



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

LEON PASTOR LIZON ROMANO

**O PAPEL RELATIVO DA CONFIGURAÇÃO DA PAISAGEM,
FATORES NATURAIS E MANEJO DA TERRA NA ESTRUTURA E
DIVERSIDADE DE FLORESTAS SECUNDÁRIAS NO LESTE DA
AMAZÔNIA**

BELÉM-PA

2016

LEON PASTOR LIZON ROMANO

**O PAPEL RELATIVO DA CONFIGURAÇÃO DA PAISAGEM,
FATORES NATURAIS E MANEJO DA TERRA NA ESTRUTURA E
DIVERSIDADE DE FLORESTAS SECUNDÁRIAS NO LESTE DA
AMAZÔNIA**

Dissertação de Mestrado apresentada para o Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará em convênio com o Museu Paraense Emílio Goeldi e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Linha de Pesquisa: Ecossistemas Amazônicos e Dinâmicas Socioambientais

Orientadora: Prof. Dra. Joice Nunes Ferreira

BELÉM-PA

2016

Dados Internacionais de Catalogação-na publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFPA

Lizon Romano, Leon Pastor, 1988-

O papel relativo da configuração da paisagem, fatores naturais e manejo da terra na estrutura e diversidade de florestas secundárias no leste da Amazônia / Leon Pastor Lizon Romano. – 2016.

Orientadora: Joice Nunes Ferreira.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Belém, 2016.

1. Pesquisa Florestal - Amazônia. 2. Sucessão ecológica. 3. Florestas - Reprodução Amazônia. I. Título.

CDD 22. ed. 634.909811

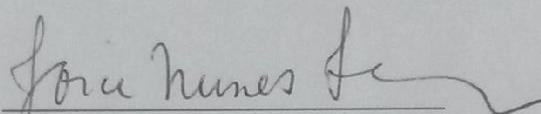
LEON PASTOR LIZON ROMANO

O PAPEL RELATIVO DA CONFIGURAÇÃO DA PAISAGEM, FATORES
NATURAIS E MANEJO DA TERRA NA ESTRUTURA E DIVERSIDADE DE
FLORESTAS SECUNDÁRIAS NO LESTE DA AMAZÔNIA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará em parceria com o Museu Paraense Emílio Goeldi e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária da Amazônia Oriental, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais. Área em Clima e Dinâmica Socioambiental na Amazônia.

Data de aprovação: 29/ 04 / 2016

Banca Examinadora:

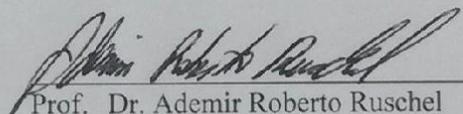


Orientadora

Profª. Dra. Joice Nunes Ferreira

Doutora em Ecologia

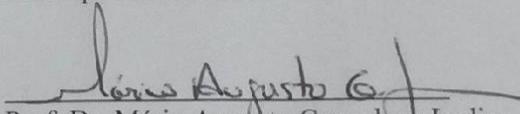
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária



Prof. Dr. Ademir Roberto Ruschel

Doutor em Biologia

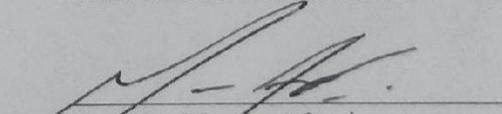
Embrapa Amazônia Oriental



Prof. Dr. Mário Augusto Gonçalves Jardim

Doutor em Ciências Biológicas

Museu Paraense Emílio Goeldi



Prof. Dr. Marcos Adami

Doutor em Sensoriamento Remoto

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me permitir escrever estas linhas.

À Organização de Estados Americanos (OEA), ao Grupo Coimbra de Universidades Brasileiras (GCUB) e à Universidade Federal do Pará (UFPA) pelos convênios e programas internacionais que fizeram possível esta dissertação.

À professora Dra. Iracilda Sampaio, e demais equipe da PROPESP, pelo ótimo recebimento e a ajuda incondicional brindada nestes dois anos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA), ao Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) e à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária EMBRAPA (Amazônia Oriental).

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq – Brasil (Processo 479429/2013-8) pelo apoio financeiro recebido.

Aos fazendeiros da região de Marabá, Parauapebas e Eldorado dos Carajás por permitir a realização dos estudos e por nos receber em suas propriedades. Ao Francisco Jorge de Araujo, Amanda Cardoso, Fabrício Ferreira, Lilian Blanc, assim como ao Núcleo da EMBRAPA em Marabá e em especial aos parobotânicos Ednaldo e João pela ajuda imprescindível no trabalho de campo.

Ao Prof. Dr. Marcos Adami, pela ajuda com ferramentas SIG, e à Dra. Cecilia Contijo Leal pela ajuda com as análises estatísticas do Random Forest.

A minha orientadora, Prof. Dra. Joice Ferreira pelo tempo, paciência e ajuda incondicional.

A meus pais, Wilma e Waldo, a minha namorada Ivette pelo apoio e carinho.

À todos aqueles que de alguma maneira contribuíram para que este trabalho se tornasse realidade.

RESUMO

As florestas secundárias ocupam cerca de 23% das áreas desflorestadas da Amazônia brasileira. Embora tenham claras diferenças com florestas primárias, as florestas em sucessão têm inegável importância ecológica, social e econômica. A região oriental da Amazônia, especificamente a área conhecida como arco do desmatamento, apresenta uma paisagem fragmentada, caracterizada por diversos usos de solo e grande extensão de florestas secundárias. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o papel relativo de variáveis da paisagem, variáveis naturais e de uso e manejo do solo sobre a estrutura e diversidade florística de florestas secundárias no Sudeste do Pará. Foram estudados 20 fragmentos de florestas secundárias em um gradiente de 5 a 20 anos. Em cada fragmento, foram estabelecidos: i) transectos de 10 x 250m (0,25 ha) para estudo das plantas com Diâmetro a Altura do Peito $\geq 10\text{cm}$, ($\text{DAP}_{\geq 10\text{cm}}$) em plots de 10 x 10m (total 25) ii) 5 subplots de 5 x 20m aninhados dentro dos transectos de 0,25 ha para estudo de plantas com $\text{DAP} < 10\text{cm}$ e $\geq 2\text{cm}$. ($\text{DAP}_{< 10\text{cm}}$). Foram mensuradas variáveis estruturais (densidade de plantas, altura, área basal, número de fustes) e variáveis de diversidade de espécies (riqueza, diversidade de Shannon e diversidade de Simpson) considerando árvores, palmeiras e lianas. Foi avaliado um conjunto de variáveis da configuração da paisagem para cada fragmento (eg. tamanho, perímetro, distância e proporção de floresta primária e de floresta total em um raio de 500 m, 1 km e 3 km), além de variáveis naturais (altitude e declividade) e o uso histórico de cada transecto (índice de intensidade de uso do solo e número de ciclos agrícolas). O histórico de uso da terra foi avaliado por uma combinação de séries temporais de imagens de satélite e entrevistas com os proprietários rurais. As análises foram feitas com o pacote RandomForest, no ambiente do software R. Os parâmetros estruturais e de diversidade tiveram grande variação entre as 20 florestas secundárias estudadas. Variáveis como altura e área basal não cresceram consistentemente ao longo do gradiente de idade. A porcentagem de variação das variáveis resposta explicadas pelos modelos variou de 0 a 38,75%. Em geral, todas as categorias de variáveis (idade, paisagem, fatores naturais, manejo da terra) contribuíram para explicar a variação nos dados, mas as variáveis de paisagem foram as que contribuíram em maior proporção (20,44 a 66,92%). A idade não foi o fator preponderante para explicar os diversos parâmetros estruturais, exceto a densidade de cipós (54,17%) que reduziu em florestas a partir de 15 anos. Em contrapartida, a idade foi um dos principais fatores explicando a diversidade de espécies das plantas $\text{DAP}_{\geq 10\text{cm}}$ (índice de Simpson). Juntamente com a paisagem, a idade explicou o total de variação na diversidade de espécies (57,60% e 42,49, respectivamente). As variáveis de manejo agrícola foram importantes para explicar a área basal

das plantas de indivíduos $DAP_{\geq 10\text{cm}}$ e $DAP_{< 10\text{cm}}$ (25,22% e 36,19%, respectivamente). Todas as variáveis da paisagem investigadas contribuíram para explicar nos parâmetros estruturais e de diversidade, a maioria explicando acima de 50% da variação. A área, perímetro e a relação perímetro-área dos fragmentos explicaram melhor os parâmetros estruturais e a riqueza de espécies. Por outro lado, a diversidade de Simpson foi explicada principalmente pela cobertura e distância da floresta primária a 1 km, bem como pela distância das florestas (primária e secundária conjuntamente). As variáveis naturais (declividade e altitude), assim como o município, que apresenta grande diferença na precipitação total, foram mais importantes para explicar a variação na densidade e área basal das plantas $DAP_{< 10\text{cm}}$. Em suma, enquanto uma combinação do uso da terra prévio, paisagem e as variações ambientais naturais foram importantes para a regeneração da estrutura das florestas, a cobertura de florestas primárias e a distância de remanescentes florestais (primárias e secundárias) foram determinantes para a recuperação inicial na diversidade de espécies. Os padrões encontrados nesse estudo contribuem para o entendimento dos fatores determinantes do potencial de regeneração e para informar estratégias de restauração das florestas secundárias nesta região mais desmatada da Amazônia brasileira.

Palavras-chave: Florestas secundárias. Sucessão ecológica. Fragmentação. RandomForests. Amazônia

ABSTRACT

Secondary forests cover about 23% of deforested areas of the Brazilian Amazon. Although they have clear differences with primary forests, forests in succession have undeniably ecological, social and economic importance. The eastern region of the Amazon, specifically the area known as arc of deforestation, presents a fragmented landscape, characterized by several land uses and large extent of secondary forests. This study aimed to evaluate the relative role of landscape variables, natural variables and use and soil management on the structure and floristic diversity of secondary forests in the southeast of Pará. We surveyed 20 secondary forests along an age gradient from 5 to 20 years. In each fragment, were established: i) transects of 10 x 250m (0.25 ha) to study the plants with diameter at breast height (DBH) $\geq 10\text{cm}$ (DBH $_{\geq 10\text{cm}}$) in plots of 10 x 10m (total 25) ii) 5 subplots of 5 x 20m nested within the transects to study the plants (DBH) $< 10\text{cm}$ and $\geq 2\text{cm}$. (DBH $_{< 10\text{cm}}$). Structural variables were measured (plant density, height, basal area, number of stems) and species diversity variables (richness, and Shannon and Simpson diversity index) considering trees, palm trees and lianas. A set of landscape configuration variables for each fragment were considered (eg. Size, perimeter, distance and proportion of primary forest and total forest in a radius of 500 m, 1 km and 3 km); natural variables (altitude and slope) and the historical use of each transect: land use intensity index (LUI) and number of agricultural cycles. The history of land use was assessed by a combination of satellite images time series and interviews with landowners. We undertook analyses with RandomForest package in the R software environment. Structural and diversity parameters had great variation among the 20 secondary forests studied. Variables such as height and basal area have not grown consistently over the age gradient. The percentage of variation of the response variable explained by the models ranged from 0 to 38.75%. In general, all categories of variables (age, landscape, natural factors, land management) contributed to explain the variation in the data, but the landscape variables were those that contributed the most (20.44 to 66.92%) . Age was not the most important factor to explain structural parameters except the liana density (54.17%) which reduced in forests from 15 years. In contrast, age was a major factor explaining the diversity of species of plants DAP $_{\geq 10\text{cm}}$ (Simpson index). Along with the landscape, age explained the total variation in diversity (57.60% and 42.49, respectively). The land use management variables were important to explain the basal area of the individuals DAP $_{\geq 10\text{cm}}$ and DBH $_{< 10\text{cm}}$ (25.22% and 36.19%, respectively). All landscape variables investigated helped to explain the structural parameters and diversity, most explaining over 50% of the variation. The area, perimeter and perimeter-area ratio of the fragments best explained the structural

parameters and species richness. On the other hand, the diversity of Simpson was mainly explained by the cover of primary forest; distance to the primary forest (1 km) and distance to forests (primary and secondary). The natural variables (slope and altitude), as well as the municipality, which includes natural variations between sites were more important in explaining the variation in density and basal area in DBH $<10\text{cm}$ plants. Overall, while a combination of prior land use, landscape and natural environmental changes were important for the regeneration of the structure of forests, coverage of primary forests and the distance remaining forests (primary and secondary) were important to the initial recovery in species diversity. The patterns reported in the present study are important to understanding the drivers of regeneration and for informing decisions regarding restoration strategies in this most deforested region of the Brazilian Amazon.

Key words: Secondary forests. Ecological succession. Fragmentation. RandomForests. Amazon

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1- Mapa da localização do Estado do Pará e dos municípios de estudo selecionados com os diferentes graus de cobertura florestal (A-C) : Marabá, Parauapebas e Eldorado dos Carajás..... 26
- Figura 2- Médias climáticas de temperatura máxima (Max), temperatura mínima (Min) e precipitação (PP) dos municípios em estudo: Parauapebas (P), Marabá (M) e Eldorado dos Carajás (E). 30
- Figura 3. Municípios em estudo com os assentamentos da reforma agrária e Unidades de Conservação..... 32
- Figura 4. Mapa geral das florestas secundárias em estudo com limites municipais e assentamentos na área..... 32
- Figura 5. Desenho amostral empregado no estudo em fragmentos de floresta secundária na região de Marabá, Parauapebas e Eldorado de Carajás, Pará. Nos transectos de 250 x 10m foram mensurados e identificados os indivíduos $DAP_{\geq 10cm}$ e nos “subplots” de 20 x 5m os indivíduos $DAP_{< 10cm}$ 34
- Figura 6. Análise dos usos de solo nos transectos estudados para três raios determinados (500 m, 1 km e 3 km) em fragmentos de florestas secundárias nos municípios de Marabá, Parauapebas e Eldorado dos Carajás, Pará. Dados de uso da terra fornecidos pelo TerraClass 2012. 36
- Figura 7. Mapa das florestas secundárias em estudo com os valores de intensidade de uso de solo (LUI, em inglês *Land Use Intensity*)..... 37
- Figura 8- Resumo das variáveis preditoras e resposta no modelo RandomForest aplicado para determinar a importância relativa de diferentes fatores sobre a estrutura e diversidade de espécies em florestas secundárias no Sudeste do Pará, municípios de Marabá, Parauapebas e Eldorado de Carajás A descrição de cada variável encontra-se na Tabela 2. 41
- Figura 9. Variação dos parâmetros estruturais ao longo do gradiente de idade para as florestas secundárias nos três municípios em estudo. Preto: indivíduos $DAP_{< 10cm}$; cinza: indivíduos $DAP_{\geq 10cm}$ 42
- Figura 10. Densidade de palmeiras e cipós nas diferentes idades e municípios das florestas secundárias em estudo. 44
- Figura 11. Parâmetros de diversidade nas diferentes idades e municípios das florestas secundárias em estudo Preto: indivíduos $DAP_{< 10cm}$; cinza: indivíduos $DAP_{\geq 10cm}$. 45

