocessamento no software QGIS, a partir de uma base vetorizada de classificação elaborada pela empresa gestora da área de manejo com base em imagens de satélite, coleta de amostras em campo e baseado nos manuais de vegetação do Brasil [17].

A exploração da UPA-14 foi aprovada por meio da Autorização para Exploração Florestal (AUTEF) n. 273333/2019, emitida pela Secretária de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade -SEMAS, sob a detenção da LN Guerra Indústria e Comércio de madeira LTDA, e em conformidade à legislação vigente (Instrução Normativa nº 05/15 - SEMAS e a Norma de Execução nº1, de 24 de abril de 2007 do IBAMA). Esta autorização foi para a exploração de 40 espécies comerciais madeireiras, com retirada de $26,78 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, perfazendo um total de $92.434,91 \text{ m}^3$ (13.181 árvores), liberados para exploração, o que condiz com o ciclo de corte de 35 anos.

Tabela 1: Quantificação de áreas e tipo de fitofisionomia na Unidade de Produção Anual.

UPA-14	UT	AT	APP	AEEF	Fitofisionomia
A1	11	1.075,9	55,14	1.000,6	FOMPA
A2	14	1.328,6	128,91	1.194,5	FOM, FOAC
A3	14	1.356,0	91,47	1.264,2	FOM, FOAC
Total	39	3.760	275,53	3.460	-----

Em que: UT: Unidade de Trabalho; AEEF: AT: Área Total, em hectares; Áreas de Efetiva Exploração Florestal, em hectares; APP: Área de Preservação Permanente, em hectares; FOMPA: Floresta Ombrófila Densa Periodicamente Alagada; FOM: Floresta Ombrófila Densa; FOAC: Floresta Ombrófila Aberta com Cipós.

2.2 Conjunto de dados

Neste estudo, usamos dados de 653 clareiras originadas de exploração florestal planejada, equivalendo a 4,95% dos indivíduos explorados na UPA 14, sendo uma amostragem proporcional ao número de indivíduos explorados por espécie. As clareiras foram selecionadas por meio de amostragem aleatória, nas fitofisionomias de Floresta Ombrófila Densa ($n = 171$), Floresta Ombrófila Densa Periodicamente Alagada ($n = 165$), e Floresta Ombrófila Aberta com Cipós ($n = 317$).

2.2.1 Área da clareira na área de efetiva exploração florestal.

Esta variável foi determinada pela equação 1 [24], em que: AC = área da clareira, em m^2 ; π = valor de Pi; Bn = diâmetro maior da clareira (m); Cn: diâmetro menor da clareira (m) (Eq. 1).

$$AC = \pi \left(\frac{B_n^2}{2} \right) \left(\frac{C_n^2}{2} \right), \quad (\text{Eq.1})$$

As clareiras foram classificadas em três categorias de tamanho, visando um melhor diagnóstico das ocorrências: i) Clareira pequena: $AC < 100 \text{ m}^2$; ii) Clareira média: $100 \text{ m}^2 \leq AC < 200 \text{ m}^2$; e iii) Clareira grande: $AC \geq 200 \text{ m}^2$.

2.2.2 Tipo de dano em árvores impactadas

Após dimensionar a área impactada em cada clareira selecionada, avaliamos os danos causados às árvores remanescentes com diâmetro a altura de 1,30 m do solo (d1,3)

maior ou igual a 10 cm. O dano se refere ao grau de injúria sofrida por uma árvore remanescente em decorrência da exploração de uma árvore prevista para corte. Definimos três intensidades de danos [25]: i) Danos leves; ii) Danos severos; e iii) Danos irreversíveis (Tabela 2). Portanto, para cada árvore danificada realizamos a contagem das ocorrências de cada categoria.

Tabela 2: Classificação quanto aos danos nas árvores próximas a clareira.

Local do Dano	Classificação em função dos parâmetros de campo		
	Leves	Severos	Irreversível
Danos às copas	- 1/3 da copa danificada	Entre 1/3 e 2/3 da copa danificados	Copa destruída
Danos aos fustes	Danos superficiais no fuste	Danos profundos de tamanho < ½ DAP	Danos profundos de tamanho > ½ DAP

Além disso, para compor o conjunto de dados do censo florestal compilamos as seguintes variáveis das árvores exploradas (que originaram a clareira selecionada): i) Nome científico; ii) Diâmetro a 1,30 m do solo (d1,3), em cm; iii) Altura comercial (H), em m; iv) Área transversal (gi), em m²; v) Volume (vi), em m³; e vi) Tipo de fitofisionomia.

2.3 Modelos Lineares Generalizados

O modelo clássico de regressão linear pressupõe que a variável resposta apresente distribuição normal, variação constante e independência. Porém, em muitas situações estas suposições não são atendidas e, portanto, modelos mais flexíveis e versáteis são essenciais para modelar outras relações funcionais. Nesta perspectiva, surgiu a classe de Modelos Lineares Generalizados (GLMs), [26]. Os GLMs ampliaram as possibilidades de suposições de distribuições de probabilidade para a variável dependente. Dessa maneira, tornou-se possível especificar distribuições pertencente à família exponencial (Normal, Normal inversa, Gamma, Binomial, Poisson e outras) para a variável resposta.

Um MLG é composto por três componentes básicos: a) um componente aleatório, b) um componente sistemático; e c) uma função de ligação [27].

- a) **Componente aleatório:** consiste de uma variável aleatória Y , por meio de um conjunto de observações independentes (y_1, y_2, \dots, y_n) de comprimento n , com distribuição pertencente à família exponencial.
- b) **Componente sistemático:** corresponde ao preditor linear, que abrange um conjunto de covariáveis por meio de uma combinação linear de parâmetros.
- c) **Função de ligação:** uma função monótona e diferenciável que associa o componente aleatório (média de sua distribuição) ao componente sistemático (preditor linear) do modelo. Para cada distribuição assumida para a variável dependente existem diferentes funções de ligação que podem ser utilizadas.

Portanto, para ajustar um MLGs deve-se definir o comportamento (distribuição) da variável resposta, a (s) variável (eis) explicativa (s), e a função de ligação que associará o componente aleatório ao componente sistemático do modelo. Neste estudo, a variável dependente (Y_i) foi a Área da Clareira (AC, em m²) originada pela derruba de uma árvore, cuja natureza é contínua. Portanto, admitiu-se para a distribuição condicional da variável resposta três distribuições aleatórias contínuas (Gaussiana, Gamma e Gaussiana Inversa) com as funções de ligação identidade (μ) e logarítmica ($\ln \mu$), e cinco variações de preditores lineares (Tabela 3).

Tabela 3: Modelos lineares generalizados ajustados para prever a área da clareira ($Y = AC$) formada pela derruba planejada de árvores em três fitofisionomias florestais na Amazônia brasileira.

Símbolo	Preditor Linear	Família	FL
M1	$\beta_0 + \beta_1 d_{1,3} + \beta_2 H + \beta_3 V$	Gaussiana	Identity
M2	$\beta_0 + \beta_1 \text{Fito} + \beta_2 d_{1,3} + \beta_3 H$	Gaussiana	Identity
M3	$\beta_0 + \beta_1 \text{Fito} + \beta_2 \ln(d_{1,3})$	Gaussiana	Identity
M4	$\beta_0 + \beta_1 \text{Fito} + \beta_2 (d_{1,3}^2 H)$	Gaussiana	Identity
M5	$\beta_0 + \beta_1 \text{Fito} + \beta_2 \ln(d_{1,3}) + \beta_3 (d_{1,3}^2 H)$	Gaussiana	Identity
M6	$\beta_0 + \beta_1 d_{1,3} + \beta_2 H + \beta_3 V$	Gama	Log
M7	$\beta_0 + \beta_1 \text{Fito} + \beta_2 d_{1,3} + \beta_3 H$	Gama	Log
M8	$\beta_0 + \beta_1 \text{Fito} + \beta_2 \ln(d_{1,3})$	Gama	Log
M9	$\beta_0 + \beta_1 \text{Fito} + \beta_2 (d_{1,3}^2 H)$	Gama	Log
M10	$\beta_0 + \beta_1 \text{Fito} + \beta_2 \ln(d_{1,3}) + \beta_3 (d_{1,3}^2 H)$	Gama	Log
M11	$\beta_0 + \beta_1 d_{1,3} + \beta_2 H + \beta_3 V$	Gaussiana inversa	Log
M12	$\beta_0 + \beta_1 \text{Fito} + \beta_2 d_{1,3} + \beta_3 H$	Gaussiana inversa	Log
M13	$\beta_0 + \beta_1 \text{Fito} + \beta_2 \ln(d_{1,3})$	Gaussiana inversa	Log
M14	$\beta_0 + \beta_1 \text{Fito} + \beta_2 (d_{1,3}^2 H)$	Gaussiana inversa	Log
M15	$\beta_0 + \beta_1 \text{Fito} + \beta_2 \ln(d_{1,3}) + \beta_3 (d_{1,3}^2 H)$	Gaussiana inversa.	Log

Em que: β_0, β_1 e β_2 = coeficientes do modelo; $d_{1,3}$ = diâmetro a 1,30 m do solo (cm); H = Altura total (m); V = volume, em m³; ln = logaritmo neperiano; Fito = Fitosifionomia; FL = Função de ligação.

Dividimos o conjunto de dados originais (n = 653) em dados de treinamento (80%) e teste (20%) por meio de amostragem estratificada aleatória, baseada nos diâmetros das árvores que originaram as clareiras. Usamos o conjunto de dados de treinamento para estimar os parâmetros dos GLMs, e a capacidade de generalização foi avaliada no conjunto de teste. Avaliamos a qualidade de ajuste dos GLMs pela inspeção da Deviance Residual, do Critério de Informação de Akaike (AIC) [28], (Eq. 2), do Critério Bayesiano de Schwarz (BIC), [29] (Eq. 3) e por meio do diagnóstico dos gráficos semi-normais (Half-normal plots) com envelopes simulados. Avaliamos o gráfico da distância de Cook para diagnosticar potenciais outliers e pontos influentes. Para tanto, alguns modelos foram reajustados com remoção de observações e, em seguida, avaliados os impactos nas estimativas dos coeficientes e erros padrões.

$$AIC = -2 \ln(L_p) + 2p \quad (\text{Eq.2})$$

$$BIC = -2 \ln(L_p) + K_p ; [\text{Para } K = \ln(n)] \quad (\text{Eq.3})$$

Em que: L_p = valor que torna máxima a função de máxima verossimilhança do modelo estimado; p = número de parâmetros do modelo; ln = logaritmo neperiano; e n = número de observações.

Realizamos todas as análises usando a linguagem de programação R, versão 4.1.0. [30]. Para o ajuste de todos os modelos lineares generalizados, usamos a função glm do pacote “stats” disponível no R-base. Para diagnosticar os resíduos realizamos uma inspeção visual dos gráficos semi-normais (Half-normal plots) com envelopes simulados, com auxílio do pacote “auditor” [31] e “hnp” [32].

3. Resultados

Neste estudo, avaliamos 653 clareiras, equivalendo a cerca 5% do total de indivíduos explorados na UPA 14, as quais são oriundas da queda direcionada de árvores na exploração de impacto reduzido. As árvores formadoras das clareiras estavam situadas em três fitofisionomias: i) Floresta Ombrófila Densa - FOM (n = 171); ii) Floresta Ombrófila Densa Periodicamente Alagada - FOMPA (n = 165); e iii) Floresta Ombrófila Aberta com Cipós – FOAC (n = 317). No total, as árvores que foram exploradas, as quais geraram as clareiras

249
250
251
252
253
254
255

pertenciam a 36 espécies, distribuídas em 15 famílias. A suficiência amostral no monitoramento de impacto reduzido (5%), é comumente aceita na certificação florestal e implementada pelas empresas e comunidades que realizam o manejo florestal. As espécies *Goupia glabra*, *Manilkara paraensis*, *Chrysophyllum venezuelanense* e *Manilkara huberi* foram mais bem representadas na amostragem (Tabela 4).

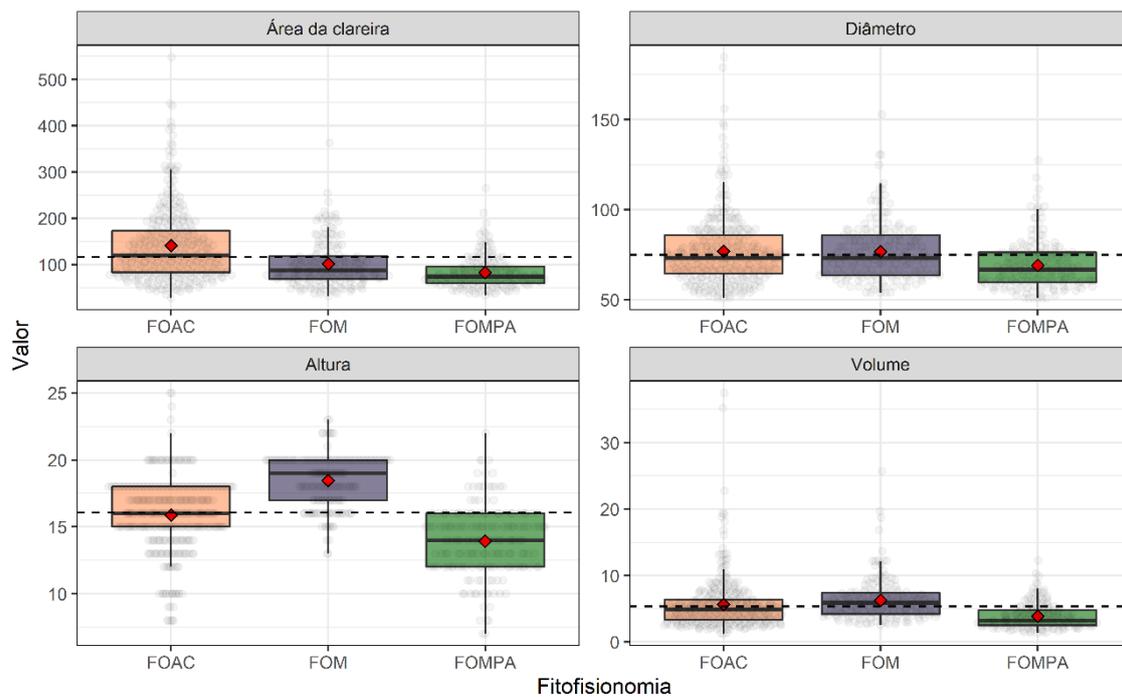
Tabela 4. Quantidade de árvores, por espécie e por fitofisionomia, formadoras das clareiras da exploração de impacto reduzido.

Espécies	Família	FOM	FOMPA	FOAC	Total
<i>Astronium lecointei</i> Ducke	Anacardiaceae	2	-	10	12
<i>Caryocar glabrum</i> (Aubl.) Pers.	Caryocaraceae	-	9	1	10
<i>Caryocar villosum</i> (Aubl.) Pers.	Caryocaraceae	1	-	2	3
<i>Chrysophyllum venezuelanense</i> (Pierre) T.D.Penn.	Sapotaceae	11	2	49	62
<i>Cordia goeldiana</i> Huber	Boraginaceae	2	-	-	2
<i>Couratari guianensis</i> Aubl.	Lecythidaceae	4		32	36
<i>Couratari stellata</i> A.C.Sm.	Lecythidaceae	1	1	3	5
<i>Dinizia excelsa</i> Ducke	Fabaceae	15	-	20	35
<i>Diptotropis martiusii</i> Benth.	Fabaceae	2	24	-	26
<i>Diptotropis purpurea</i> (Rich.) Amshoff	Fabaceae	2	5	2	9
<i>Dipteryx polyphylla</i> Huber	Fabaceae	8	13	8	29
<i>Endopleura uchi</i> (Huber) Cuatrec.	Humiriaceae	1	-	2	3
<i>Enterolobium schomburgkii</i> (Benth.) Benth.	Fabaceae	4	-	3	7
<i>Erisma uncinatum</i> Warm.	Vochysiaceae	-	1	-	1
<i>Goupia glabra</i> Aubl.	Celastraceae	10	48	22	80
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Fabaceae	5	11	3	19
<i>Hymenolobium petraeum</i> Ducke.	Fabaceae	5	11	4	20
<i>Iryanthera paraensis</i> Huber	Myristicaceae	-	5	4	9
<i>Lecythis pisonis</i> Cambess.	Lecythidaceae	1	-	1	2
<i>Licaria cannella</i> (Meisn.) Kosterm.	Lauraceae	4	-	3	7
<i>Manilkara huberi</i> (Ducke) Chevalier	Sapotaceae	21	-	38	59
<i>Manilkara paraensis</i> (Huber) Standl.	Sapotaceae	36	4	22	62
<i>Micropholis venulosa</i> (Mart. & Eichler) Pierre	Sapotaceae	7	-	12	19
<i>Ocotea neesiana</i> (Miq.) Kosterm.	Lauraceae	-	-	2	2
<i>Ocotea rubra</i> Mez	Lauraceae	4	-	7	11
<i>Piptadenia suaveolens</i> Miq.	Fabaceae	3	-	15	18
<i>Pouteria oblanceolata</i> Pires	Sapotaceae	8	-	4	12
<i>Qualea paraensis</i> Ducke	Vochysiaceae	-	6	-	6
<i>Sclerolobium paraense</i> Huber	Fabaceae	2	-	-	2
<i>Simarouba amara</i> Aubl.	Simaroubaceae	-	6	5	11
<i>Sterculia alata</i> Roxb.	Malvaceae	3	3	3	9
<i>Terminalia amazonica</i> (J.F.Gmel) Exell.	Areaceae	1	-	11	12
<i>Tetragastris panamensis</i> (Engl.) Kuntze	Burseraceae		-	18	18
<i>Vantanea parviflora</i> Lam.	Humiriaceae	6	-	3	9
<i>Vatairea paraensis</i> Ducke	Sapotaceae	2	2	8	12
<i>Vochysia guianensis</i> Aubl.	Vochysiaceae		14	-	14
Total	36	171	165	317	653

256 Em que: FOMPA: Floresta Ombrófila Densa Periodicamente Alagada; FOM: Floresta Ombrófila Densa; FOAC: Floresta Ombrófila
257 Aberta com Cipós.