Figura 12. Boxplots descritivos dos indivíduos $DAP_{\geq 10\text{cm}}$ considerando florestas secundárias iniciais (5-10 anos) e florestas secundárias intermediárias (11-20 anos).	47
Figura 13. Boxplots descritivos da variação nos parâmetros estruturais e florísticos dos indivíduos $DAP_{< 10\text{cm}}$ em florestas secundárias iniciais (5-10 anos) e florestas secundárias intermediárias (11-20 anos). A letras denotam classes de tamanho com diferenças significativas nos parâmetros pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).	48
Figura 14- Resultados do RandomForest para variáveis estruturais nos indivíduos $DAP_{\geq 10\text{cm}}$; mostra-se a percentagem de variação explicada (% V.E.)	51
Figura 15. Resultados do RandomForest para variáveis de diversidade nos indivíduos $DAP_{\geq 10\text{cm}}$. mostra-se a percentagem de variação explicada (% V.E.)	52
Figura 16. Resultados do RandomForest para variáveis estruturais e diversidade nos indivíduos $DAP_{< 10\text{cm}}$. mostra-se a percentagem de variação explicada (% V.E.)	53
Figura 17- Contribuições parciais dos resultados para indivíduos $DAP_{\geq 10\text{cm}}$	54
Figura 18. Contribuições parciais dos resultados para indivíduos $DAP_{< 10\text{cm}}$	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Resumo dos principais dados dos municípios em estudo.	31
Tabela 2- Descrição das variáveis preditoras consideradas na análise de RandomForest	39
Tabela 3. Descrição das variáveis resposta consideradas na análise de RandomForest	40
Tabela 4. Resultados da análise com RandomForest para cada grupo de variáveis.	49

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	18
2.1	Objetivo Geral	18
2.2	Objetivos Específicos	18
3	REFERENCIAL TEORICO	19
3.1	Sucessão ecológica e florestas secundárias	19
3.2	Fatores determinantes na sucessão secundária	20
4	MATERIAL E MÉTODOS	25
4.1	Área de estudo	25
4.2	Coleta de dados	33
4.2.1	Dados florísticos.....	33
4.2.2	Dados da paisagem e variáveis naturais	34
4.2.3	Dados do manejo agrícola	36
4.3	Análise estatística de dados	38
5	RESULTADOS	42
5.1	Variação na estrutura e diversidade de plantas ao longo do gradiente de idade	42
5.2	Resultados dos modelos Random Forest	49
5.2.1	Indivíduos $DAP_{\geq 10cm}$	50
5.2.2	Indivíduos $DAP_{< 10cm}$	52
5.2.3	<i>Plots</i> parciais	54
5.2.4	Contribuição relativa das diferentes variáveis avaliadas nos modelos.....	57
6	DISCUSSÃO	59
7	CONCLUSÕES	66
	REFERENCIAS	67
	APÊNDICE A- LISTA DE ESPÉCIES IDENTIFICADAS NO ESTÚDO, COM AS RESPECTIVAS FAMILIAR E FORMAS DE VIDA	73
	APÊNDICE B- TABELA RESUMO DAS FLORESTAS SECUNDÁRIAS EM ESTUDO	80
	APÊNDICE C- TABELA COM AS VARIÁVEIS DE PAISAGEM, MUNICÍPIO E IDADE DAS FLORESTAS SECUNDÁRIAS EM ESTUDO	82
	APÊNDICE D- TABELA COM AS VARIÁVEIS NATURAIS, DE USO, MUNICÍPIO E IDADE DAS FLORESTAS SECUNDARIAS EM ESTUDO	83
	APÊNDICE E- TABELA COM AS VARIÁVEIS RESPOSTA DE INDIVÍDUOS $DAP > 10\text{ cm}$ e $DAP < 10\text{ cm}$	84
	APÊNDICE F- RESULTADOS DA ANALISE RANDOMFOREST, OS NÚMEROS INDIVIDUAIS SÃO %IncMSE	85

**APÊNDICE G- RESULTADOS DO ANALISE RANDOMFOREST, RESULTADOS
EM PERCENTAGENS..... 86**

1. INTRODUÇÃO

Florestas secundárias são florestas em regeneração através de processos naturais após a remoção significativa ou perturbação da vegetação original da floresta por causas antropogênicas ou naturais (BEGON; TOWNSEND; HARPER, 2006). Com o incremento da vegetação secundária em diferentes partes do mundo, o interesse no manejo e no conhecimento sobre estes sistemas tem sido evidente. Tal interesse vem se ampliando ainda mais com a crescente demanda por recursos naturais, a degradação dos ecossistemas e a necessidade de restaurar áreas degradadas (JAKOVAC et al., 2015; FAO, 2002).

Na região tropical, as florestas secundárias ocupam espaço crescente na paisagem, incluindo a região Amazônica (OMEJA et al., 2012; VIEIRA et al., 2014). Com a supressão de florestas nativas, para dar lugar a empreendimentos agropecuários, principalmente a partir dos anos 60, a Amazônia sofreu uma ampla alteração da paisagem regional (VIEIRA; GARDNER, 2012). Atividades agrícolas e particularmente a pecuária, tanto de grande quanto de pequena escala, contribuem constantemente para o desmatamento e subsequente acréscimo de áreas com florestas secundárias.

Cerca de 23% das áreas desflorestadas da Amazônia correspondem às florestas secundárias, uma área estimada de 172.189,78 km². No Pará, quase 25% do território foi catalogado como vegetação secundária, o segundo maior uso do solo, somente inferior à categoria de “pasto limpo” que ocupa cerca de 40%. Essa categoria pode ser ainda maior, se considerarmos que outras categorias do Terraclass também englobam áreas em sucessão ecológica (INPE, 2014). Dentre as diferentes regiões do Estado do Pará, a mesorregião do Sudeste do Paraense se destaca na quantidade de florestas em regeneração, pois localiza-se no arco do desmatamento, região de avanço da fronteira agrícola marcada pelos maiores índices de desmatamento da Amazônia (IPAM, 2015). O processo de migração gerado pelas atividades de mineração e agricultura terminou por construir um mosaico de uso e cobertura da terra de diferentes tipos (IDESP, 2013). Neste contexto espacial fragmentado, as florestas secundárias resultantes de áreas de pastagens e áreas agrícolas abandonadas são bastante comuns na paisagem.

As florestas secundárias desempenham relevante papel ecológico na gestão de bacias hidrográficas, com a proteção do solo e dos corpos hídricos, são importantes para a conectividade da paisagem e aliviam a pressão sobre as florestas primárias, auxiliando assim na conservação da biodiversidade (FAO, 2002). Uma vez que se deixa regenerar, as florestas

secundárias acumulam biomassa acima e abaixo do solo, nutrientes na vegetação, liteira e solo, particularmente durante os primeiros 20 anos (OMEJA et al., 2012; CHAZDON, 2012). Um recente estudo nas florestas secundárias da região neotropical evidenciou que a absorção líquida de carbono nesses ecossistemas foi 11 vezes maior que a taxa de absorção das florestas primárias. Além disso, foi estimado que a biomassa leva 66 anos para recuperar 90% dos valores da floresta primária (POORTER et al., 2016).

As mudanças e disponibilidade de recursos ao longo da sucessão da comunidade vegetal influenciam nas comunidades da fauna, logo as florestas secundárias desempenham um papel muito importante na sucessão da comunidade e recuperação da biodiversidade em geral. (PINOTTI; PAGOTTO; PARDINI, 2015; DENT; WRIGHT, 2009). Então as florestas secundárias são consideradas peças-chave para a conservação da biodiversidade remanescente em paisagens modificadas pelo homem, com a prestação de importantes serviços ambientais sendo que muitos autores defendem o mérito dessas florestas para conservação. (BRANCALION et al., 2012; CHAZDON, 2012; MASSOCA et al., 2012 ; VIEIRA et al., 2014).

Além da importância na conservação ambiental, as florestas secundárias desempenham relevante papel social. Sistemas agrícolas tradicionais praticados por agricultores familiares se caracterizam pelo sistema de corte-e-queima e a rotação de áreas. O abandono temporário da terra e a constante regeneração das florestas permite a recuperação na fertilidade dos solos (KATO et al., 1999). As florestas em regeneração são importantes para o meio de vida dos agricultores tradicionais, pois abrigam espécies com potencial alimentício, medicinal, de construção, importância ritual, combustível e forragem. Assim, florestas secundárias dão uma contribuição aos meios de subsistência, saúde e identidade cultural dos proprietários da terra. (DALLE; DE BLOIS, 2006). Sistemas de pousio melhorados, utilizando produtos da vegetação em regeneração pode ser uma forma de estabelecer sistemas sustentáveis de agricultura familiar, gerando recursos para os donos das parcelas e ajudando à conservação sustentável da floresta secundária (KAMMESSHELDT, 2002). Estratégias como enriquecimento de espécies madeiras de alto valor comercial em florestas secundárias agrega valor econômico aos remanescentes florestais e também incentiva a proteção destes remanescentes contra fatores de degradação (BRANCALION et al., 2012).

A trajetória sucessional que pode ter uma floresta secundária é influenciada pela escala, frequência e intensidade de distúrbios ou usos de terra prévios, tipos de solo, disponibilidade de nutrientes, natureza da vegetação remanescente e condições pós-distúrbio (CHAZDON,

2012). Fatores de paisagem como área, perímetro e conectividade entre os fragmentos florestais têm uma clara influência na trajetória sucessional e podem influenciar nos fluxos de recolonização da flora e da fauna, a partir da criação de corredores e efeitos de borda (JESUS et al, 2012; LAURANCE et al, 2011; PARDINI et al, 2005). Os usos de solo circundante, que são o contexto espacial para corredores e fragmentos também podem afetar a sucessão (DO VALE et al, 2015; TABARELLI et al, 2012). Alguns estudos evidenciaram os efeitos de variáveis topográficas como a altitude e declividade na regeneração das florestas (ARAGÓN; MORALES, 2003; BENTOS; NASCIMENTO; WILLIAMSON, 2013).

O histórico de uso do solo é um fator muito relevante em determinar os padrões de sucessão da floresta secundária (MASSOCA et al, 2012; MESQUITA; MASSOCA; BENTOS, 2015). As diferentes formas de manejo, se corte e queima, ou pastagem, e se utilizou fogo ou não, por exemplo, podem ter claros efeitos na sucessão. (ULH, 1987; ZARIN et al, 2005). O uso intensivo da terra, relacionado a um curto período de pousio tem também efeitos negativos na regeneração futura (TEEGALAPALLI; GOPI; PRASANNA, 2009; JAKOVAC et al, 2015). A sobre-exploração dos recursos madeireiros pode induzir os fragmentos a manter um estágio inicial de sucessão. (BRANCALION et al, 2012). Também foi evidenciada a diminuição na recuperação de biomassa com o aumento dos ciclos agrícolas na regeneração de um amplo espectro de florestas tropicais do mundo. (LAWRENCE et al, 2010) A intensificação do uso agrícola pode levar, portanto, a um atraso ou impedimento da sucessão ecológica e resultar em impactos negativos importantes na vida das comunidades amazônicas (JAKOVAC et al, 2016).

Reconhecendo a importância de se conservar as florestas secundárias, o Estado do Pará instituiu a Instrução Normativa 08 de 28/10/2015 (GOVERNO DO PARÁ, 2015), que define procedimentos administrativos que limitam a supressão de áreas de vegetação secundária de porte mais avançado. Nessa legislação, a idade e área basal são os indicadores utilizados para classificar a floresta em estágio sucessional inicial ou avançado e, conseqüentemente, determinará se vai ser suprimida para uso agrícola ou mantida como floresta. Embora essas variáveis sejam indicadores simples e eficientes para inferir o estágio de sucessão das florestas secundárias, há uma diversidade e complexidade de outros fatores que influenciam na trajetória sucessional. (CHAZDON, 2012; LU et al, 2003; MASSOCA et al, 2012).

Considerando a ampla ocorrência das florestas secundárias na região Amazônica e o seu relevante papel ecológico, social e econômico, é fundamental avançar no entendimento e nas oportunidades que essas florestas fornecem. Apesar de várias pesquisas terem abordado os efeitos de diferentes fatores sobre a estrutura e diversidade das florestas secundárias na

Amazônia Oriental, estas pesquisas foram muito focadas na caracterização de estágios sucessionais separados a priori em 2 a 3 classes (LU et al, 2003; SALOMÃO et al, 2012). Um estudo na Amazônia brasileira abordou a influência da paisagem e este foi realizado na região de Manaus, Oeste da Amazônia (JAKOVAC et al, 2015) região com grande cobertura florestal e assim difere bastante das condições encontradas no Arco do Desmatamento Amazônico.

Estudos realizados na mesma região do presente estudo, no Arco do Desmatamento da Amazônia brasileira, encontraram uma considerável influência da forma de manejo da terra e dos tipos de solo na estrutura e composição florística das florestas secundárias (DO VALE et al, 2015). Entretanto, esses autores não encontraram a mesma relação em um dos sítios com maior cobertura florestal, sugerindo que efeitos da paisagem podem ter sido preponderantes nos padrões de regeneração. Assim, é muito importante elucidar e determinar o potencial de regeneração das florestas secundárias, especialmente para orientar os planos de restauração florestal em ampla ascensão na região.

Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo avaliar o papel relativo de variáveis da configuração da paisagem, de uso e manejo da terra e de condições naturais do sítio (topografia) sobre a estrutura e diversidade florística de florestas secundárias localizadas no Sudeste do Estado do Pará. As seguintes perguntas de pesquisa ajudaram a orientar o desenvolvimento do trabalho: 1) O tempo de regeneração (idade) é o fator preponderante sobre a estrutura e diversidade de espécies das florestas secundárias na região de estudo?, 2) Qual grupo de variáveis – configuração da paisagem, manejo da terra, fatores naturais- tem maior influência sobre as características de estrutura e diversidade das florestas secundárias?, 3) Os parâmetros de estrutura são melhor explicados pelas variáveis estudadas do que os parâmetros de diversidade de espécies? 4) Há diferenças de resposta entre os indivíduos (DAP) $< 10\text{cm}$ e $\geq 2\text{cm}$ e indivíduos (DAP) $\geq 10\text{cm}$? A partir do conhecimento sobre a importância de diferentes variáveis para a recuperação da estrutura e diversidade de espécies na trajetória sucessional, espera-se contribuir para realizar predições sobre o potencial de regeneração de florestas secundárias e para a restauração de ecossistemas na Amazônia Oriental.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

- Avaliar a contribuição relativa de variáveis relacionadas à configuração da paisagem, uso e manejo agrícola, e variáveis naturais na estrutura e diversidade florística de florestas secundárias em regeneração na Amazônia Oriental.

2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar a estrutura da vegetação e a diversidade em florestas secundárias ao longo de um gradiente de idade e sob condições contrastantes de manejo agrícola e de variáveis naturais.
- Determinar as características da configuração da paisagem (área, perímetro, cobertura florestal e distância às florestas) e de variáveis naturais (altitude e declividade) nos fragmentos de florestas secundárias estudados.
- Estimar a intensidade de uso da terra e caracterizar as práticas de manejo agrícola prévio das áreas estudadas de floresta secundária em regeneração.
- Ponderar a contribuição da idade e das diferentes variáveis de paisagem, manejo agrícola e variáveis naturais sobre a variação nas características estruturais e de diversidade das florestas secundárias.

3. REFERENCIAL TEORICO

3.1 Sucessão ecológica e florestas secundárias

Para entendermos o contexto do tema abordado nessa dissertação, apresentamos a seguir os conceitos teóricos chave relacionados à sucessão ecológica e às trajetórias sucessionais das florestas secundárias.

Sucessão ecológica

A sucessão ecológica pode ser definida como o padrão direcional e contínuo de colonização e extinção (não sazonal) em um lugar por diferentes populações de espécies. (BEGON; TOWNSEND; HARPER, 2006). Também pode ser definido como a mudança gradual na composição e estrutura na comunidade de espécies em uma determinada área (MILLER; SPOOLMAN, 2009). Na Ecologia, podem ser categorizados dois tipos de sucessão ecológica: a sucessão ecológica primária (regeneração onde nada existia anteriormente em áreas novas e recentemente expostas) e a sucessão secundária (na qual uma comunidade se regenera depois de um distúrbio).