258
259
260
261
262
263
264

A Figura 2 apresenta os box-plots, por fitofisionomia, para as variáveis biométricas medidas nos indivíduos derrubados e a área da clareira (variável resposta) formada após a queda das árvores. A FOAC apresentou maior média de área (141,09 m²) e variabilidade para o tamanho de clareiras (CV = 57,13%), seguida da FOM (\overline{AC} = 101,48 m² e CV = 49,8%) e FOMPA (\overline{AC} = 82,8 m² e CV = 42,9%).



265
266
267
268
269
270
271
272
273

Figura 2. Box-Plot para as variáveis dendrométricas medidas nas árvores derrubadas e da variável dependente (área da clareira) por fitofisionomia, sendo que: Barras na vertical (cor preta) representam: Q1 – 1,5*IQR (1º quartil menos 1,5 vezes o intervalo interquartil) e Q3 + 1,5*IQR (3º quartil mais 1,5 vezes o intervalo interquartil); Pontos em vermelho representam a média aritmética das variáveis nas diferentes fitofisionomias. Linhas tracejadas na horizontal (cor preta) em cada subfigura representam a média aritmética da variável na amostra. FOMPA: Floresta Ombrófila Densa Periodicamente Alagada; FOM: Floresta Ombrófila Densa; FOAC: Floresta Ombrófila Aberta com Cipós.

274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288

Os diâmetros médios das árvores na FOAC ($\bar{d}_{1,3}$ = 77 cm) e FOM ($\bar{d}_{1,3}$ = 76,8 cm) foram similares, e com dispersão inferior à 26%. Na FOMPA, as árvores apresentaram menor variabilidade (CV = 20,1%) e média de diâmetro ($\bar{d}_{1,3}$ = 69,2 cm). A altura média das árvores foi superior na FOM (\bar{H} = 18,46 m), e com menor variação (CV = 10,7%). Na FOMPA, a média de altura das árvores foi a menor (\bar{H} = 13,9 m), porém esses valores mostraram maior variância em torno da média (CV = 19,5%). Finalmente, o volume médio de madeira das árvores na FOM (\bar{V} = 6,30 m³) foi maior do que na FOAC (\bar{V} = 5,64 m³), que por sua vez foi superior à FOMPA (\bar{V} = 3,87 m³). A variância dos volumes foi muito elevada, superior a 50% para todas as tipologias.

Do total de clareiras amostradas, 342, foram classificadas como pequenas, 244 como médias e 67 como grandes. Em termos relativos, as árvores derrubadas na FOAC originaram maior proporção de clareiras médias (n = 148; 46,7%) e grandes (n = 56; 17,7%), quando comparada as demais tipologias. As clareiras médias e grandes contribuíram com 46,7% (20.900 m²) e 34,9% (15.622 m²), respectivamente, da área total aberta pela derrubada de árvores.

As maiores proporções de clareiras pequenas foram encontradas nas fitofisionomias FOM (n = 101; 59,1%) e FOMPA (n = 128; 77,6%). Na FOM, clareiras pequenas contribuíram com 40,4% (7.002 m²) da área aberta, e com 63,3% (8.653 m²) na FOMPA (Figura 3).

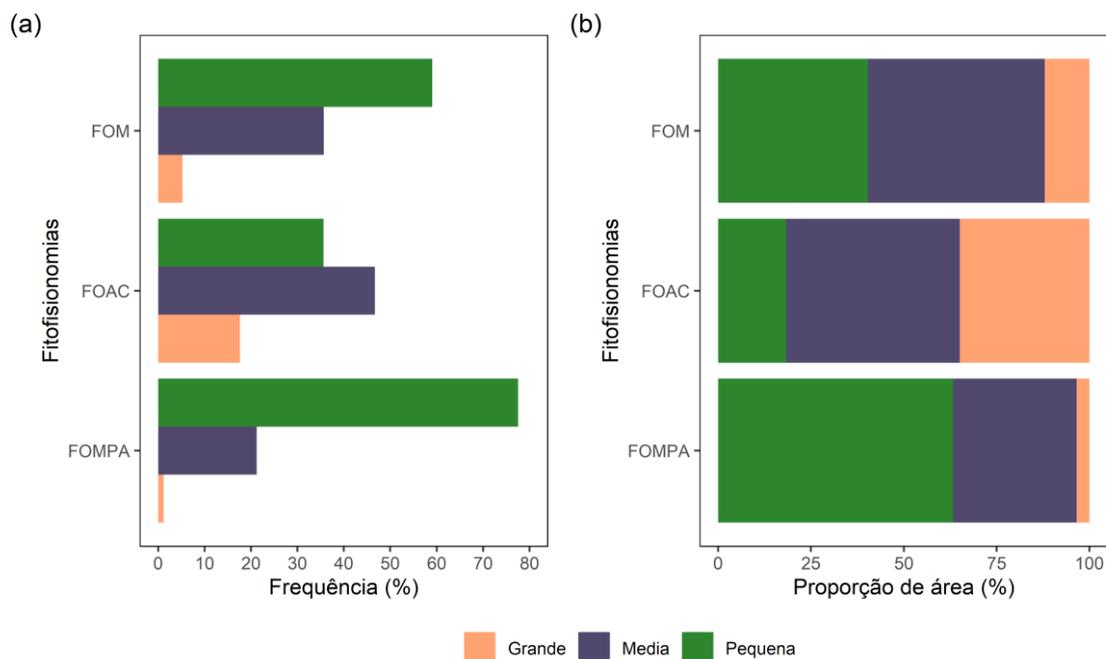


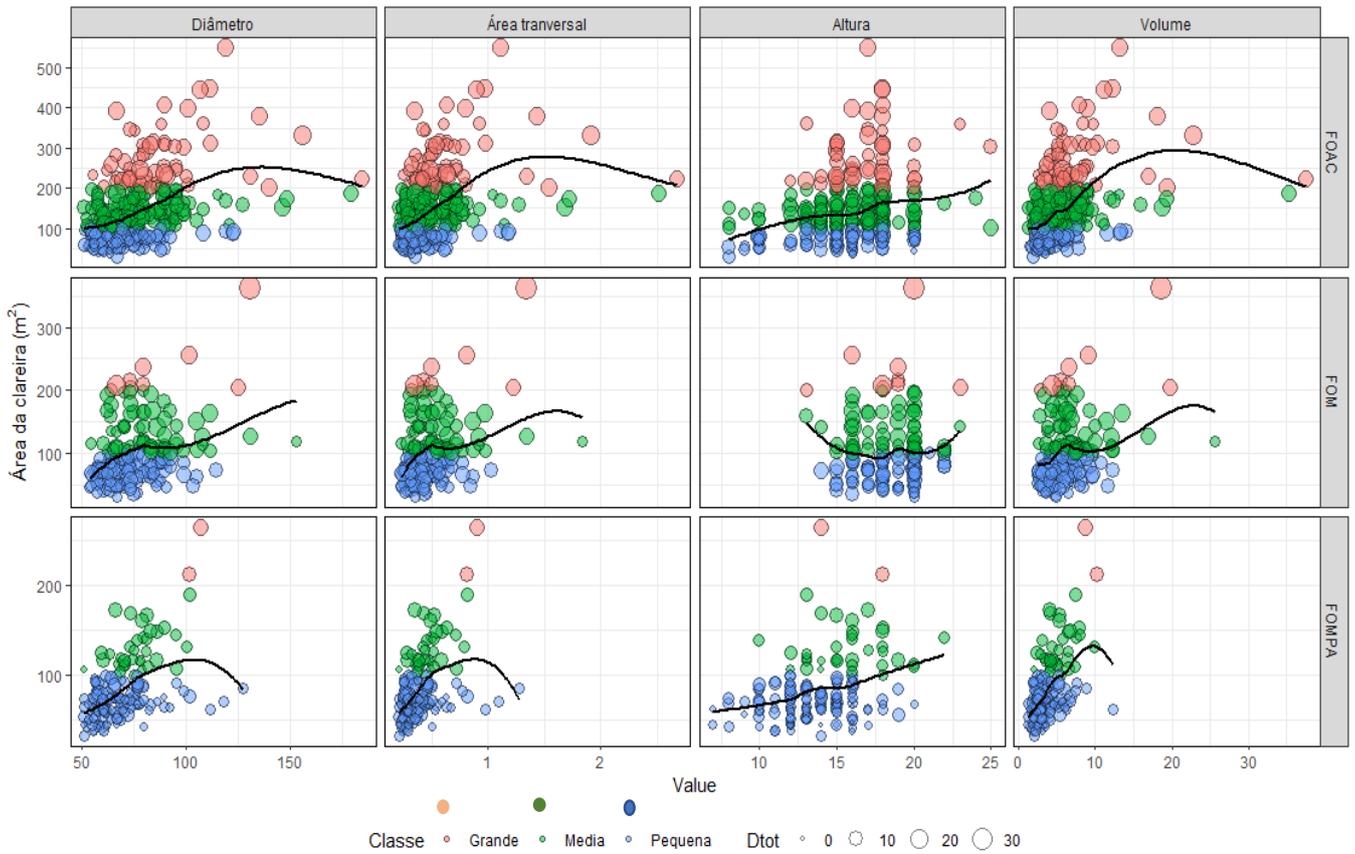
Figura 3: Gráfico com as frequência e proporções de área das clareiras ocasionadas pela derruba das árvores por corte direcional de impacto reduzido nas fitofisionomias estudadas. Em que: FOMPA: Floresta Ombrófila Densa Periodicamente Alagada; FOM: Floresta Ombrófila Densa; FOAC: Floresta Ombrófila Aberta com Cipós. Pequena: clareira < 100 m²; Média: 100 m² ≤ clareira < 200 m²; e Grande: clareira ≥ 200 m².

Ao relacionar a área das clareiras com o diâmetro das árvores e o número de indivíduos danificados durante a exploração na FOAC (Figura 4), as clareiras grandes foram geradas com a queda das árvores desde as de menores diâmetros (50 cm). O número de indivíduos danificados na formação dessas clareiras oscilou de 10 a 30. Já, na FOM, as clareiras grandes foram geradas a partir da queda de árvores com diâmetros acima de 75 cm com número de indivíduos danificados de 10 a 30 por clareira e na FOMPA, as clareiras grandes iniciaram nas árvores acima de 100 cm de diâmetro com número de indivíduos danificados de 10 a 30.

Na relação área de clareira com a altura da árvore na FOAC e FOM, as clareiras de pequenas a médias foram encontradas nas árvores menores de 12 metros de altura com variação de número de indivíduos danificados de 0 a 10, e clareiras de médias a grandes acima de 12 metros de altura com variação de indivíduos danificados de 10 a 30, diferentemente na FOMPA, as clareiras grandes foram encontradas a partir de indivíduos explorados acima de 14 metros de altura com variação de indivíduos danificados de 10 a 20.

Na relação área de clareira com o volume da árvore na FOAC, encontramos clareiras grandes desde as árvores exploradas de menores volumes (cerca de 1,5 m³), com variação do número de indivíduos danificados de 0 a 30. Já na FOM, as clareiras grandes se formaram a partir da queda de árvores com volumes acima de 3 m³, com variação de indivíduos danificados 10 a 30, e na FOMPA, as clareiras grandes foram encontradas com a exploração das árvores acima de 10 m³ de volume, com variação de indivíduos danificados de 0 a 20.

Após relacionar todas essas variáveis com o número de danos por clareira, é visível que na FOAC, há um maior número de clareiras média e grandes com um alto número de indivíduos danificados. Diferentemente da FOMPA que possui um maior número de clareiras de pequenas a média com baixo número de indivíduos danificados.



324

325

326

327

328

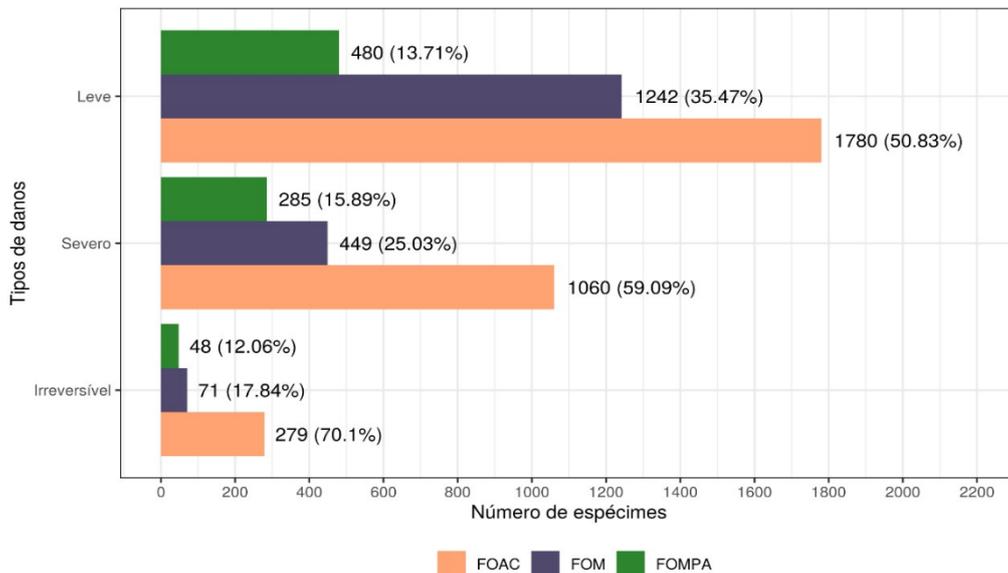
Figura 4: Distribuição das clareiras em relação as variáveis diâmetro, área transversal, altura, e volume nas fitofisionomias e total de danos por fitofisionomia. Em que: FOMPA: Floresta Ombrófila Densa Periodicamente Alagada; FOM: Floresta Ombrófila Densa; FOAC: Floresta Ombrófila Aberta com Cipós. Dtot: Número de danos totais por fitofisionomia.

329

330

331

A FOAC apresentou o maior número e percentual de indivíduos danificados nas três categorias (leve, severo e irreversível). Seguido da FOM, e FOMPA, conforme ilustrado na figura 5.



332

Figura 5: Proporção e número de danos leves, severos e irreversíveis por fitofisionomia. Em que: FOMPA: Floresta Ombrófila Densa Periodicamente Alagada; FOM: Floresta Ombrófila Densa; FOAC: Floresta Ombrófila Aberta com Cipós.

Os modelos lineares generalizados foram ajustados usando um conjunto de treinamento para prever o tamanho da clareira, baseado nas dimensões da árvore e no tipo de fitofisionomia. As estimativas dos coeficientes de regressão e suas significâncias através do teste t ($\alpha = 0,05$) e as estatísticas de ajuste dos modelos estão na tabela 5.

Tabela 5: Estatísticas de precisão dos modelos lineares generalizados para predição do tamanho da clareira em área de exploração florestal planejada na Amazônia brasileira.

Mod	Coeficientes					Estatísticas de ajuste			
						Conjunto de treino		Conjunto de teste	
	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	AIC	BIC	AIC	BIC
M1	-30,0983	1,525*	1,7572	0,5655	--	5.838,92	5.860,24	5881,24	5902,55
M2	-11,7493	-44,9291*	44,1305*	1,4245*	2,7063*	5.771,37	5.796,95	5617,29	5638,6
M3	-402,316*	-38,476*	-47,945*	125,77*	--	5.776,53	5.797,85	5565,34	5586,65
M4	91,56*	-37,38*	-49,98*	0,0079*	--	5.784,94	5.806,25	5849,14	5874,72
M5	-476,198*	-44,977*	-43,689*	38,683	39,528*	5.771,66	5.797,24	5555,88	5581,47
M6	3,1836*	0,0169*	0,025*	-0,0263	--	5.565,97	5.587,29	5505,97	5531,55
M7	3,7453*	-0,3555*	-0,4278*	0,011*	0,0204*	5.467,08	5.492,66	5852,67	5873,98
M8	0,6113	-0,3118*	-0,4542*	0,9984*	--	5.466,61	5.487,93	5565,48	5586,8
M9	4,565*	-0,3495*	-0,438*	0,0000035*	--	5.478,48	5.499,79	5516,7	5538,02
M10	0,093	-0,357*	-0,4235*	0,3136	0,3051*	5.461,15	5.486,73	5862,59	5883,91
M11	3,4579*	0,0134*	0,0154	0,0024	--	5.521,60	5.542,92	5569,44	5590,76
M12	3,7237*	-0,3407*	-0,4372*	0,0122*	0,0166*	5.424,48	5.450,06	5517,69	5539,01
M13	0,521	-0,3096*	-0,4582*	0,0198*	--	5.423,73	5.445,05	5830,74	5856,32
M14	4,48*	-0,3459*	-0,4309*	0,0000044*	--	5.428,13	5.449,44	5537,03	5562,61
M15	0,1709	-0,3456*	-0,4354*	0,4295	0,2544*	5.420,80	5.446,38	5491,88	5517,46

Em que: Mod= Modelo; β_0 , β_1 e β_2 β_3 β_4 = coeficientes do modelo; AIC = Critério de Informação de Akaike; BIC = Critério Bayesiano de Schwarz; * = Nível de significância ($\alpha = 0,05$).