De acordo com a visão científica tradicional, a sucessão passa por uma sequência ordenada ao longo de um caminho esperado até que um certo tempo atingiria um nível estável chamado de comunidade clímax; no entanto, a visão atual reflete que a sucessão é contínua com diferentes requerimentos de luz, nutrientes e espaço por parte das espécies. A maioria dos ecólogos reconhecem agora que os ecossistemas maduros não estão em um estado de equilíbrio permanente, mas sim um estado de perturbação contínua e mudança. (MILLER; SPOOLMAN, 2009). Não existe um momento específico em que a floresta alcance um estado de estabilidade ou 'clímax', pois frequentemente ocorrem distúrbios, mesmo durante estágios tardios de sucessão (CHAZDON, 2012).

Sucessão secundária

Quando a vegetação de uma área foi parcialmente ou completamente removida, mas as sementes e esporos do solo permanecem, a subsequente sequência de espécies é chamada de sucessão secundária. A perda de árvores localmente como resultado de uma doença, ventos

fortes, incêndio ou derrubada pode levar a sucessões secundárias, assim como o cultivo seguido pelo abandono em terras agrícolas. (BEGON; TOWNSEND ; HARPER, 2006).

Floresta secundária:

Florestas secundárias são florestas em regeneração através de processos naturais após a remoção significativa ou perturbação da vegetação original da floresta por causas humanas ou naturais em um único ponto no tempo ou durante um período prolongado, e exibindo uma grande diferença na estrutura da floresta e/ou composição de espécies de dossel com relação às florestas primárias (FAO, 2002)

3.2 Fatores determinantes na sucessão secundária

Embora a sucessão que acontece em clareiras naturais abertas pela queda de árvores na floresta tem parâmetros de desenvolvimento da comunidade, o processo adquire fatores mais complexos quando se considera a sucessão em áreas degradadas pelo homem, como é o caso do abandono de terras agrícolas e pastagens (MASSOCA et al, 2012). Após distúrbios de vários tipos, a regeneração de florestas secundárias segue uma progressão de estágios, por meio dos quais os estágios florestais gradualmente tendem a aumentar a riqueza de espécies e a complexidade estrutural e funcional (CHAZDON, 2012).

Segundo Ulh, (1987) a sucessão secundária pode ser restrita principalmente em função a três fatores: i) Os mecanismos disponíveis para a regeneração de germoplasma, ii) as características do micro-habitat e sua capacidade para a germinação de sementes e iii) Os nutrientes necessários no solo para o crescimento e desenvolvimento de sucessão correspondente. Assim, as florestas secundárias podem ter diferentes trajetórias sucessionais. Cada uma é influenciada pela escala, frequência e intensidade de distúrbios ou usos de terra anteriores, textura do solo, usos de solo circundante, disponibilidade de nutrientes e natureza da vegetação remanescente (CHAZDON, 2012).

Idade

A regeneração de florestas tropicais segue um cenário geral de substituição de espécies intolerantes à sombra e de crescimento rápido por espécies ombrófilas de crescimento mais lento (CHAZDON, 2012). Espécies de plantas em início de sucessão normalmente têm uma

série de caracteres correlacionados, incluindo alta fecundidade, boa dispersão, o crescimento rápido quando os recursos são abundantes, e crescimento lento e baixa sobrevivência quando os recursos são escassos. Espécies tardias geralmente têm os traços opostos, incluindo fecundidade relativamente baixa, curta dispersão, crescimento lento, e uma capacidade de crescer, sobreviver e competir em condições de poucos recursos (REES et al, 2001). Assim, nos primeiros estágios da sucessão, a regeneração de florestas tropicais segue um cenário geral de substituição de espécies intolerantes à sombra e de crescimento rápido por espécies ombrófilas de crescimento mais lento. Gramíneas, herbáceas, lianas e arbustos dominam campos recentemente abandonados, mas declinam em abundância à medida que o dossel da floresta se fecha e reduz a disponibilidade de luz (CHAZDON, 2012).

As principais interações nesta etapa da sucessão são a facilitação, em que um conjunto de espécies faz com que uma área fique mais adequada para espécies com diferentes requisitos; inibição, quando algumas espécies pioneras impedem o estabelecimento e crescimento de outras espécies; e a tolerância, quando plantas de sucessão tardia são pouco afetadas pelas plantas nas fases iniciais da sucessão porque não há conflito nos requerimentos entre as espécies. (MILLER; SPOOLMAN, 2009)

O tempo desde o abandono da área pode ser um bom preditor da acumulação de biomassa e de espécies nas florestas secundárias (DENT; WRIGHT, 2009) OMEJA et al. (2012) encontraram uma correlação de 66% entre o tempo de abandono e a biomassa em florestas secundárias tropicais, no entanto as diferenças no uso de solo e variáveis climáticas também influenciaram claramente na variação da biomassa.

Características da paisagem: Fragmentação e uso de solo

Uma característica típica das florestas secundárias é a localização em áreas fragmentadas. Os diferentes usos do solo geram uma paisagem dominada por fragmentos pequenos e irregulares (< 400 ha), que se tornam ainda mais vulneráveis com efeitos de borda, passagem de fogo e outras consequências relacionadas à fragmentação (LAURANCE et al, 2011).

O tamanho e distribuição dos fragmentos pode promover a conectividade do habitat e melhorar o fluxo de dispersores de sementes. A estrutura da paisagem controla os fluxos de sementes e afeta a sua capacidade de dispersão, afetando potencialmente a composição e estrutura dos próprios fragmentos (BRANCALION et al, 2012) (TABARELLI et al, 2012). Fragmentos pequenos foram associados com sementes de espécies pioneiras dispersas pelo

vento, já fragmentos maiores apresentaram espécies tardias e de dispersão feita por animais (JESUS et al, 2012).

Efeitos de borda podem dominar dinâmicas do fragmento como estresse hídrico, pressão e turbulência do vento influenciando na sobrevivência e diversidade das árvores, germinação, abundância de insetos e outros animais. Esta situação pode ser muito negativa considerando que a borda tem efeitos acumulativos (LAURANCE et al, 2011). A disponibilidade de luz tem papel muito importante no estabelecimento e crescimento de plântulas, afetando a germinação, crescimento e desenvolvimento das plantas. Por outro lado, a limitação de luz reduz o recrutamento de espécies pioneiras e facilita a colonização por espécies tolerantes à sombra (MASSOCA et al, 2012).

A distância às fontes de sementes tem uma forte influência no desenvolvimento das florestas secundárias. Áreas extensas sem árvores não são atrativas para aves e animais dispersores de sementes, ainda menos para mamíferos maiores que carregam as sementes de espécies tardias (KAMMESSHELDT, 2002). O número de espécies de plantas em regeneração pode diminuir com o aumento da distância à floresta primária, sendo esta muito importante para propiciar a "chuva" de sementes para a recolonização. (MESQUITA et al, 2001)

A fragmentação de habitat afeta não só a biodiversidade, mas também as funções ecossistêmicas, hidrologia, ciclagem de nutrientes e energia. (LAURANCE et al, 2011). A matriz com os usos de solo circundantes também tem um efeito forte na comunidade dos fragmentos. Distintos tipos de uso de solo tem influências significativas na estrutura e composição florística em florestas em regeneração. (DO VALE et al, 2015) Além disso, florestas secundárias tendem a recolonizar pastagens, os movimentos de polinizadores, dispersores de sementes, e outras dinâmicas de recolonização tem uma forte influência da matriz de usos de solo, sendo que plantas e animais são um reflexo da composição da matriz envolvente. (LAURANCE et al, 2011). A chegada de propágulos da floresta primária é fundamental para a sucessão das florestas secundárias. A dispersão de sementes da floresta primária para as florestas em regeneração depende da presença de floresta nos arredores, da fenologia das plantas e da presença de dispersores transitando entre essas áreas. (MASSOCA et al, 2012). A biodiversidade que habita uma floresta secundária depende muito dos atributos do fragmento e também da paisagem onde está inserido. (TABARELLI et al, 2012) A configuração da paisagem tem um efeito importante sobre a recuperação da riqueza de espécies e diversidade. (DUNN, 2004). Quanto maior a área de floresta madura em torno das manchas

de floresta secundária, mais rápido o aumento da riqueza de espécies e diversidade nas florestas secundárias. (LAURANCE et al, 2011; JAKOVAC et al, 2015; PARDINI et al, 2005)

Solos e topografia

As diferentes propriedades do solo são comumente citadas como uma possível explicação para as diversas trajetórias sucessionais (MASSOCA et al, 2012). Além do possível uso do solo, foi evidenciado que a fertilidade natural é muito importante nas diferenças na sucessão na escala inter-regional (MORAN et al, 2000). Muitas mudanças dramáticas podem acontecer nas propriedades do solo depois de queimadas recorrentes na região. A perda de estrutura, porosidade e modificações na quantidade de matéria orgânica, teor de nitrogênio e outros nutrientes são situações que podem afetar a ciclagem de nutrientes e subsequentemente a trajetória de sucessão (GUARIGUATA; OSTERTAG, 2001). Quando a vegetação é removida, ocorrem mudanças na temperatura e umidade, dando lugar a um espaço com muita luz, calor com um microclima mais seco que a média (LU; MORAN; MAUSEL, 2002).

Variáveis espaciais e ambientais podem influenciar na dinâmica da vegetação de muitas maneiras. Declividade e altitude afetam a temperatura do ar, umidade e disponibilidade de luz, e conseqüentemente influenciar a sobrevivência das espécies, e assim a composição da comunidade (ARAGÓN; MORALES, 2003). Na Amazônia central, a sobrevivência de sementes foi maior quando as mesmas estavam localizadas em "fundos" topográficos, em comparação a outras em pendentes e topos, possivelmente por uma maior disponibilidade de nutrientes e umidade no solo (BENTOS; NASCIMENTO; WILLIAMSON, 2013).

Uso da terra e manejo histórico

O uso agrícola prévio do fragmento pode influenciar na trajetória de sucessão. Além de efeitos diretos no solo do fragmento, o uso da terra e manejo agrícola podem influenciar na comunidade da floresta secundária futura. Os trabalhos pioneiros de Uhl (1987) mostraram, por exemplo, que a regeneração da floresta é mais impactada após o abandono de pastagens, que sofrem repetidas queimadas e remoção das plantas regenerantes, quando comparada às roças de corte-e-queima. Florestas secundárias com históricos de cinco ou mais queimadas sofreram em média uma redução de 50% no acúmulo de carbono e o sobre-pastoreio pode resultar em um efeito de atraso na recuperação vegetação (ZARIN et al, 2005).

O número de anos de cultivo e o número de ciclos de cultivo afetam o processo de recuperação das florestas secundárias. Os estudos de Jakovac et al. (2015), para o Estado do

Amazonas, demonstraram que parâmetros estruturais, tais como a área basal e a altura do dossel foram menores em sítios com uso mais intensivo (muitos ciclos agrícolas e reduzidos períodos de pousio) em comparação àqueles com uso da terra moderado. Parâmetros como cobertura, riqueza, porcentagem de espécies florestais e biomassa apresentaram valores maiores em parcelas cultivadas por três anos em comparação àquelas cultivadas continuamente durante seis anos (TEEGALAPALLI; GOPI; PRASANNA, 2009).

Florestas secundárias a partir de áreas agrícolas são regeneradas quando a disponibilidade de sementes não é seriamente interrompida, já áreas convertidas em pastagens, com uso de fogo desenvolveram comunidades simples dominadas por um gênero. (MESQUITA; MASSOCA; BENTOS, 2015) Uma diferença na composição das espécies dominantes foi constatada na Amazônia central, enquanto indivíduos do gênero *Vismia* dominavam as comunidades em áreas de antigas pastagens, plantas do gênero *Cecropia* predominavam nas áreas abandonadas logo após o sistema de corte-e-queima? (MASSOCA et al, 2012). Em um estudo amplo na região das florestas tropicais de Ásia e América, Lawrence et al. (2010) evidenciaram uma diminuição de mais de 9% em acumulação de biomassa por cada ciclo agrícola.

A intensificação de uso do solo modifica a paisagem incrementando a área coberta por vegetação secundária. As práticas recorrentes do sistema de corte e queima pelas comunidades tradicionais familiares podem afetar a sucessão secundária com mudanças nas propriedades do solo, banco de sementes e rebrotas. Efeitos como diminuição na acumulação de biomassa, modificações na composição de espécies com uma maior dominância de plantas invasoras foram relacionados com a intensificação no uso e redução do tempo dos ciclos agrícolas. (JAKOVAC et al, 2015).

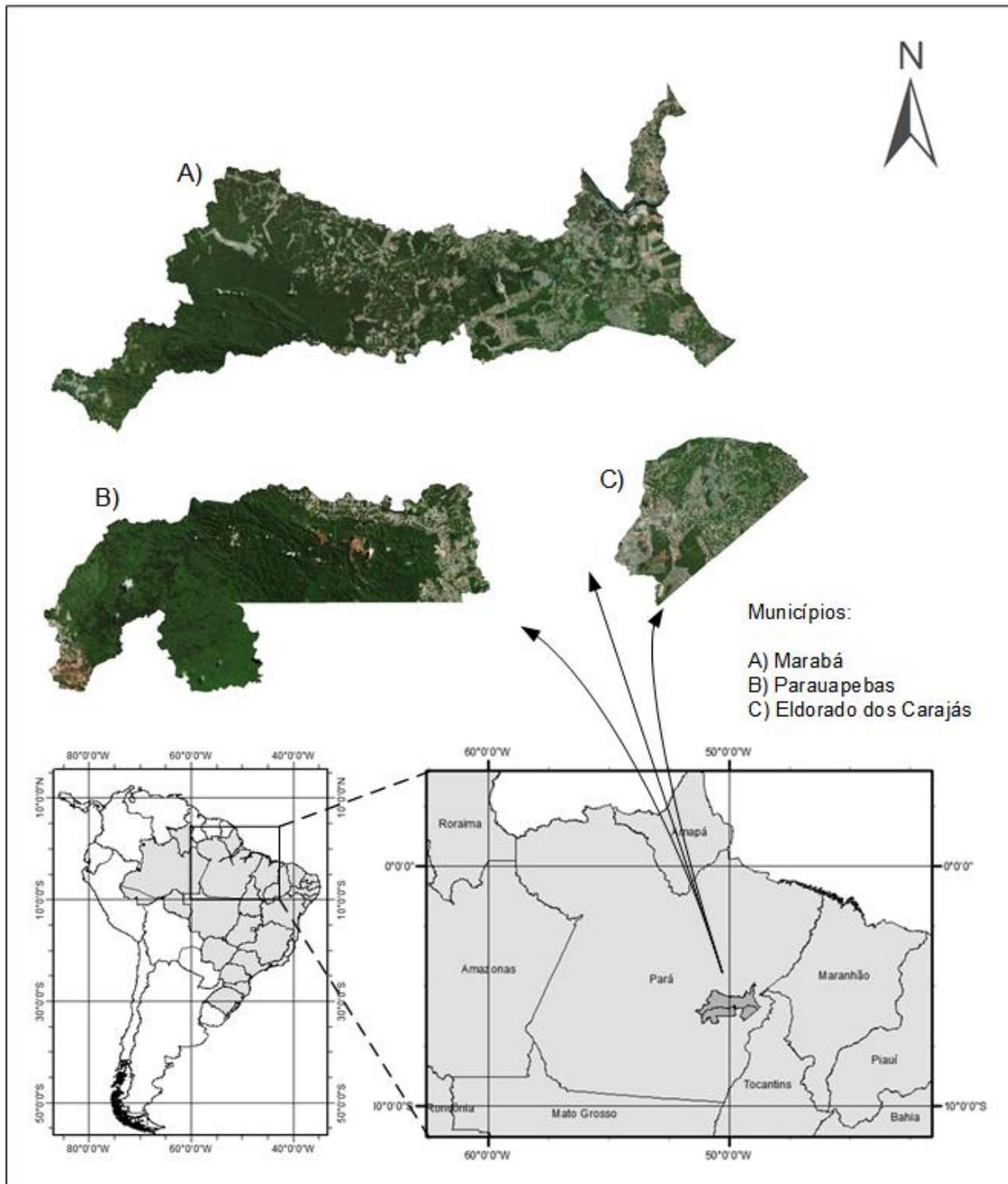
4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

O estudo foi localizado na região norte do Brasil, no estado do Pará, especificamente na mesorregião do Sudeste Paraense. Foram selecionados os municípios de Marabá, Parauapebas e Eldorado dos Carajás. Estes municípios foram selecionados por estarem localizados no arco do desmatamento, representarem distintos graus de intervenção de uso da terra e por terem relativamente pouca amostragem registrada de florestas secundárias. Os municípios abrangem muitos assentamentos familiares da reforma agrária que apresentam grande cobertura de florestas secundárias pelo abandono de pastagens ou pela rotação do sistema de corte e queima. Os três municípios diferem no grau de cobertura da terra (Figura 1); o município de Parauapebas apresenta grande área contínua de floresta primária (80,52 % da área de floresta), o município de Eldorado dos Carajás possui cobertura florestal muito baixa (7,85 %) e o município de Marabá tem uma situação intermediária (44,58 %) (INPE apud GOVERNO DO PARÁ, 2015).

No território de estudo, encontra-se a Região de Integração de Carajás, uma série de municípios com história e território em comum. Uma das características marcantes da Região de Integração Carajás é sua dinâmica socioeconômica e espacial condicionada aos processos oriundos da exploração mineral. Em decorrência disto, a região é afetada por intensos processos migratórios. A região possui a segunda maior participação no PIB do Estado do Pará (atrás apenas da Região Metropolitana), correspondendo a 17,54% (IDESP, 2013).

Figura 1- Mapa da localização do Estado do Pará e dos municípios de estudo selecionados com os diferentes graus de cobertura florestal (A-C) : Marabá, Parauapebas e Eldorado dos Carajás



Fonte: Elaborado pelo autor

Marabá

Ocupando uma área de 15.092,268 km², a topografia apresenta uma ampla variação de altitude, com as cotas máximas por volta de 700 metros, nas proximidades da Serra dos Carajás, onde ainda se destacam as Serras do Cinzento e de Redenção, além de outras serras de valores altimétricos menores, localizados às margens do rio Tocantins, a Noroeste da sede municipal. Suas formas de relevo estão englobadas pela unidade morfoestrutural denominada de Depressão Periférica do Sul do Pará, onde dominam os planaltos amazônicos rebaixados e dissecados, e das áreas colinosas, com áreas montanhosas mais ao Sul. A principal característica hidrográfico é a bacia do rio Itacaiunas, afluente pela margem esquerda do rio Tocantins, em cuja foz encontra-se a sede municipal. Predominam os solos Podzólico Vermelho-Amarelo, textura argilosa, Podzólico Vermelho-Amarelo, textura argilosa Plínica e Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico textura média e textura argilosa. Na classificação de Köppen, este Município se encontra na faixa de transição de Aw para Am. (clima tropical com estação seca a clima tropical monçônico) (IDESP, 2014).

O povoamento da região de Marabá se deu nos fins do século XIX, com a chegada de imigrantes goianos e maranhenses. O desenvolvimento do município durante um grande período foi dado pelo extrativismo vegetal e particularmente de caucho (*Castilla ulei*). O comerciante maranhense Francisco Coelho teria sido um dos primeiros a estabelecer-se no local, ele teria instalado no local uma casa comercial, “Casa Marabá” que depois daria o nome ao município. A denominação do Município é atribuída a Francisco Coelho da Silva. Segundo Teodoro Sampaio Marabá é um termo tupi significa “filho de francês com mulher índia” (IDESP, 2014).

Na década de 1970, com a abertura da PA-70 (atualmente um trecho da BR-222), Marabá é ligada à Rodovia Belém-Brasília. Além disso, o plano de colonização agrícola oficial, a instalação de canteiros de obras, especialmente a construção da Hidrelétrica de Tucuruí, a implantação do projeto ferro Carajás e a descoberta da mina de ouro da Serra Pelada, aceleraram e dinamizaram as migrações para Marabá nas décadas de 1970 e 1980. Já na década de 1980 entra em funcionamento a Estrada de Ferro Carajás, e em 1988 dá início aos preparativos para a instalação de indústrias siderúrgicas além de numerosas iniciativas agrícolas e pecuárias. (IBGE, 2015). Na década de 1990, o município tem uma explosão demográfica muito grande que é comum na região (ligada à mineração), além de ocorrer um acirramento dos conflitos sociais no meio rural.

No território de Marabá, existem dezenas de assentamentos agrícolas. A pecuária com base na criação de gado bovino e a agricultura são atividades de grande importância para o município. Entre os principais produtos de agricultura anual estão o arroz, feijão, milho, mandioca; já a agricultura perene apresenta produtos como banana, cacau, café e coco-da-baia. O extrativismo está caracterizado pela coleta de castanha (IBGE, 2015).

Parauapebas

Com uma área de 6.886,208 km², o município apresenta uma topografia com grande variação dos seus níveis altimétricos, onde se destacam os maiores valores verificados nas Serras dos Carajás, Arqueada, do Buriti ou do Rabo, oscilando entre os 800 a 900 metros e as cotas mais baixas entre 200 a 210 metros. Geograficamente é marcado por um relevo acidentado, com predominância de serras. Possui as principais elevações que formam a Serra dos Carajás, um conjunto de montanhas onde estão as reservas minerais. A principal bacia hidrográfica do município é a do rio Itacaiunas, que nasce a sudoeste do território, na Serra da Seringa, e atravessa áreas serranas que incluem a Serra dos Carajás, limitando em parte com o município de Marabá. Os solos predominantes estão agrupados em associações, sendo o Podzólico Vermelho Amarelo, textura argilosa e Podzólico Vermelho-Amarelo equivalente Eutrófico, textura argilosa, relevo suave ondulado. Solos Litólicos Distróficos, textura indiscriminada, relevo forte ondulado; solo Litólico, textura indiscriminada; e Terra Roxa Estrutura distrófica, textura argilosa, relevo forte ondulado e afloramento rochoso, relevo montanhoso e escarpado com áreas de aplainamento. O clima de Parauapebas insere-se na categoria de equatorial superúmido, tipo Am (clima tropical monçônico), na classificação de Köppen, no limite de transição para o Aw (clima tropical com estação seca) (IDESP, 2014).

Na região do vale do rio Parauapebas, deu lugar à construção de um núcleo urbano para abrigar os trabalhadores das empreiteiras que dariam apoio ao Programa Grande Carajás e suas famílias, bem como às subsidiárias da Companhia Vale do Rio Doce, além de servir de ponto de apoio às pessoas que chegavam para ajudar na instalação de outros empreendimentos e serviços. Em 1988, a vila de Parauapebas tornou-se município, desmembrando sua área territorial do município de Marabá, através da Lei nº 5.443, de 10 de maio. A vila de Parauapebas passou à categoria de cidade pela lei de criação do Município e integra a comarca judiciária de Marabá (IBGE, 2015).

Na jazida de minério de Parauapebas está localizada a maior província mineral do mundo, Carajás, com acesso pela Rodovia PA 275. A atividade mineradora de ferro, ouro e

manganês é a mais forte da economia do município, promovendo uma grande execução de projetos e obras de estruturação, além de uma atividade migratória intensa. Fica localizada em seu território a área indígena Catete, com 4.391.50 km², assim como a Área de Proteção Ambiental, do Igarapé Gelado, criado pelo Governo Federal em 1989, com 21.600 ha (216 km²). Embora a vocação de minério do município é clara, também existe produção agrícola anual com produtos como mandioca, melancia, milho, tomate; agricultura perene como banana, mamão, coco-de-baia, café e cacau; e pecuária bovina. (IBGE, 2015).

Eldorado dos Carajás

O município apresenta uma área de 2.956,734 km², a topografia do Município apresenta níveis altimétricos variados, originado de um relevo colinoso existente na área, com seus níveis oscilando entre 100 e 430 metros. O relevo é representado por superfícies pediplanadas em rochas Pré-Cambrianas, recobertas por depósitos superficiais, áreas dissecadas em colinas e ravinas que constituem a maior porção da área, alguns cristais e eventuais serras. Destacam-se os médios cursos dos rios Vermelho e Sororó, considerados afluentes do rio Itacaiunas, pela margem direita, no qual deságuam já em terras do município de Marabá. Os solos predominantes no Município são: Podzólico Vermelho-Amarelo, Litóficos, Cambissolo e Latossolo Vermelho-Amarelo. O Município apresenta o clima do tipo Am (clima tropical monçônico), segundo a classificação de Köpper, na transição para o tipo Aw (clima tropical com estação seca). Possui temperatura média anual de 26,3° C, apresentando a (IDESP, 2014)

O município de Eldorado do Carajás originou-se de um loteamento particular, implantado dentro das terras do município de Curionópolis pelo senhor Geraldo Mendonça, proprietário da fazenda Abaeté, o qual, também, emprestou-lhe o nome. Outras pessoas chegaram ao local atraídas pela implantação do Projeto Ferro Carajás e, posteriormente, pelo advento do garimpo de Serra Pelada. Um somatório desses fatores contribuiu para que o território se transformasse numa das localidades mais importantes do município de Curionópolis, passando a ser conhecida já com o nome de Eldorado do Carajás. Conforme novos colonos chegavam, a importância da localidade de Eldorado do Carajás crescia. Em 1991, foi criado o município de Eldorado do Carajás, com área desmembrada do município de Curionópolis. (IBGE, 2015)

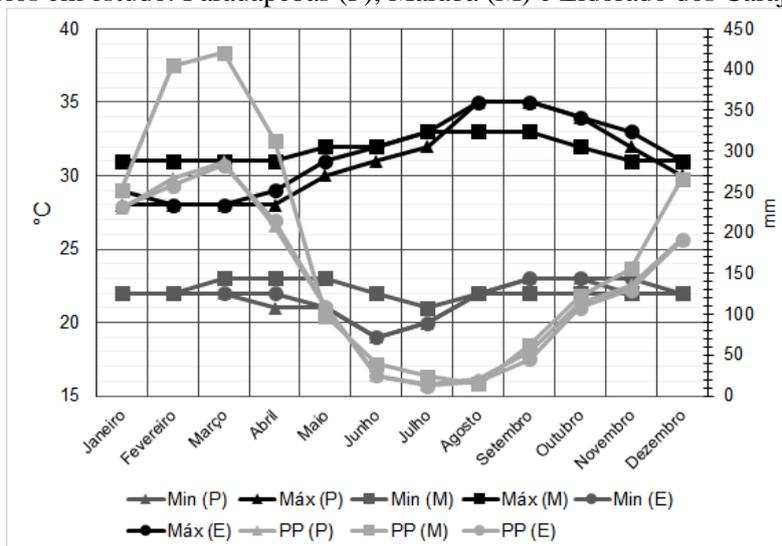
A ocupação recente de Eldorado dos Carajás por populações oriundas de várias regiões do país, gerou uma grande heterogeneidade na sua composição. No município encontram-se vários assentamentos agrícolas; entre os principais produtos de agricultura anual está a

mandioca, o milho e o arroz, as lavouras permanentes produzem banana, cacau e a pecuária bovina também é presente (IBGE, 2015)

Clima da região

O clima da região dos municípios é uma transição de Aw para Am, (clima tropical com estação seca a clima tropical com ventos sazonais). Os dados apresentados mostram a distribuição das chuvas e da temperatura ao longo do ano (Figura 2). As médias climatológicas são valores calculados a partir de uma série de dados de 30 anos observados. Embora as condições climáticas possam parecer semelhantes pela proximidade entre os municípios, cada um deles apresenta particularidades (Tabela 1).

Figura 2- Médias climáticas de temperatura máxima (Max), temperatura mínima (Min) e precipitação (PP) dos municípios em estudo: Parauapebas (P), Marabá (M) e Eldorado dos Carajás (E).



Fonte: (CLIMATEMPO, 2015)

Um fato marcante é que o município de Marabá apresenta maior precipitação total quando comparado aos demais municípios. O município de Marabá tem uma precipitação acumulada anual de 2175 mm, enquanto o município de Parauapebas apresentou uma precipitação acumulada anual de 1656 mm, similar ao valor do município de Eldorado dos Carajás que é de 1627 mm (INMET, 2015) Os valores das médias de temperatura mínima e máxima são de 22.2 e 31.75 °C para Marabá, 21.6 e 30.9 °C, para Parauapebas; e 19 e 35 °C para Eldorado dos Carajás. A diferença de Parauapebas (menos chuvoso e quente) muito provavelmente se deve à presença da Serra dos Carajás. Um resumo dos principais dados dos municípios de estudo está na Tabela 1.

Tabela 1- Resumo dos principais dados dos municípios em estudo.

Município	Marabá	Parauapebas	Eldorado dos Carajás
População* (hab)	262.085	189.921	32.664
Área (km ²)	15.128,061	6.886,208	2.956,734
Densidade (hab/km ²)	15,45	22,35	10,75
Temp. Max (°C)	31,75	30,9	35
Temp. Min (°C)	22,2	21,6	19
Precipitação anual (mm)	2175	1656	1627
Remanescente de Floresta primaria (%)	44,58	80,52	7,85

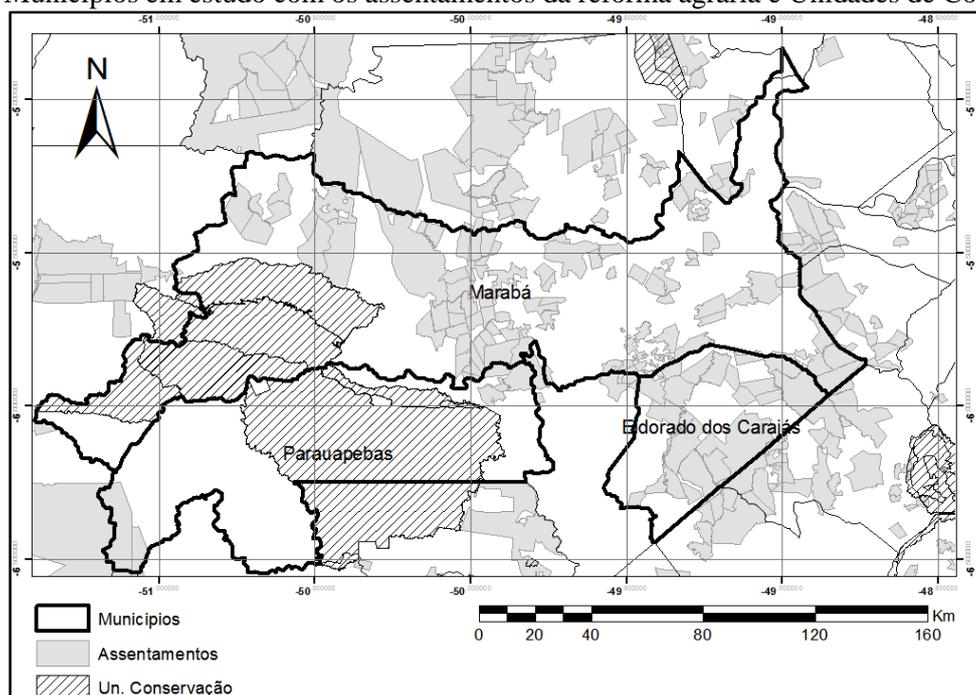
* Ano 2015

Fonte: IBGE (2015), Climatempo, INPE apud GOVERNO DO PARÁ, (2015)

Estes municípios sofreram interferências antrópicas contínuas. Com uma forte influência da mineração, a região também se destaca pelas atividades agropecuárias. A região conta com grande número de assentamentos rurais da reforma agrária pelo INCRA (mais de 500 assentamentos), além de Unidades de Conservação (Fig. 3). Estes assentamentos e diversas atividades (pecuária e agricultura) geram um mosaico diverso de usos de solo, sendo que as áreas de pousio e áreas em regeneração - seja a partir de pastagem ou outras culturas agrícolas-constituem uma ampla variedade de florestas secundárias em sucessão.