A maioria dos modelos ajustados apresentaram coeficientes da regressão não significativos ($\alpha = 0,05$; teste t) e, portanto, não são confiáveis para a realização de inferências. Apenas os modelos M3 e M4 (Gaussiana), M7 e M9 (Gamma) e M12 e M14 (Gaussiana Inversa) mostraram todas as variáveis com efeito significativo na resposta. Porém, os modelos com distribuição Gaussiana Inversa e Função de ligação logarítmica mostraram melhores desempenho nos conjuntos de treinamento e teste, com menores valores de AIC e BIC. Para o modelo M12, o gráfico semi-normal (Half-normal plots) apresentou resíduos dispostos no interior do envelope simulado (linhas pretas solidas), indicando um bom ajuste do modelo aos dados (Figura 6). Além disso, os resíduos quantílicos aleatorizados apresentaram boa aderência à distribuição Gaussiana (Figura 7), confirmada pelo teste de hipóteses de Shapiro-Wilk, e com resíduos variando no intervalo de -3 e 3, portanto, sem valores discrepantes.

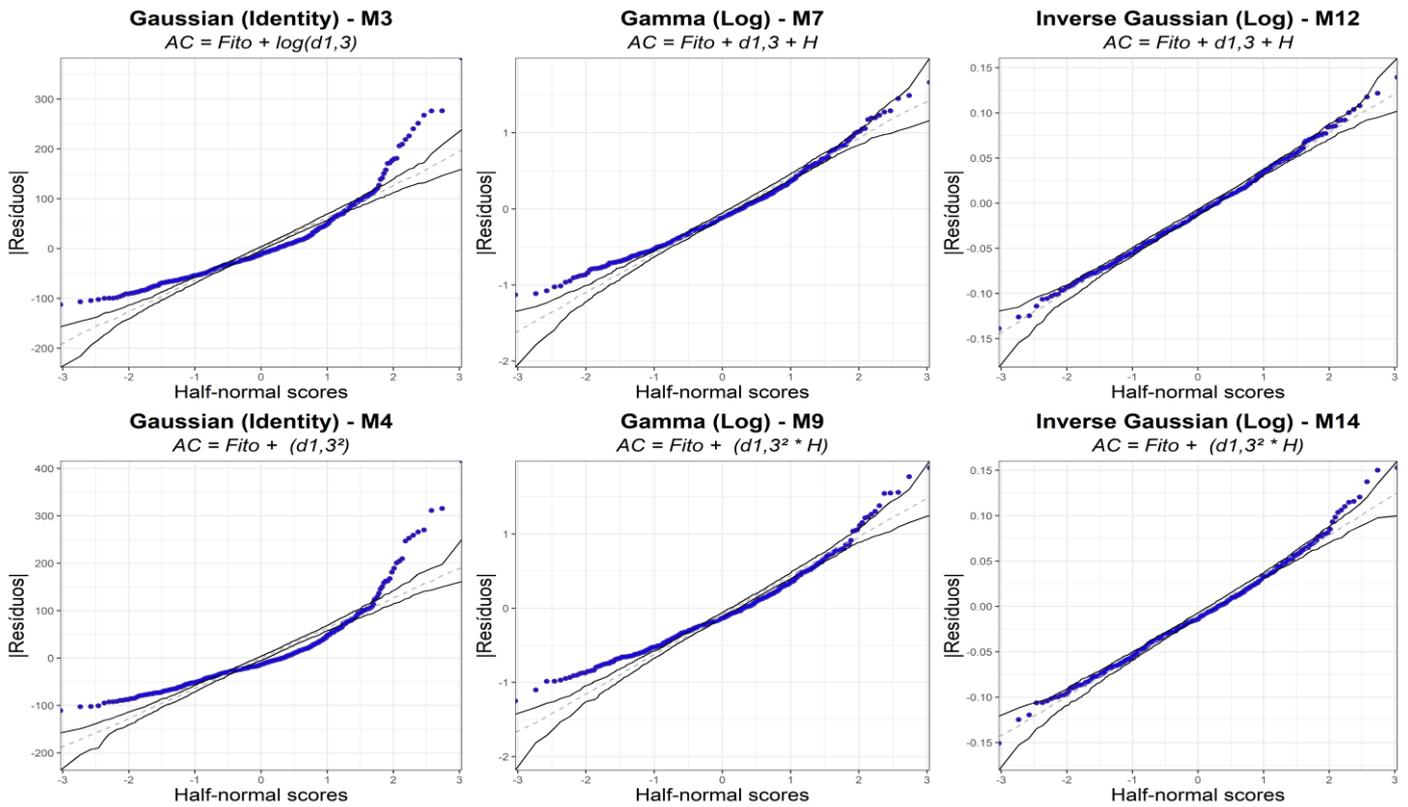
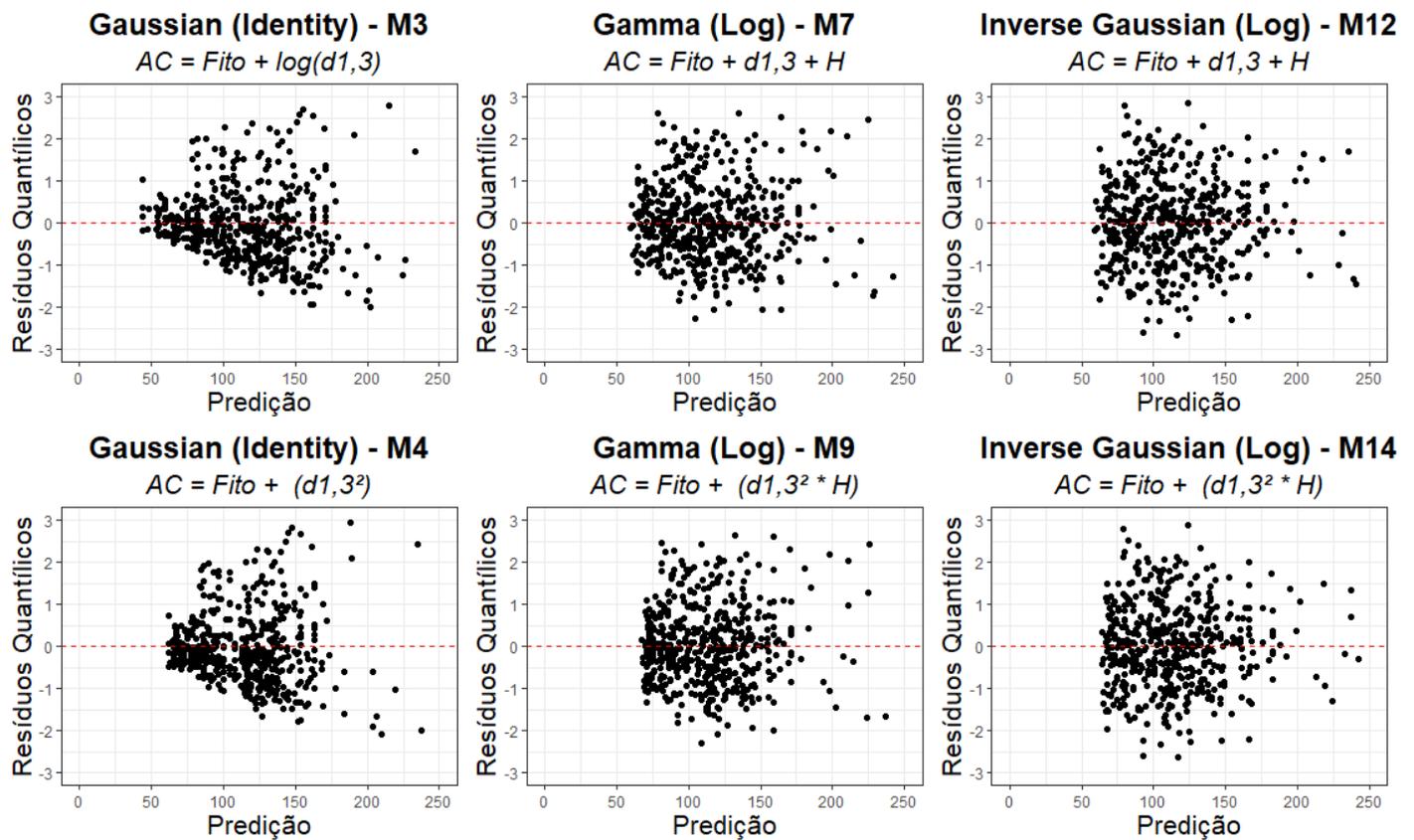


Figura 6: Half-normal plots com envelope simulado para os resíduos de desvios dos seis modelos com melhores ajustes. Em que: AC = Área de Clareira, Fito = Fitofisionomia; $d_{1,3}$ = Diâmetro a 1,30 m do solo; H = Altura; log = Transformação logarítmica.



358
359
360
361
362

364 **Figura 7:** Gráficos de resíduos quantílicos aleatorizados dos seis modelos com melhores ajustes.
365 Em que: AC = Área de Clareira, Fito = Fitofisionomia; $d_{1,3}$ = Diâmetro a 1,30 m do solo; H = Altura;
366 log = Transformação logarítmica.

367 4. Discussão

368 As espécies com o maior número de indivíduos amostrados nas clareiras, seguem o
369 padrão do manejo florestal na região amazônica, tanto pela abundância de espécies na
370 floresta como por demanda comercial, condizendo com as 10 espécies mais manejadas em
371 um estudo realizado na região do baixo Amazonas no período de 2006 a 2016, que somou
372 mais de 4 milhões de m^3 em tora, com destaque para as espécies *Manilkara huberi* (Ducke)
373 Chevalier e *Goupia glabra* Aubl. [33]. Demonstrando que o perfil de exploração madeireira
374 se personifica em toda a Amazônia, provocando uma maior pressão nas espécies mais
375 exploradas. A exploração seletiva de espécies florestais na Amazônia, provoca uma pres-
376 são desigual entre as populações das espécies da flora, ocasionando uma reestruturação
377 da floresta com um número de indivíduos e espécies diferentes da floresta antes da explo-
378 ração [34].

379 Uma das características atrelada à diferenciação FOM, FOMPA e FOAC é a densi-
380 dade de árvores das florestas, pois a FOM e FOMPA possui um elevado número de indi-
381 víduos por hectare quando comparado a FOAC. Resultado semelhante a um estudo rea-
382 lizado em outra FOM, com obtenção de uma densidade de 544 indivíduos por hectare, \geq
383 10 cm, enquanto em um estudo realizado em FOAC obteve uma densidade de 306 indiví-
384 duos [35]. Demonstrando que o número de indivíduos ao redor da árvore a ser explorada
385 difere significativamente entre a FOM, FOMPA e FOAC, respectivamente.

386 Outras características das que se diferem a FOM, FOMPA e FOAC, são a densidade
387 de árvores por hectare, regime de alagamento, densidade de cipós, e o tamanho e diâme-
388 tro das árvores [36, 37]. Essas características não são levadas em consideração durante a
389 realização das atividades do manejo florestal, pois a legislação prevê que todas as áreas
390 de manejo sejam tratadas com as mesmas técnicas de tratamentos silviculturais e de ex-
391 ploração. Não havendo uma diferenciação no corte de cipó na área de floresta aberta, que
392 possui um maior número de indivíduos cipoalicos por hectare e com indivíduos de espes-
393 suras e comprimentos superiores às demais áreas, o que conseqüentemente proporciona
394 a abertura de clareiras com maiores dimensões e com um maior número de danos nos
395 indivíduos remanescentes. Essa generalização das técnicas de manejo florestal para as flo-
396 restas tropicais ou ainda para as florestas ombrófilas, sem a consideração das característi-
397 cas das subcategorias das fitofisionomias, levam a maiores danos nas áreas de clareiras
398 em FOAC do que na FOM e FOMPA.

399 Apesar das árvores exploradas na FOM possuírem uma média maior de altura e vo-
400 lume, os danos nas clareiras em área de FOAC foram maiores, provavelmente em virtude
401 da maior presença de cipós neste tipo de fitofisionomia. Estudos realizados na região da
402 Amazônia, em áreas de floresta com grande presença de cipós, demonstram haver relação
403 entre a densidade de cipós com tamanho de clareiras e impactos as árvores adjacentes
404 [38].

405 Devemos ressaltar que na FOAC, há poucos indivíduos de grande porte por hectare,
406 com a interconecção das copas por cipós lenhosos, e com alta luminosidade, ao contrário
407 das florestas densas que possuem um grande número de indivíduos de grande porte por
408 hectare, com copas densas e conectadas [17]. A presença de cipós conectando as árvores é
409 uma das responsáveis pela abertura de clareiras de maiores tamanhos e pela ocorrência
410 de um maior número de indivíduos danificados [39].

411 As clareiras de maiores dimensões são um problema para regeneração da floresta,
412 pois a fauna acaba tendo dificuldade em dispersar os frutos e sementes, estes cumprem
413 diversos papéis ecológicos, e evitam essas áreas pelas dificuldades de suas características
414 estruturais [40], além disso a literatura indica que as aberturas nas florestas sofrem com
415 um aumento da temperatura e perda de umidade, pois são expostas a uma alta luminosi-
416 dade [4, 41].

417 Isso demonstra a necessidade do uso de normativas no manejo florestal que levem
418 em consideração as características das fitofisionomias florestais, seja por meio de intensi-
419 dade de exploração, nível de corte de cipós e tratamentos silviculturais específicos entre
420 outros. Na atualidade as normativas do manejo florestal ditam que deve ser realiza o corte
421 de cipó um ano antes da exploração florestal sem considerar a fitofisionomia [17, 20, 42],
422 mas este critério poderia ser revisado e inserido novas diretrizes para o manejo de impacto
423 reduzido para que sejam ajustados de acordo com a fitofisionomia e atrelados aos fatores
424 densidade de indivíduos por hectare e a baixa ou alta presença de cipós.

425 A alta densidade de indivíduos acima de 10 cm próximo ao indivíduo a ser explo-
426 rado, atrelado a presença de cipós, aumenta o número e a intensidade de indivíduos da-
427 nificados pela exploração florestal, conseqüentemente contribuindo no tamanho das cla-
428 reiras. O que por sua vez poderá resultar em maior povoamento por espécies pioneiras,
429 de menor valor madeireiro [43].

430 Após relacionar as variáveis morfométricas com as três tipologias florestais, se torna
431 visível que na FOAC, há clareiras grandes desde os menores DAP, H e V, com um número
432 elevado de indivíduos danificados, diferentemente das outras fitofisionomias estudadas.
433 Demonstrando que outros fatores estão interferindo na relação do tamanho das clareiras
434 e dos danos ocasionadas pela exploração. Este fato demonstra que outras variáveis como
435 tipo de copa, tratamentos silviculturais, presença de cipós e densidade podem interferir
436 nessa relação [37, 44, 45]. Além de fatores como déficit hídrico, a fertilidade do solo, a
437 inundação e a degradação da floresta são responsáveis pela geração de clareiras de maio-
438 res dimensões [46].

439 As clareiras na FOAC apresentaram um maior percentual de indivíduos com danos
440 leves, severos e irreversíveis do que na FOM e FOMPA. Evidenciando que áreas de FOAC,
441 necessitam de tratamentos silviculturais diferenciado das demais fitofisionomias, especi-
442 ficamente para a retirada dos cipós atrelados nas árvores a serem exploradas [38]. A in-
443 serção do corte de cipó seis meses antes da exploração diminuiria significativamente os
444 danos ocasionado, pois quanto maior o número de interligações de cipós na copa da ár-
445 vore a ser explorada com as árvores ao redor, aumenta o número e grau de danos nas
446 árvores remanescentes [47]. Na atualidade as áreas de manejo de impacto reduzido, rea-
447 lizam apenas um corte de cipó, um ano antes da exploração, durante o inventário florestal.

448 As clareiras abertas durante a exploração são pouco estudadas, e não é realizado um
449 estudo prévio da área a ser impactada com a realização do manejo florestal, por isso a
450 predição de tamanho de clareiras poderia constituir requisito obrigatório antes da explo-
451 ração a partir de aplicação de modelos existentes na literatura para primeira UPA e a par-
452 tir de modelos ajustados para as próximas UPAs, pois a área afetada está totalmente atre-
453 lada a reestruturação da floresta e a possibilidade de retorno na área para mais um ciclo de
454 exploração via manejo florestal.

455 No manejo florestal, a legislação brasileira prevê a reexploração num período de 25 a
456 35 anos, onde a volumetria a ser explorada no segundo ciclo de corte dependerá do im-
457 pacto ocasionado às árvores remanescentes no primeiro ciclo de corte [20]. Muitos estudos
458 demonstram que as áreas exploradas não chegam à volumetria anterior a exploração nesse
459 período, com retorno de cerca de 30 a 40% do volume anterior, e também a uma grande
460 modificação nas espécies que recolonizam a área [48]. A exploração florestal em florestas
461 tropicais, necessita que as espécies sejam classificadas conforme suas demandas ecofisi-
462ológicas e se estabeleça um ciclo de corte compatível com a recuperação do volume extraído
463 de cada grupo, garantindo a sustentabilidade ambiental e financeira da atividade [23].

464 A predição de clareiras com o uso da fitofisionomia como variável que influencia no
465 tamanho da clareira, seria uma maneira de monitorar e diminuir as áreas impactadas pelo
466 manejo florestal, pois o estudo demonstrou que existe diferença significativa no tamanho
467 das clareiras por fitofisionomia através das equações ajustadas. Entretanto, estudos com-
468plementares a longo prazo poderiam ser realizados para relacionar tamanhos de clareiras
469 com recuperação da volumetria, estrutura e diversidade da floresta explorada nas dife-
470 rentes fitofisionomias.