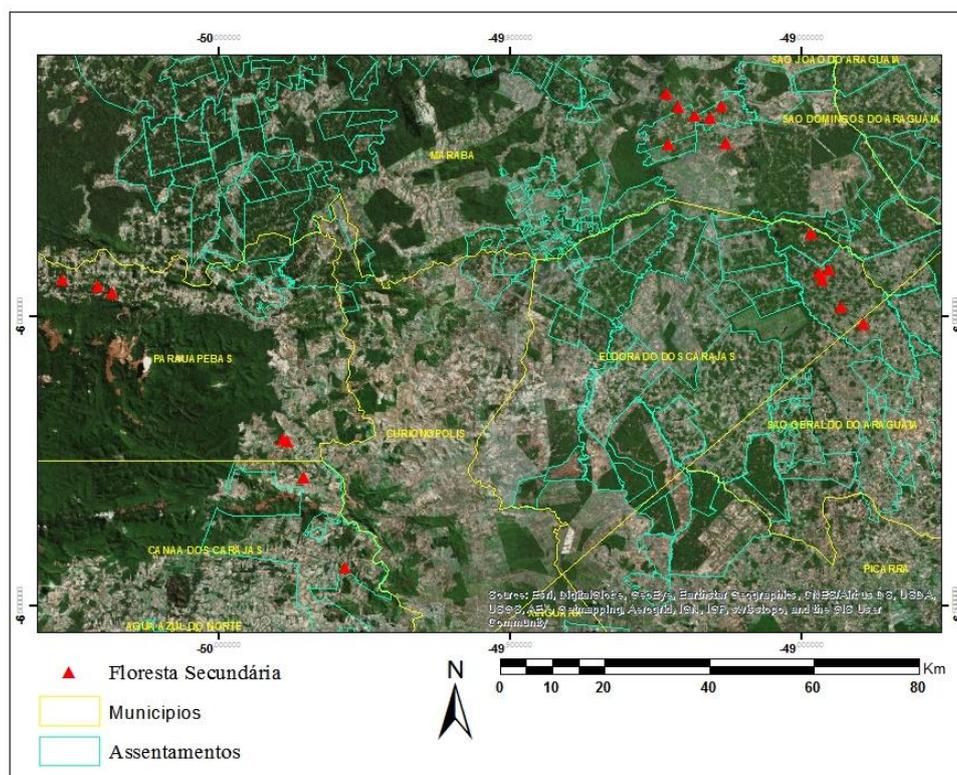
Nos três municípios de estudo, foram selecionados 20 sítios de florestas secundárias, com idade variando entre 5 e 20 anos. Os critérios principais de escolha foram abranger uma ampla distribuição de idade e conter uma proporção variada de floresta nos fragmentos. As florestas secundárias selecionadas para o estudo estão distribuídas em diferentes assentamentos rurais, resultantes de atividades de agricultura de corte e queima e pastagens. Em Marabá, foram realizados os estudos nos assentamentos de Piquiá, Lagedo e Cedrinho; em Parauapebas o assentamento PA Carajas II e III; e finalmente no município de Eldorado dos Carajás, os assentamentos de Alto Bonito do Axixá e PA Gameleira (Figura 4).

Figura 3. Municípios em estudo com os assentamentos da reforma agrária e Unidades de Conservação.



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 4. Mapa geral das florestas secundárias em estudo com limites municipais e assentamentos na área



Fonte: Elaborado pelo autor

Uma lista com as principais informações das florestas secundárias em estudo é apresentada no apêndice B.

4.2 Coleta de dados

Com as florestas secundárias devidamente selecionadas, procedeu-se à coleta de dados em campo. Foram coletados dois tipos de informação: i) Os dados florísticos que incluíram avaliações relativas à estrutura da vegetação e diversidade de espécies arbóreas dos fragmentos florestais e ii) entrevistas com os proprietários da terra para obter dados de uso e manejo da terra nos sítios selecionados.

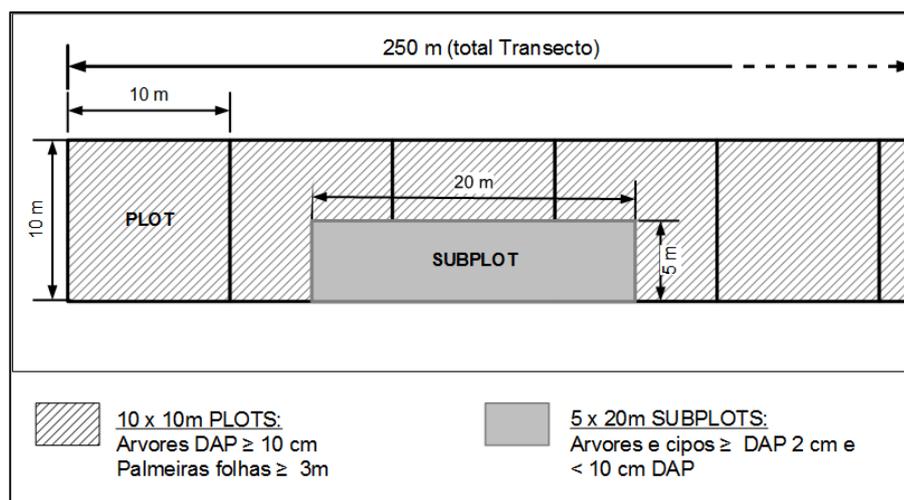
4.2.1 Dados florísticos

Para o estudo foram analisados dados como densidade de plantas, área basal, altura, número de fustes e diversidade de espécies (Riqueza e índices de Shannon e Simpson). A coleta de dados em campo então incluiu uma medida de circunferência à altura do peito (CAP, depois convertida a DAP), a estimativa da altura (no caso dos indivíduos $>10\text{cm}$ DAP), e a identificação taxonômica da espécie. Com o fragmento selecionado, delimitou-se um transecto de 250×10 m (0,25ha), subdividindo-o em 25 "plots" de $10 \times 10\text{m}$; delimitando também 5 "subplots" de $5 \times 20\text{m}$ no mesmo espaço (Figura 5). O transecto foi localizado no centro do fragmento, a pelo menos 250m das bordas; em alguns casos, o transecto foi feito em forma de "L" ou "T" devido a um tamanho reduzido do fragmento, o que não permitia acomodar o transecto em seu interior, mas sempre respeitando a área total de 0,25ha. Nesse transecto foram amostrados os indivíduos maiores, (DAP) $\geq 10\text{cm}$ (Daqui em diante **DAP $\geq 10\text{cm}$**), nos "plots". Os indivíduos menores (DAP) $< 10\text{cm}$ e $\geq 2\text{cm}$, (Daqui em diante **DAP $< 10\text{cm}$**) nos "subplots". Dessa forma, em cada transecto, foram amostrados 25 "plots" de e 5 "subplots". A amostragem de palmeiras foi feita nos "plots" junto com os indivíduos **DAP $\geq 10\text{cm}$** e os cipós em ambos casos ("plots e subplots"). A metodologia de amostragem e mensuração foi feita seguindo a metodologia utilizada pela Rede Amazônia Sustentável, disponível no material eletrônico suplementar em (GARDNER et al, 2013)

Com as "plots e subplots" delimitadas, procedeu-se a mensuração das variáveis estruturais de cada planta no interior da parcela e a sua identificação taxonômica em nível de espécie. O pessoal de campo incluiu dois técnicos parobotânicos (para a identificação de espécies e medidas das plantas), um assistente para registrar os dados nas planilhas e assistentes

ocasionais que colaboraram quando necessário. Os dados coletados foram registrados em planilhas físicas e depois digitalizadas.

Figura 5. Desenho amostral empregado no estudo em fragmentos de floresta secundária na região de Marabá, Parauapebas e Eldorado de Carajás, Pará. Nos transectos de 250 x 10m foram mensurados e identificados os indivíduos $DAP_{\geq 10cm}$ e nos “subplots” de 20 x 5m os indivíduos $DAP_{<10cm}$



Fonte: Elaborado pelo autor

4.2.2 Dados da paisagem e variáveis naturais

Para a obtenção de dados das variáveis da paisagem, foi realizada uma análise com ferramentas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG). A partir do trabalho de campo foram georeferenciados os pontos inicial, médio e final de cada fragmento das florestas secundárias em estudo. Com esta informação, foi identificada a localização exata de cada fragmento, permitindo fazer análises distintas e gerar as variáveis de paisagem. A análise da paisagem foi feita para cada fragmento das florestas secundárias estudadas. Todo o trabalho foi realizado com o *software* Arc GIS 10.2 de ESRI.

Os fragmentos selecionados foram identificados com imagens de satélite Landsat (cenas 224/64 e 223/64). A aquisição destas imagens foi mediante o site “Earth Explorer” do serviço geológico de Estados Unidos (U.S. Geological Survey): earthexplorer.usgs.gov/. Foram selecionadas imagens com uma percentagem de nuvens menor que 10%, em intervalos de dois anos e de diferentes satélites Landsat (Landsat 5, 7 e 8).

Foram criados os polígonos correspondentes para cada fragmento de floresta secundária. Em alguns casos, o fragmento estava conectado a grandes áreas em regeneração e

foi considerada uma área maior. Foram calculadas as seguintes variáveis área do fragmento, perímetro do fragmento, relação perímetro/área.

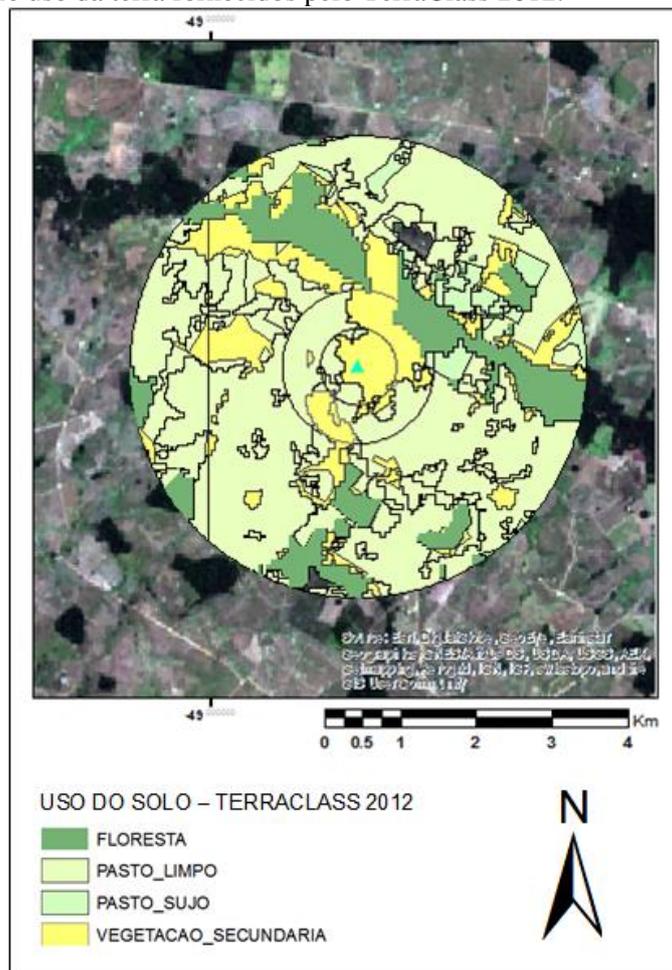
Depois de delimitar cada fragmento, foi calculado o centroide correspondente para cada polígono (fragmento do estudo). A continuação gerou-se os shape files de uso de solo nos raios de 500m, 1 km e 3 km para cada floresta, a partir do centroide previamente determinado (Figura 6). Esta análise foi feita a partir da criação de *buffers* correspondentes de diferentes raios e a intersecção com o *shapefile* dos dados de uso de solo. Já com os shapefiles devidamente delimitados, foram calculadas as áreas de cada uso de solo a partir dos dados geográficos na tabela de atributos.

Para os dados de uso de solo, foi utilizado o projeto TerraClass 2012, disponibilizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - Centro Regional da Amazônia (INPE/CRA), divididos em suas respectivas órbitas-ponto do satélite Landsat (cenas 224/64 e 223/64 no caso). Os usos de solo de interesse para o presente trabalho foram a proporção de floresta total (soma das classes floresta e floresta secundária) e a proporção de floresta primária (só classe floresta). A informação foi considerada em quilômetros quadrados para cada distancia considerada. Também foi determinada a distância até uma floresta primária e a distância até qualquer floresta (primária ou secundária) utilizando o projeto TerraClass (2012).

Finalmente, a declividade e altitude média de cada fragmento foi estimada com os dados do Topodata Project que oferece o Modelo Digital de Elevação (MDE) e suas derivações locais básicas em cobertura nacional, elaborados a partir dos dados SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) disponibilizados pelo USGS (MORRISON, 2005). Esta informação está estruturada em quadrículas compatíveis com a articulação 1:250.000, portanto, em folhas de 1° de latitude por 1,5° de longitude. Foram utilizadas as cenas 05 S51, 05 S495, 06 S51 e 06 S495 para altitude (.zn) e declividade (.sn). Os dados foram obtidos a partir da média do valor (altitude ou declividade) num quadrado de 1 quilometro de lado ao redor do centroide do polígono. (Strech o raster para valores max-min e tratar com ferramentas DataManagement/Raster/RasterDataset/copyraster para 16 bit, para gerar tabela de atributos).

Uma tabela com dados das variáveis da paisagem de cada floresta secundaria em estudo é apresentada no apêndice C.

Figura 6. Análise dos usos de solo nos transectos estudados para três raios determinados (500 m, 1 km e 3 km) em fragmentos de florestas secundárias nos municípios de Marabá, Parauapebas e Eldorado dos Carajás, Pará. Dados de uso da terra fornecidos pelo TerraClass 2012.



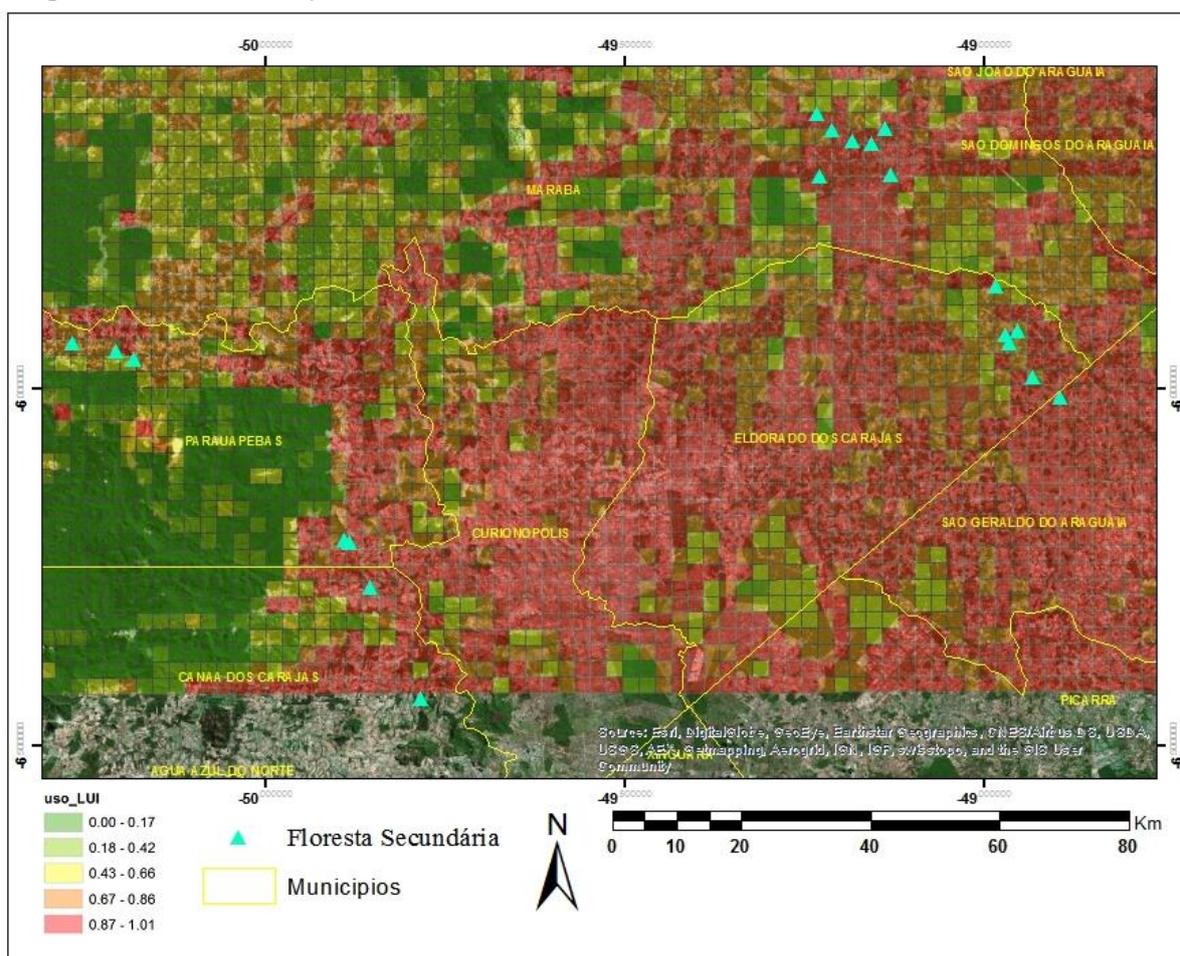
Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.3 Dados do manejo agrícola

Dados sobre o manejo agrícola da terra correspondente ao transecto foram obtidos a partir das seguintes fontes i) entrevistas com o proprietário da terra; ii) análises de séries temporais de imagens Landsat para determinação da idade das florestas secundárias em questão iii) análises de intensidade do uso da terra (LUI, sigla em inglês para *Land Use Intensity*). (FERRAZ; VETTORAZI; THEOBALD, 2009) As entrevistas permitiram, sempre que possível, realizar uma descrição da trajetória de uso e manejo da terra desde o primeiro desmatamento ao presente. A partir das entrevistas, estimou-se a idade e determinar os tipos de uso e manejo, particularmente o número de ciclos agrícolas. Lamentavelmente não foi possível obter todas as informações para todos os casos.

O Índice LUI representa o intervalo de tempo desde o desmatamento até o último ano da série, dado em porcentagem ano, para mensurar o quão intenso é o uso da terra após a conversão da floresta e área agrícola ou pastoril. O índice assume o valor zero quando não tem desmatamento e 100 % ano quando toda a área foi desmatada no primeiro ano da série (BEGOTTI, 2014). Na figura 7, mostra-se um mapa das florestas secundárias em estudo com o LUI para cada caso.

Figura 7. Mapa das florestas secundárias em estudo com os valores de intensidade de uso de solo (LUI, em inglês *Land Use Intensity*)



4.3 Análise estatística de dados

Para avaliar o quanto as diferentes classes de variáveis influenciam as características das florestas secundárias; foi feita uma modelagem das variáveis de estrutura e diversidade desses sistemas como uma função da idade e de variáveis de manejo da terra, da paisagem e das características naturais dos sítios. Ferramentas estatísticas como "Regression Tree Analysis", "Bagging Trees" e "Random Forests" são recomendadas para extrapolar qualquer variável resposta coletada em amostras de campo para compreender quais variáveis preditoras estão afetando a distribuição dos dados (PRASAD; IVERSON; LIAW, 2006).

Foi selecionado o modelo RandomForest TM (BREIMAN, 2001) pela sua performance satisfatória para prever relações complexas e não-lineares. O modelo RandomForest (RF) produz um arranjo de árvores de regressão, onde cada um é submetido a um "bootstrap" dos dados e cada partição na árvore é separada em uma combinação das variáveis preditoras. Os dados que não foram utilizados para a árvore no "bootstrap" é utilizada para validação cruzada. RF calcula o valor de um pseudo r^2 , de $MSE/Var(y)$, onde MSE é o erro quadrado médio das previsões "out of bag". Este valor estima a proporção de variação que pode ser atribuída pelo arranjo do modelo. A importância relativa (RI) de cada variável individual é calculada como a média no incremento em MSE quando a variável foi aleatoriamente permutada (LEAL et al, 2015).

Foram analisados os dados florísticos de cada classe de indivíduos $DAP_{\geq 10cm}$ e $DAP_{< 10cm}$ com todas as variáveis de paisagem, de manejo da terra e naturais (topografia). As análises estatísticas foram realizadas no software R (R CORE TEAM, 2013)

A tabela 2 descreve as variáveis preditoras; e a tabela 3 as variáveis resposta para indivíduos $DAP_{\geq 10cm}$ e $DAP_{< 10cm}$ considerados neste estudo.

Tabela 2- Descrição das variáveis preditoras consideradas na análise de RandomForest

Tipo Variável	Variável	Descrição	Código
Variáveis Paisagem	Área	Área em km ² do fragmento da floresta secundária em estudo	area
	Perímetro	Perímetro em km do fragmento da floresta secundária em estudo	perim
	Perímetro/Área	Relação do perímetro e a área, típica métrica de paisagem.	perim_area
	Cobertura de floresta total em 500 m	Cobertura em km ² da floresta total (primária e secundária) num raio de 500 m em base a dados do TerraClass 2012	cob_flo_tot_500
	Cobertura de floresta primaria 500 m	Cobertura em km ² de floresta primaria num raio de 500 m em base a dados do TerraClass 2012	cob_flo_pri_500
	Cobertura de floresta total em 1 km	Cobertura em km ² da floresta total (primária e secundária) num raio de 1 km em base a dados do TerraClass 2012	cob_flo_tot_1km
	Cobertura de floresta primaria em 1 km	Cobertura em km ² de floresta primaria num raio de 1 km em base a dados do TerraClass 2012	cob_flo_pri_1km
	Cobertura de floresta total em 3km	Cobertura em km ² da floresta total (primária e secundária) num raio de 3 km em base a dados do TerraClass 2012	cob_flo_tot_3km
	Cobertura de floresta primaria em 3km	Cobertura em km ² de floresta primaria num raio de 3 km em base a dados do TerraClass 2012	cob_flo_pri_3km
	Distância total à floresta primaria	Distância mínima [km] do fragmento a uma floresta primaria em base a dados do TerraClass 2012	dist_flo_pri
	Distância total à floresta total	Distância mínima [km] o fragmento a uma floresta primaria ou secundária em base da dados do TerraClass 2012	dist_flo_tot
Variáveis Naturais	Altitude	Media da altitude [m] do fragmento em base a dados do projeto TOPODATA INPE	altitude
	Declividade	Media da declividade [%] do fragmento em base a dados do projeto TOPODATA INPE	declividade
Município	Município	Variável categórica, é o município no qual esta localizado cada fragmento.	município
Idade	Idade	Número de anos desde o último uso ou desmatamento.	idade
Variáveis de Uso	LUI (Land. Use Intensity)	Índice de Intensidade no Uso de solo.	lui
	Número de ciclos	Número de ciclos agrícolas que aconteceram no fragmento.	ciclos

Fonte: Elaborado pelo autor

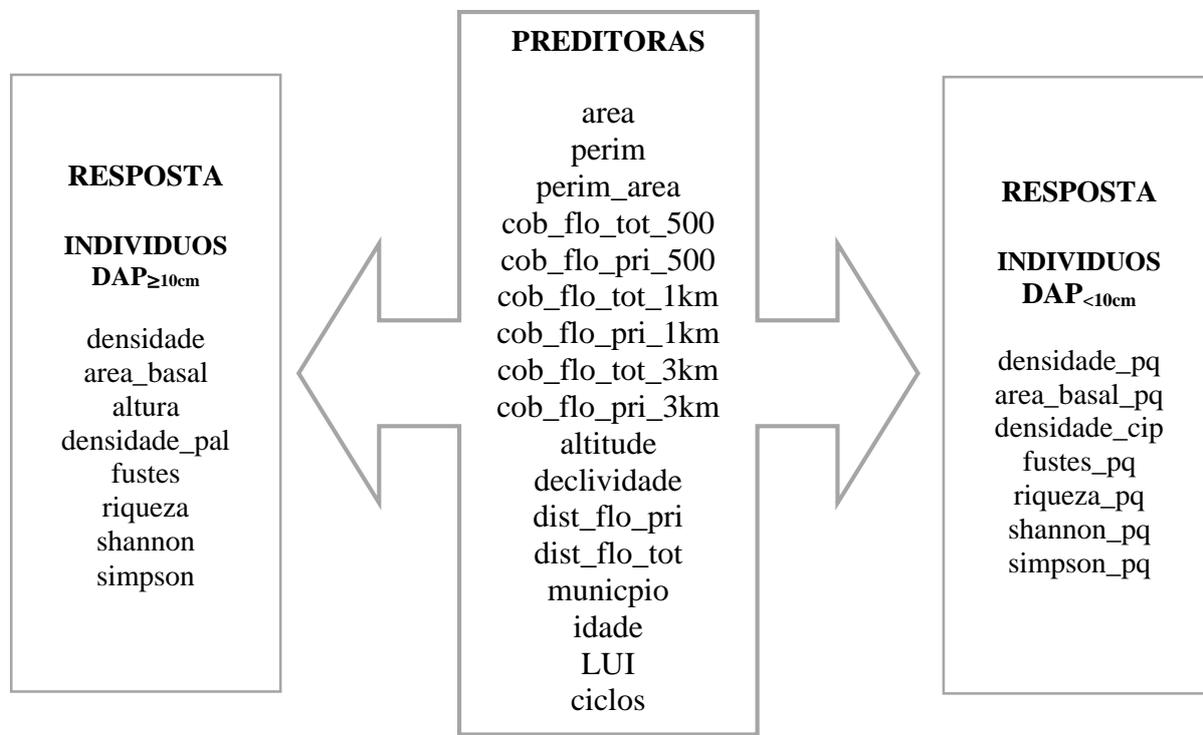
Tabela 3. Descrição das variáveis resposta consideradas na análise de RandomForest

Tipo Variável	Variável	Descrição	Código
Variáveis de Estrutura	Densidade	Densidade de indivíduos de $DAP_{\geq 10cm}$ em 100 m ²	densidade
	Área basal	Área Basal m ² /100m ²] de indivíduos de $DAP_{\geq 10cm}$	area_basal
	Altura	Altura média [m] de indivíduos de $DAP_{\geq 10cm}$	altura
	Densidade de Palmeiras	Densidade de indivíduos de palmeiras em 100 m ²	densidade_pal
	Número de Fustes	Media do número de fustes de cada indivíduo de indivíduos de $DAP_{\geq 10cm}$	fustes
Variáveis de Diversidade	Riqueza	Número total de espécies de indivíduos de $DAP_{\geq 10cm}$	riqueza
	Ind. de div. de Shannon	Índice de diversidade de Shannon de indivíduos de $DAP_{\geq 10cm}$	shannon
	Ind. de div, de Simpson	Ind. de div, de Simpson de indivíduos de $DAP_{\geq 10cm}$	simpson
Variáveis de Estrutura	Densidade plantas $DAP_{<10cm}$	Densidade de indivíduos de $DAP_{<10cm}$ em 100 m ²	densidade_pq
	Area Basal plantas $DAP_{<10cm}$	Area Basal m ² /100m ²] de indivíduos de $DAP_{<10cm}$	area_basal_pq
	Densidade de Cipós	Densidade de indivíduos de cipos em 100 m ²	densidade_cip
	Numero de Fustes $DAP_{<10cm}$	Media do número de fustes de cada individuo de indivíduos de $DAP_{<10cm}$	fustes_pq
Variáveis de Diversidade	Riqueza plantas $DAP_{<10cm}$	Numero total de espécies de indivíduos de $DAP_{<10cm}$	riqueza_pq
	Ind. de div, de Shannon plantas $DAP_{<10cm}$	Indice de diversidade de Shannon de indivíduos de $DAP_{<10cm}$	shannon_pq
	Ind. de div, de Simpson plantas $DAP_{<10cm}$	Ind. de div, de Simpson de indivíduos de $DAP_{<10cm}$	simpson_pq

Fonte: Elaborado pelo autor

Cada variável resposta foi analisada com todas as variáveis preditoras, considerando 10.000 árvores em cada análise para um resultado mais confiável. Depois de uma primeira etapa, foram excluídas variáveis com resultados negativos, fazendo a segunda e última análise somente com variáveis que deram valores positivos. A figura 8 mostra todas as variáveis preditoras e de resposta que foram analisadas.

Figura 8- Resumo das variáveis preditoras e resposta no modelo RandomForest aplicado para determinar a importância relativa de diferentes fatores sobre a estrutura e diversidade de espécies em florestas secundárias no Sudeste do Pará, municípios de Marabá, Parauapebas e Eldorado de Carajás. A descrição de cada variável encontra-se na Tabela 2.



Fonte: Elaborado pelo autor.