471 Estudos de clareiras na Amazônia, indicam que no leste e oeste da Amazônia existe
472 uma grande dinâmica na geração de clareiras, e uns casos pontuais na Amazônia central
473 [46], o que deve ser motivo de preocupação para cada vez mais se evitar a abertura de
474 grandes clareiras geradas com a exploração florestal legal.

475 Para a predição de clareira em áreas de floresta tropical, há uma dificuldade no uso
476 das análises comuns como a regressão, pois aceitam apenas dados com normalidade, por
477 isso cabe o uso de GLM, devido sua capacidade de análise de dados sem normalidade
478 [49]. Dentre todos os modelos testados e ajustados que apresentaram significância a 5%,
479 os modelos com a família Gaussiana inversa foram os que melhor se ajustaram ao banco
480 de dados, resultado que condizente com a organização assimétrica positiva do banco de
481 dados [50, 51]. Com destaque ao modelo M12 que melhor se ajustou ao banco de dados,
482 apresentando um dos menores valores de critério de informação de Akaike (AIC) e critério
483 de informação Bayesiano (BIC) e melhor distribuição dos resíduos aleatorizados. O mo-
484 delo M12 é viável, e de fácil aplicação à realidade dos manejadores da floresta amazônica,
485 pois utiliza dados que já são coletados durante o manejo florestal, como o DAP, a H, que
486 são dados coletados durante o inventário 100% e a classificação de fitofisionomia, que é
487 realizada para compor o plano operacional anual.
488

489 5. Conclusões

490 Clareiras grandes são abertas com a derrubada das árvores em todas as fitofisiono-
491 mias estudadas, mas na FOAC, há a abertura de clareiras grandes desde as árvores de
492 menores diâmetros e volume.

493 As clareiras estudadas apresentaram diferenças entre as unidades florísticas, o que
494 indica a necessidade da realização do manejo com prerrogativas que levem em conside-
495 ração o tipo de fitofisionomia, pois as características como, densidade e DAP, H e V das
496 árvores, densidade de cipós e regime hídrico podem interferir drasticamente no manejo
497 florestal, provocando mais danos a floresta remanescente, o que pode dificultar a recupe-
498 ração da floresta, o que inviabiliza o retorno a mesma área para uma possível segunda
499 exploração de acordo com o ciclo estabelecido em legislações e normas atuais.

500 A tamanho de clareiras apresenta-se uma variável de grande importância para o mo-
501 nitoramento do manejo florestal, pois o tamanho das clareiras está atrelado a proporção
502 do impacto e na regeneração da floresta.

503 O modelo M12, foi o modelo que melhor se ajustou a base de dados, e é um modelo
504 de fácil aplicação, demonstrando que a predição do tamanho de clareiras com uso da va-
505 riável fitofisionomia tem uma relação significativa quando se trata de área de clareira, ou
506 seja, as áreas de realização de manejo florestal devem levar em consideração o tipo de
507 fitofisionomia para implementação específica de medidas silviculturais que minimizem o
508 impacto na floresta.
509

510 Referências

- 511 1. LOCKS, C. J.; MATRICARDI, E. A. T. Estimativa de impactos da extração seletiva de madeiras na Amazônia utilizando dados
512 LIDAR. *Ciência Florestal*, 2019, volume 29, número 2, pp.481-495.
- 513 2. VERISSIMO, A.; BARRETO, P.; MATTOS, M.; TARIFA, R. Impactos da atividade madeireira e perspectivas para o manejo
514 sustentável da floresta numa velha fronteira da Amazônia: o caso de Paragominas. *IMAZON*, 2002, Belém – Pará. pp.26.
- 515 3. PAULA, de A.; SILVA, A. F.; MARCO, P.; SANTOS, F. A. M.; SOUZA, A. L. Sucessão ecológica da vegetação arbórea em uma
516 Floresta Estacional Semidecidual, Viçosa, MG, Brasil. *Acta botânica Brasil*, 2004, volume 18, número 3, pp.407-423.
- 517 4. ARRUDA, E. C.; CUNHA, C. N. Características de clareiras e seus efeitos sobre riqueza de espécies em floresta monodominante
518 de *Vochysia divergens*. *Ecologia Australis*, 2012, volume 16, número 4, pp.832-845.
- 519 5. FRANCES, M. B. CARVALHO, J. O. P. BATISTA, F. J. JARDIM, F. C. S. RAMOS. E. M. L. S. Influência da exploração florestal
520 de impacto reduzido sobre as fases de desenvolvimento de uma floresta de terra firme, Pará, Brasil. *Ciências florestais*, 2013,
521 Santa Maria, volume 23, número 4, pp. 743 -753.
- 522 6. VALTRAZ S.; CARVALHO, J. O.; SILVA, J. N.; CASTRO C. C. Efeito da exploração de impacto reduzido na dinâmica do
523 crescimento de uma floresta natural. *Scientia Forestalis*, 2016, volume 44, pp.261-271.
- 524 7. GUITET, S.; PITHON, S.; BRUMAUX, O.; JUBRLIN, G.; GOND, V. Impacts of logging on the canopy and the consequences for
525 forest management in French Guiana. *Forest Ecology and Management*, 2012, volume .277, pp. 124-131.