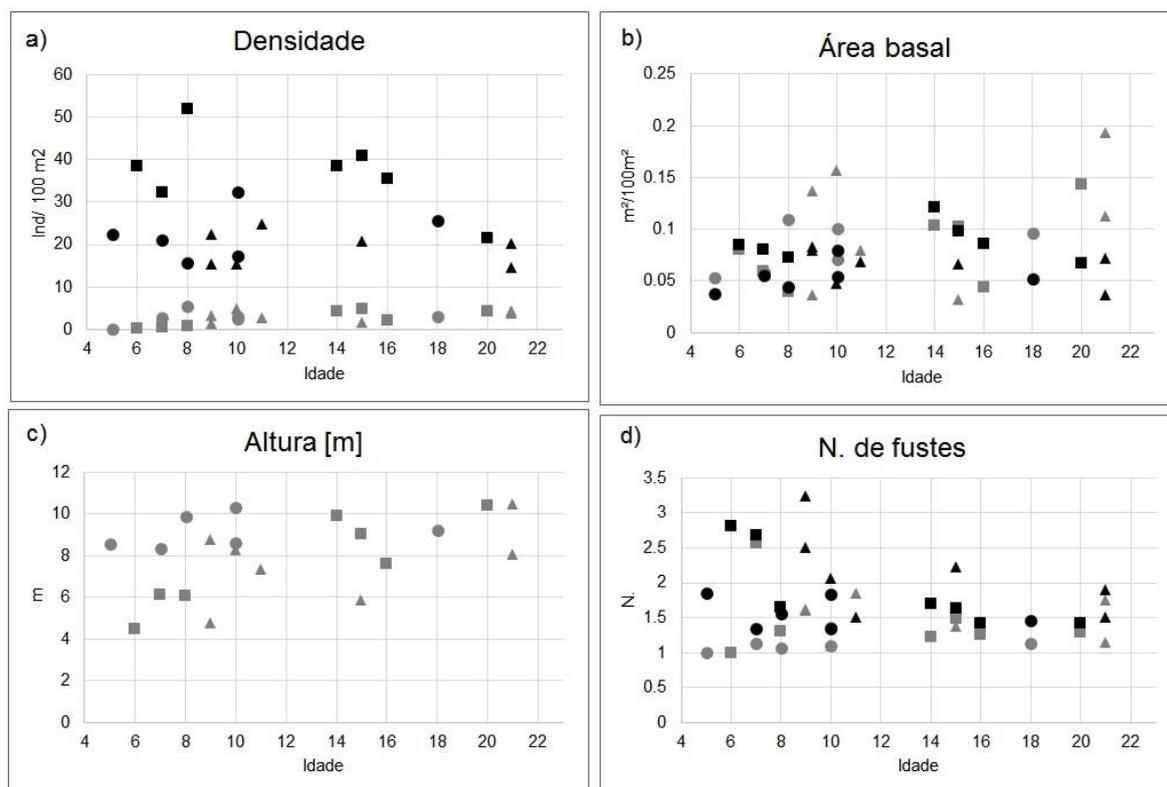
Uma tabela com as variáveis resposta de cada floresta secundária em estudo é apresentada no apêndice E.

5. RESULTADOS

5.1 Variação na estrutura e diversidade de plantas ao longo do gradiente de idade

Uma primeira análise dos dados florísticos permite perceber as diferenças entre vários parâmetros estruturais e de diversidade das florestas secundárias em estudo ao longo do gradiente de idade (5 a 20 anos). A descrição estatística básica dos dados permitiu uma primeira avaliação da pergunta da pesquisa se a idade é o principal fator determinante da estrutura e diversidade de espécies das florestas secundárias. A variação dos dados demonstrada para os diferentes parâmetros estruturais e de diversidade, ao longo da idade, demonstra uma grande variação na sucessão das 20 áreas das florestas secundárias estudadas, indicando claramente, que parâmetros como altura e área basal não cresceram de forma consistente ao longo da idade (Figura 9).

Figura 9. Variação dos parâmetros estruturais ao longo do gradiente de idade para as florestas secundárias nos três municípios em estudo. Preto: indivíduos $DAP_{<10\text{cm}}$; cinza: indivíduos $DAP_{\geq 10\text{cm}}$.



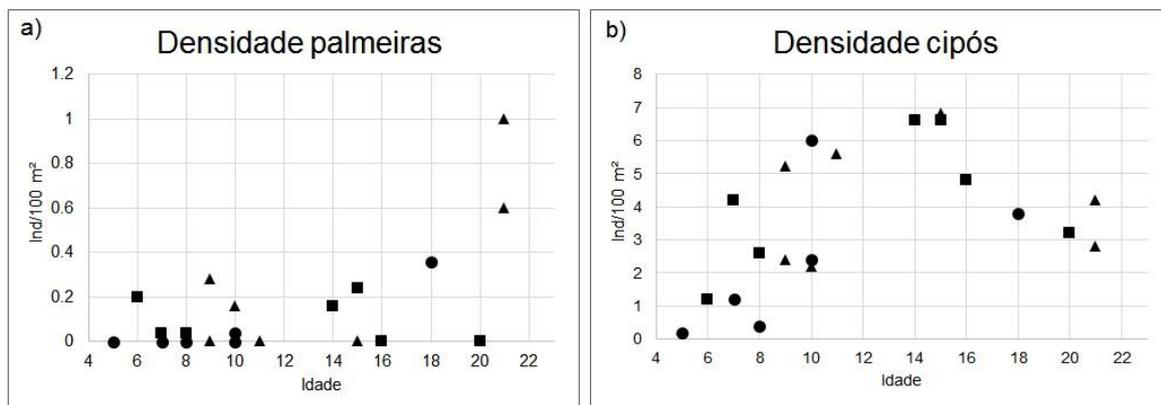
Município: (●) = Eldorado dos Carajás; (■) = Marabá; (▲) = Parauapebas

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nos parâmetros estruturais foi encontrada muita variabilidade ao longo do gradiente de idade e com aparentemente variação entre municípios (Fig. 9). Embora algumas variáveis tenham um aparente acréscimo ao longo do tempo, como a altura, não há um padrão claro de variação com a idade para todas as variáveis estudadas. A **densidade** de indivíduos $DAP_{<10cm}$ foi muito variável ao longo do gradiente de idade, sendo que Marabá registrou valores mais altos de densidade de plantas $DAP_{<10cm}$ (a maior densidade ocorreu em uma floresta de 8 anos), enquanto Parauapebas tendeu a apresentar os menores valores de densidade. Na **área basal**, a despeito da grande variação ao longo do gradiente, se observa uma tendência geral, nas florestas acima de 15 anos, de acréscimo da área basal nos indivíduos $DAP_{\geq 10cm}$ e redução nos indivíduos $DAP_{<10cm}$. O menor valor de área basal foi observado em uma floresta de 15 anos em Parauapebas. Nota-se também uma forte variabilidade entre municípios e também dentro de cada município, a exemplo de duas florestas de 9 anos de idade com área basal bem distinta entre os mesmos. A área basal dos indivíduos $DAP_{<10cm}$ parece ser maior em Marabá em comparação com os demais municípios. A **altura** (das indivíduos $DAP_{\geq 10cm}$) apresentou também uma fraca tendência de incremento ao longo do gradiente de idade, mas com a mesma variabilidade nos municípios e até dentro de cada município. Em alguns casos, florestas com cerca de 8 anos apresentaram valores similares de altura às florestas acima de 15 anos. O **número de fustes**, embora também altamente variável ao longo da idade e entre municípios, apresentou uma tendência a diminuir em florestas com mais de 10 anos.

Para a **densidade de palmeiras**, não apareceu nenhum padrão, embora notou-se que as maiores densidades de palmeiras ocorreram em florestas secundárias intermediárias (>18 anos) em Parauapebas. No caso da **densidade de cipós**, houve uma tendência de acréscimo da densidade até 15 anos, sendo que, a partir dessa idade, a densidade desse grupo de plantas diminuiu consistentemente (Fig. 10).

Figura 10. Densidade de palmeiras e cipós nas diferentes idades e municípios das florestas secundárias em estudo.

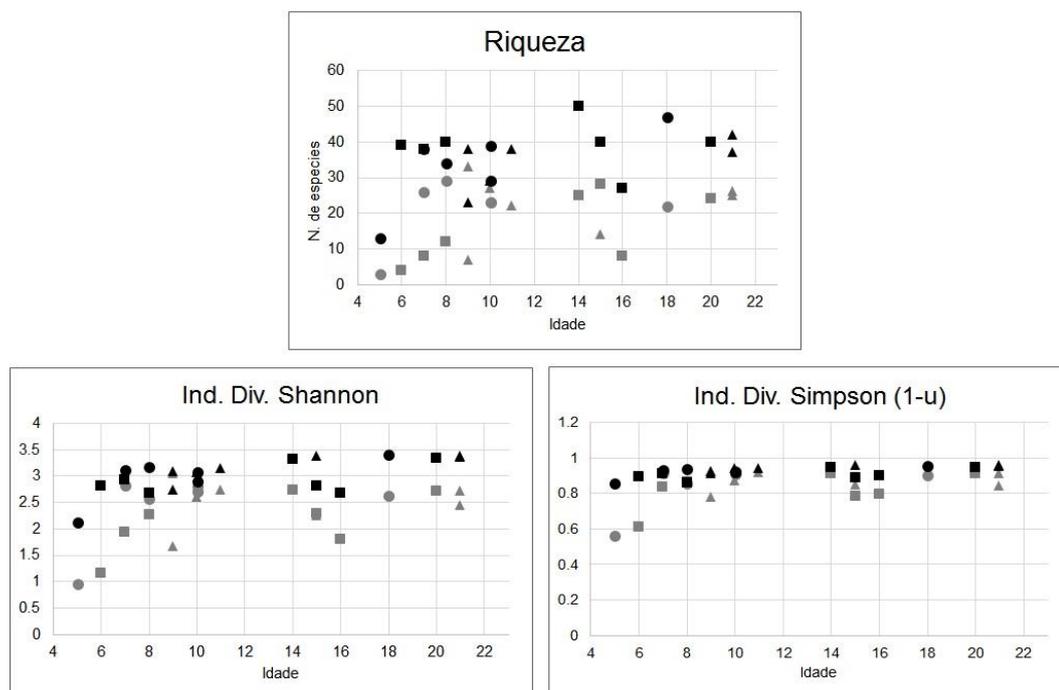


Município: (●) = Eldorado dos Carajás; (■) = Marabá; (▲) = Parauapebas

Fonte: Elaborado pelo autor.

A diversidade de espécies também não mostrou um padrão claro ao longo do gradiente de idade (Fig. 11). A **riqueza de espécies** dos indivíduos $DAP_{\geq 10\text{cm}}$ apresenta uma tendência de acréscimo entre cinco e nove anos de idade, mas a partir dessa idade não se observa um padrão de mudança. Nota-se também a variabilidade entre municípios, sendo que Marabá apresentou maior riqueza de indivíduos $DAP_{<10\text{cm}}$ em comparação aos demais municípios. A riqueza de espécies de indivíduos $DAP_{<10\text{cm}}$ atingiu até 50 ind/100 m² e de indivíduos $DAP_{\geq 10\text{cm}}$ 33 ind/100m². Em relação aos **índices de diversidade**, ambos mostraram uma tendência de aumento entre 5 e 7 anos de idade. Esses valores se mantiveram ao longo do gradiente de idade e, para as plantas $DAP_{<10\text{cm}}$, houve um aumento discreto da diversidade também a partir de 18 anos. Ambos índices mostraram um comportamento semelhante, embora a variabilidade de municípios esteve presente também. O índice de Simpson não teve uma forte variabilidade, se mantendo em torno de 0.8 e 0.9.

Figura 11. Parâmetros de diversidade nas diferentes idades e municípios das florestas secundárias em estudo Preto: indivíduos $DAP_{<10cm}$; cinza: indivíduos $DAP_{\geq 10cm}$.



Município: (●) = Eldorado dos Carajás; (■) = Marabá; (▲) = Parauapebas

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para visualizar melhor as diferenças sutis ao longo do gradiente de idade, as florestas secundárias foram agrupadas em apenas duas classes de idade, florestas secundárias iniciais, com antiguidade de 5 a 10 anos, e florestas secundárias intermediárias, (antiguidade de 10 a 20 anos), para as duas categorias de tamanho das plantas.

Os resultados mostram uma tendência geral das florestas secundárias intermediárias terem os parâmetros estruturais e de diversidade mais desenvolvidos, conforme esperado, porém com algumas exceções. Na **densidade de plantas** houve uma média maior para as florestas de mais de dez anos (média= 3,47 ind/100 m²) quando comparada às florestas inferiores a 10 anos (média= 2,25 ind/100 m²). Esse padrão foi observado para indivíduos $DAP_{\geq 10cm}$ e $DAP_{<10cm}$ (Figuras 12a e 13a), embora tenha sido mais pronunciado para os indivíduos $DAP_{\geq 10cm}$. A densidade de plantas variou entre 15 e 50 ind/100 m², sendo que a variabilidade dos indivíduos $DAP_{<10cm}$ foi maior. No caso da **área basal**, como esperado, os valores de florestas secundárias intermediárias foram maiores em comparação às florestas secundárias iniciais. Neste caso a maior variabilidade foi encontrada nas florestas secundárias intermediárias (0,04 a 0,193 m²/ 100m²). Como é esperado, a **altura** apresentou valores maiores

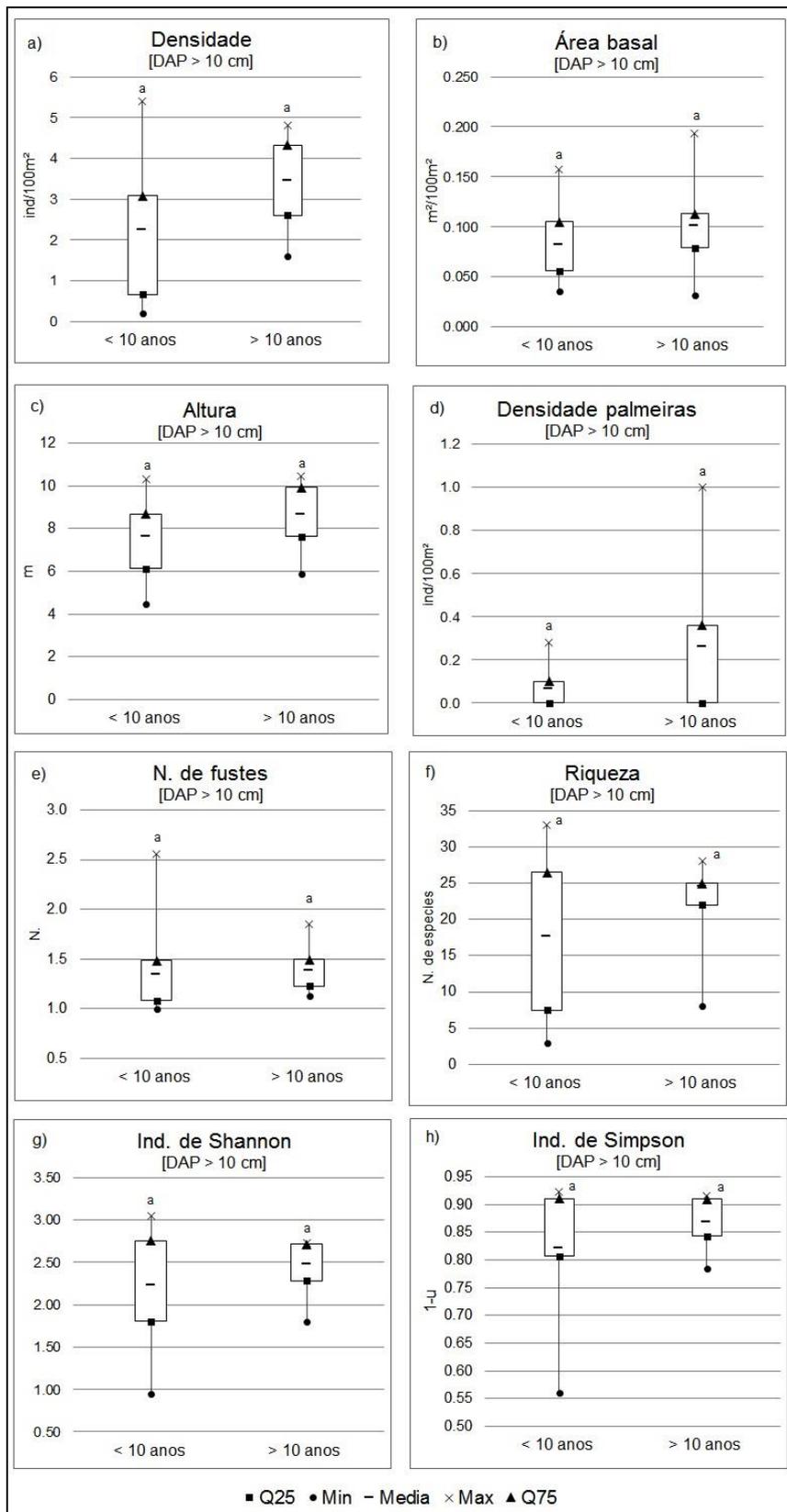
nos casos de florestas secundárias intermediárias (valor máximo= 10,47 m), com uma variabilidade maior nas florestas secundárias iniciais, sendo que algumas florestas secundárias iniciais atingiram valores de altura similares aos das florestas secundárias intermediárias (amplitude de 4 a 10 m.)