- 526 8. BRAZ, E. M. Subsídios para o planejamento do manejo de florestas tropicais da Amazônia. TESE (Doutorado em engenharia
527 florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais. 2010.
- 528 9. LIMA, R. A. F. Estrutura e regeneração de clareiras em Florestas Pluviais Tropicais. *Revista Brasileira de Botânica*, 2005, volume
529 28, número 4, pp.651-670.
- 530 10. D'Oliveira, M. V. N.; Reutebuch S. E.; Mcgaughey R. J.; Andersen H. E. Estimating Forest biomass and identifying low-intensity
531 logging areas using airborne scanning LIDAR in Antimary State Forest, Acre State, Western Brazilian Amazon. *Remote Sensing*
532 *of Environment*. 2012, volume 124, pp. 479-491.
- 533 11. ALTMAN, J.; FIBICH, P.; DOLEZAL, J.; AKALA, T. TRADER: A package for tree ring analysis of disturbance events in r. *den-*
534 *drochronologia*. 2014, volume 32, número 2, pp.107–112.
- 535 12. MENDES, F. da S.; JARDIM, F. C. da S.; CARVALHO, J. O. P. de; LIMA, T. T. S.; SOUZA, D. V. Dinâmica da composição
536 florística do sub-bosque em floresta tropical manejada, no município de Moju, estado do Pará, Brasil. *Revista de Ciências Agrárias*,
537 Belém, 2012, volume 55, número 2, p. 117-123.
- 538 13. JARDIM, F.C.S.; SERRÃO, D.R.; NEMER, T.C. Efeito de diferentes tamanhos de clareiras, sobre o crescimento e a mortalidade
539 de espécies arbóreas, em Moju-PA. *Acta Amazônica*, 2007, volume 37, número 1, pp. 37-48.
- 540 14. Hunter MO, et al. Structural dynamics of tropical moist forest gaps. *PLoS One*. 2015, volume 10, número 7, pp.1–19.
- 541 15. BRAZ E. M; MATTOS P. P.; VERDE M. F.; BASSO, R. O.; CANETTI, A. Otimização do ciclo de corte na Floresta Amazônica sob
542 o ponto de vista econômico. *CNPf*. 2017, pp.1-7.
- 543 16. LINGNER, D. V., SCHORN, L. A., SEVEGNANI, L., DE GASPER, A. L., MEYER, L., VIBRANS, A. C. Floresta Ombrófila Densa
544 de Santa Catarina-Brasil: agrupamento e ordenação baseados em amostragem sistemática. *Ciência Florestal*, 2015, volume 25,
545 número 4, p.933-946.
- 546 17. BRASIL, Manual técnico da vegetação brasileira: sistema fitogeográfico: inventário das formações florestais e campestres: téc-
547 nicas e manejo de coleções botânicas: procedimentos para mapeamentos. IBGE, Rio de Janeiro, 2012, p. 272.
- 548 18. PERIGOLO, N. A. Caracterização dos Tipos Vegetacionais do Médio Rio Madeira, Rondônia. Dissertação (Mestrado em Botâ-
549 nica) - Universidade de Brasília, Brasília, 2014.
- 550 19. SOUZA, P. B.; NETO, J. A. A. M.; SOUZA, A. L. Diversidade florística e estrutura fitossociológica de um gradiente topográfico
551 em floresta estacional semidecídua sub montana, MG. *Cerne*, 2013, volume 19, número 3, pp. 489-499.
- 552 20. BRASIL. Estado do Meio Ambiente. Instrução normativa nº. 5, de 11 de dezembro de 2006. Dispõe sobre procedimentos técnicos
553 para elaboração, apresentação, execução e avaliação técnica de Planos de Manejo Florestal Sustentável. Brasil, 2006.
- 554 21. SILVA, P. H.; GOMIDE, L. R.; FIGUEIREDO, E. O.; CARVALHO, L. M. T.; FERRAZ FILHO, A. C. Optimal selective logging
555 regime and log landing location models: a case study in the Amazon forest. *Acta Amazônica*, 2018, volume 48, número 1, pp.18-
556 27.
- 557 22. MILLER, S. D.; GOULDEN, M. L.; HUTYRA, L. R.; KELLER, M.; SALESKA, S.R.; WOFYSY, S.C.; FIGUEIRA, M.S.; DA ROCHA,
558 H.R.; DE CAMARGO, P.B. Reduced impact logging minimally alters tropical rainforest carbon and energy exchange. *Proc. Natl.*
559 *Academia. Scientian*. 2011, volume 108, pp.19431–19435.
- 560 23. OLIVEIRA, L. C. L.; JARDIM, F. C.; GOMES, J. M. Predição do ciclo de corte de espécies arbóreas comerciais por grupos ecoló-
561 gicos em uma floresta na Amazônia brasileira. *Revista Biom.*, lavras, v.38, n.1, p.18-34, 2020.
- 562 24. PARÁ. Instituto de Desenvolvimento Florestal e da Biodiversidade do Estado do Pará – Ideflor-bio. Diretriz de orientação para
563 elaboração do relatório anual de gestão dos recursos naturais. Belém, Ideflor-Bio, 2019, 38p.
- 564 25. HOLMES, T. P.; BLATE, G. M.; ZWEEDE, J. C; PEREIRA JUNIOR, R.; BARRETO, P.; BOLTZ, F. Custos e benefícios financeiros
565 da exploração de impacto reduzido em comparação à exploração florestal convencional na Amazônia Oriental. 2004, edição 2,
566 Fundação Floresta Tropical/Instituto Floresta Tropical (IFT), Belém, 2004, pp.68.
- 567 26. NELDER, J. A.; WEDDERBURN, R. W. (1972). Generalized linear models. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (General)*,
568 volume 135, número 3, p.370-384.
- 569 27. MCCULLAGH, P.; NELDER, J. A. Generalized linear models. Monographs on Statistics and Applied Probabililty. Chapman
570 and Hall, London, 1989.
- 571 28. AKAIKE, H. A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 1974, Boston, volume
572 19, número 6, pp.716-723.
- 573 29. SCHWARZ, G. Estimating the dimensional of a model. *Annals Statistics*, Hayward, 1978, volume 6, número 2, p.461-464, 1978.
- 574 30. R CORE TEAM (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vi-
575 enna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- 576 31. GOSIEWSKA, A.; BIECEK, P. Auditor: an R Package for Model-Agnostic Visual Validation and Diagnostics." *The R Journal*,
577 2019, volume 11, número 2, pp.85-98.
- 578 32. MORAL, R. A.; HINDE, J.; DEMÉTRIO, C. G. B. Half-Normal Plots and Overdispersed Models in R: The hnp Package. *Journal*
579 *of Statistical Software*, 2017, volume 81, número 10, pp. 1–23.
- 580 33. CONCEIÇÃO, A. K. C.; LIRA, A. G. S.; SOUSA, L. M. R.; MAESTRI, M. P.; AQUINO, M. G. C. Exploração e valoração em tora
581 de 10 espécies florestais no baixo amazonas, estado do Pará, entre 2006 – 2016. *ENCICLOPÉDIA BIOSFERA*, 2020, volume 17,
582 número 31, pp.80.
- 583 34. SOUZA, M. A. S.; AZEVEDO, C. P.; SOUZA, C. R.; FRANÇA, M.; NETO, E. L. V. Dinâmica e produção de uma floresta sob
584 regime de manejo sustentável na Amazônia central. *FLORESTA*, 2017, volume 47, número 1, pp. 55 – 63.
- 585 35. OLIVEIRA, E. K. B.; NAGY, A. C. G.; BARROS, Q. S.; MARTINS, B. C.; MURTA, L. S. Composição florística e fitossociológica
586 de fragmento Florestal no sudoeste da Amazônia. *ENCICLOPÉDIA BIOSFERA*, 2015, volume 11, número 21, pp.21-46.

- 587 36. SALOMÃO, R. P.; SANTANA, A. C.; BRIENZA, S. Selection of species from natural and indication of planting for reclamation
588 of degraded areas in the Amazon forest. *Ciência Florestal*, 2013, volume 23, número 1, pp.139-151.
- 589 37. BRASIL. Instrução normativa no - 9, de 8 de maio de 2015. Estabelece os procedimentos para autorizar o aproveitamento de
590 matéria-prima florestal. IBAMA, Brasil, 2015.
- 591 38. GERWING, J.; VIDAL, E. Manejo de cipós na Amazônia. *Ciência Hoje*, volume 37, número 220. 2005.
- 592 39. VIDAL, E.; VIANA, V. M.; BATISTA, J. L. F. Crescimento de floresta tropical três anos após colheita de madeira com e sem
593 manejo florestal na Amazônia oriental. *SCIENTIA FORESTALIS*, 2002, número 61, pp. 133-143.
- 594 40. POPESCU V. D.; GOVINDARAJULU, P.; PALEN, W.; BISHOP, C. A. Defining conservation-relevant habitat selection by the
595 highly imperiled Oregon Spotted Frog, *Rana pretiosa*. *Herpetological Conservation and Biology*, volume 8, número 3, pp.688-706.
- 596 41. LIMA, R. A. F. Estrutura e regeneração de clareiras em Florestas Pluviais Tropicais. *Revista Brasileira de Botânica*, 2005, volume
597 28, número 4, pp. 651-670.
- 598 42. SANQUETTA, C. R.; CORTE, A. P.; KOVALEK, N. Estrutura e composição de copas e clareiras em um fragmento de floresta
599 ombrófila mista no centro sul do estado Paraná. *Revista de estudos ambientais*, 2011, volume 13, número 2, pp. 68-77.
- 600 43. JARDIM, F. C. da S.; SERRÃO, D. R.; NEMER, T. C. Efeito de diferentes tamanhos de clareiras, sobre o crescimento e a mortali-
601 dade de espécies arbóreas, em Moju-PA. *Acta Amazonica*, 2007, volume 37, número 1, pp. 37-47.
- 602 44. CASSOL, H. L. G.; FLEIG, F. D. Geoprocessing use for the simulation of gaps areas in a management gardening system. *Ciência
603 Florestal*, 2014, Santa Maria, volume 24, número 1, pp. 171-183.
- 604 45. FIGUEIREDO, E. O.; d'OLIVEIRA, M. V. N.; FEARNESIDE, P. M.; BRAZ, E. M.; PAPA, D. A. Equations to estimate tree gaps in
605 a precision forest management area the Amazon based on crown morphometry. *Revista Árvore*, 2017, volume 41, número 3, sp.
- 606 46. DALAGNOL, R.; WAGNER, F. H.; GALVÃO, L. S.; STREHER, A. S.; PHILLIPS, O. L.; GLOOR, E.; PUGH, T. A. M.; OMETTO,
607 J. P. H. B.; ARAGÃO, L. E. O. C. Large-scale variations in the dynamics of Amazon Forest canopy gaps from airborne lidar data
608 and opportunities for tree mortality estimates. *Scientific Reports*. 2021, volume 11, pp.1388.
- 609 47. VIDAL, E.; JOHNS, J.; GERWING, J. GERWING, J.; UHL, C. Manejo de Cipós para a Redução do Impacto da Exploração Ma-
610 deireira na Amazônia Oriental. *IMAZON*, 1998, número 13, série Amazônia, pp. 22.
- 611 48. BRAZ, E. M.; SCHNEIDER, P. R.; MATTOS, P. P.; SELLE, G. L.; THAINES, F.; RIBAS, L. A.; VUANDEN, E. Taxa de corte
612 sustentável para manejo das florestas tropicais. *Ciências Florestal*, 2012, volume 22, número 1, pp. 137-145.
- 613 49. LOPATIN, J. ; DOLOS, K.; HERNÁNDEZ, H. J.; GALLEGUILOS, M.; FASSNACHT, F. E. Comparing Generalized Linear Mo-
614 dels and random forest to model vascular plant species richness using LiDAR data in a natural forest in central Chile. *Remote
615 Sensing of Environment*, 2016, volume 173, pp. 200-210.
- 616 50. HESS, A. F.; CIANORSCHI, L. D.; SILVESTRE, R.; SCARIOT, R.; RICKEN, P. Aplicação dos modelos lineares generalizados
617 para estimativa do crescimento em altura. *Pesquisa florestal brasileira*, Colombo, 2015, volume 35, número 84, pp. 427-433.
- 618 51. CORDEIRO, M. G.; DEMÉTRIO, C. G. B. Modelos Lineares Generalizados e Extensões. *ESALQ, USP*, pp. 400, 2008.
- 619