A densidade **de palmeiras e cipós** foi maior nas florestas secundárias intermediárias registrando uma média de 5 ind/100m². Houve muita variabilidade na densidade de **cipós** nas florestas secundárias iniciais. **O número de fustes** de indivíduos DAP_{<10cm} reduziu significativamente nas florestas mais maduras. Nas florestas secundárias iniciais, a média foi de 2 fustes por planta, também apresentando grande variabilidade (1,3 – 3,3 fustes por planta).

A média da **riqueza de espécies** foi maior para as florestas acima de dez anos, tanto em indivíduos DAP_{≥10cm} quanto DAP_{<10cm}. Em florestas secundárias iniciais, foi evidenciada muita variabilidade (13 – 40 espécies por transecto), sendo que, em alguns casos, foi encontrada riqueza maior nas florestas secundárias iniciais em comparação às florestas mais maduras. A média dos índices de diversidade de **Shannon e Simpson** foram mais altos para as florestas secundárias intermediárias em todos os casos. No entanto nota-se uma clara variabilidade no caso das florestas secundárias iniciais que embora tenham apresentado valores baixos também apresentaram valores semelhantes às florestas secundárias intermediárias em alguns casos (Simpson variou de 0,55 – 0,90). Esta tendência é mais clara para os indivíduos DAP_{≥10cm}. Não foram encontradas diferenças estatísticas entre os grupos (teste-t).

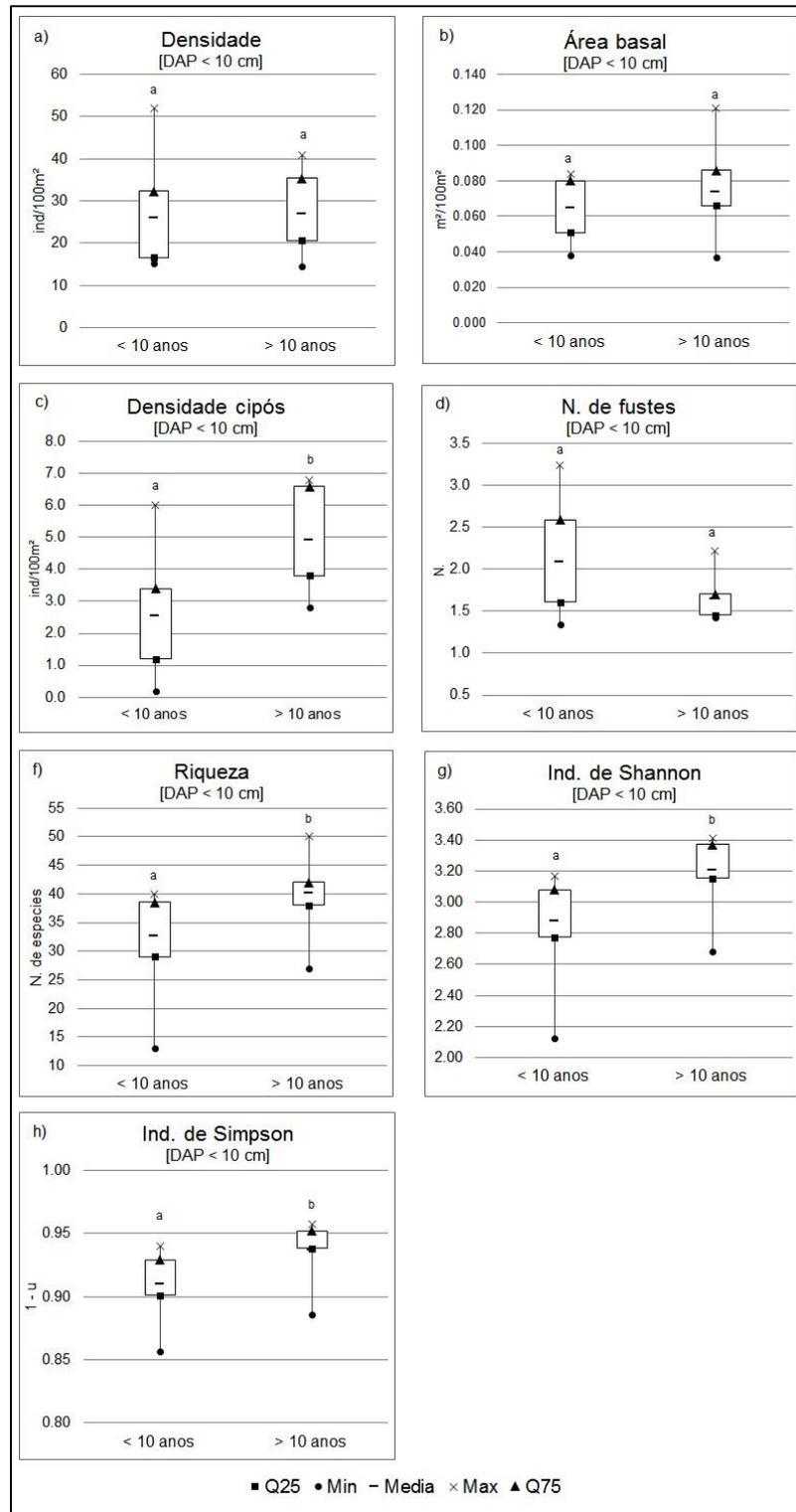
Uma lista de todas as espécies identificadas no estudo é apresentada no apêndice A; assim como uma tabela com as principais variáveis de uso e naturais de cada floresta secundária é apresentada no apêndice D. e uma tabela com as variáveis resposta de cada floresta secundária em estudo é apresentada no apêndice E.

Figura 12. Boxplots descritivos dos indivíduos $DAP_{\geq 10cm}$ considerando florestas secundárias iniciais (5-10 anos) e florestas secundárias intermediárias (11-20 anos).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 13. Boxplots descritivos da variação nos parâmetros estruturais e florísticos dos indivíduos $DAP_{<10cm}$ em florestas secundárias iniciais (5-10 anos) e florestas secundárias intermediárias (11-20 anos). A letras denotam classes de tamanho com diferenças significativas nos parâmetros pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).



Fonte: Elaborado pelo autor.

5.2 Resultados dos modelos RandomForest

Os resultados da análise dos modelos RandomForest são mostrados na tabela 3. A porcentagem de variação das variáveis resposta explicadas pelos modelos mudou de 0 a 38,75%. A variável densidade de plantas $DAP_{<10cm}$ foi a que apresentou a maior porcentagem de explicação pelo modelo (38,75%), seguida pela diversidade de Simpson (23,81%), densidade de cipós (21,18%), área basal das plantas $DAP_{<10cm}$ (16,48%), área basal (14,67%) e riqueza de espécies (12,07%) (Tabela 3). O restante das variáveis resposta teve menos que 10% da variação explicada pelos modelos. Nenhuma variável relacionada à diversidade de plantas $DAP_{<10cm}$ foi explicada pelos modelos. A idade só explicou a maior parte da variação em duas variáveis resposta: a densidade de cipós (54,17%) e a diversidade de Simpson (42,39%).

Uma tabela com os todos os resultados da análise de RandomForest é apresentada no apêndice F, assim como os resultados em percentagens no apêndice G.

Tabela 4. Resultados da análise com RandomForest para cada grupo de variáveis.

(Continua)

Variável	% Variação explicada	V. Paisagem	V. Naturais	V. Uso	Idade	Município
densidade	7.49 (100*)	51,77 (64,24)	17,74 (22,01)	-	11,08 (13,75)	-
area_basal	14.67 (100)	58,64 (51,96)	8,73 (7,74)	28,46 (25,22)	13,35 (11,83)	3,66 (3,24)
altura	8.95 (100)	39,57 (41,22)	29,04 (30,25)	9,32 (9,71)	14,72 (15,33)	3,34 (3,48)
densidade_pal	1.19 (100)	36,25 (45,7)	12,59 (15,87)	9 (11,34)	21,48 (27,08)	-
fustes	4.49 (100)	48,13 (66,92)	-	9,6 (13,35)	-	14,19 (19,73)
riqueza	12.07 (100)	65,46 (61,43)	26,6 (24,96)	8,4 (7,88)	6,1 (5,72)	-

Variável	% Variação explicada	V. Paisagem	V. Naturais	V. Uso	Idade	Município
shannon	3.62 (100)	42.79 (64.3)	-	3.09 (4.64)	20.99 (31.54)	-
simpson	23.81 (100)	43.62 (57.60)	-	-	32.1 (42.39)	-
densidade_pq	38.75 (100)	41.42 (25.83)	58,72 (36,62)	18.51 (11.54)	0.75 (0.46)	40.91 (25.52)
area_basal_pq	16.48 (100)	22.34 (20.44)	20,84 (19,07)	39.54 (36.19)	-	26.53 (24.28)
densidade_cip	21.18 (100)	12.99 (15.03)	-	18.84 (21.80)	46.81 (54.17)	7.77 (9.0)
fustes_pq	-5.32	-	-	-	-	-
riqueza_pq	-1.41	-	-	-	-	-
shannon_pq	-10.17	-	-	-	-	-
simpson_pq	-9,5	-	-	-	-	-

* Os números em parênteses são as percentagens de cada contribuição.

Fonte: Elaborado pelo autor.

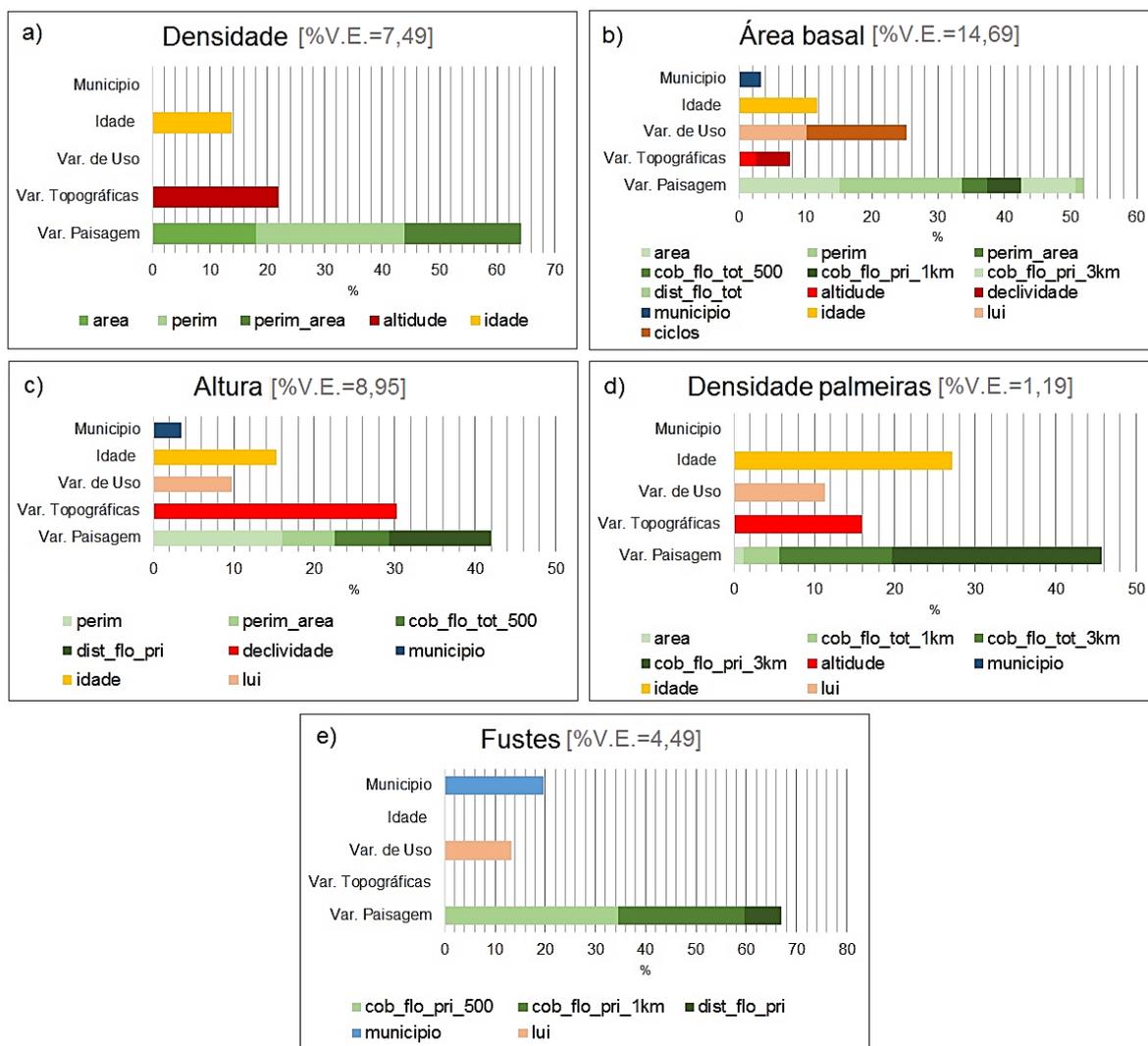
Em geral, observou-se que as variáveis de paisagem foram o grupo mais influente para explicar a variação nos dados estruturais e florísticos, especialmente para os indivíduos $DAP_{\geq 10\text{cm}}$. Foi percebida uma diferença nos padrões de resposta entre indivíduos $DAP_{\geq 10\text{cm}}$ e $DAP_{< 10\text{cm}}$. O município, uso do solo e fatores naturais foram as variáveis preditoras mais importantes para explicar os parâmetros estruturais das plantas $DAP_{< 10\text{cm}}$. Diferentemente das plantas $DAP_{\geq 10\text{cm}}$, nesse grupo, a paisagem teve uma influência menor e a idade não teve efeito. Além disso, ao contrário dos indivíduos $DAP_{\geq 10\text{cm}}$, as variáveis de diversidade de espécies das plantas $DAP_{< 10\text{cm}}$ não puderam ser explicadas pelos modelos.

5.2.1 Indivíduos $DAP_{\geq 10\text{cm}}$

As variáveis dos indivíduos $DAP_{\geq 10\text{cm}}$ melhor explicadas pelos modelos foram o índice de diversidade de Simpson (23,81%) , seguido da área basal (14,67%) e da riqueza (12,07%). A estrutura dos indivíduos $DAP_{\geq 10\text{cm}}$ (Fig. 14) **a densidade** (7,49%) teve uma forte influência de fatores da paisagem, especificamente fatores de forma (área e perímetro). Outro fator da paisagem que teve uma forte influência foi a declividade. **A área basal** (14.67%)

também foi influenciada por fatores da paisagem, sendo os de maior força os relativos a forma (área e perímetro), em menor medida coberturas de floresta primária, e o manejo (idade, LUI e ciclos) também teve uma influência considerável. A **altura** (8,95%) teve uma influência maioritária com o perímetro do fragmento e a declividade. Outros fatores foram a cobertura de floresta total (raio de 500m), distancia à floresta primária e o município. No manejo, a idade foi um importante variável e o LUI em menor medida. A **densidade de palmeiras** não foi bem explicada pelo modelo (1,19%). Outras variáveis que influenciaram em menor medida foram a área, altitude, e o LUI.) O **número de fustes** (4.49 %), teve uma clara influência da cobertura de florestas primárias (nos raios de 500 m e 1 km) com algum aporte da distância total a floresta primária, o município teve um efeito forte e o LUI apareceu por pouco.

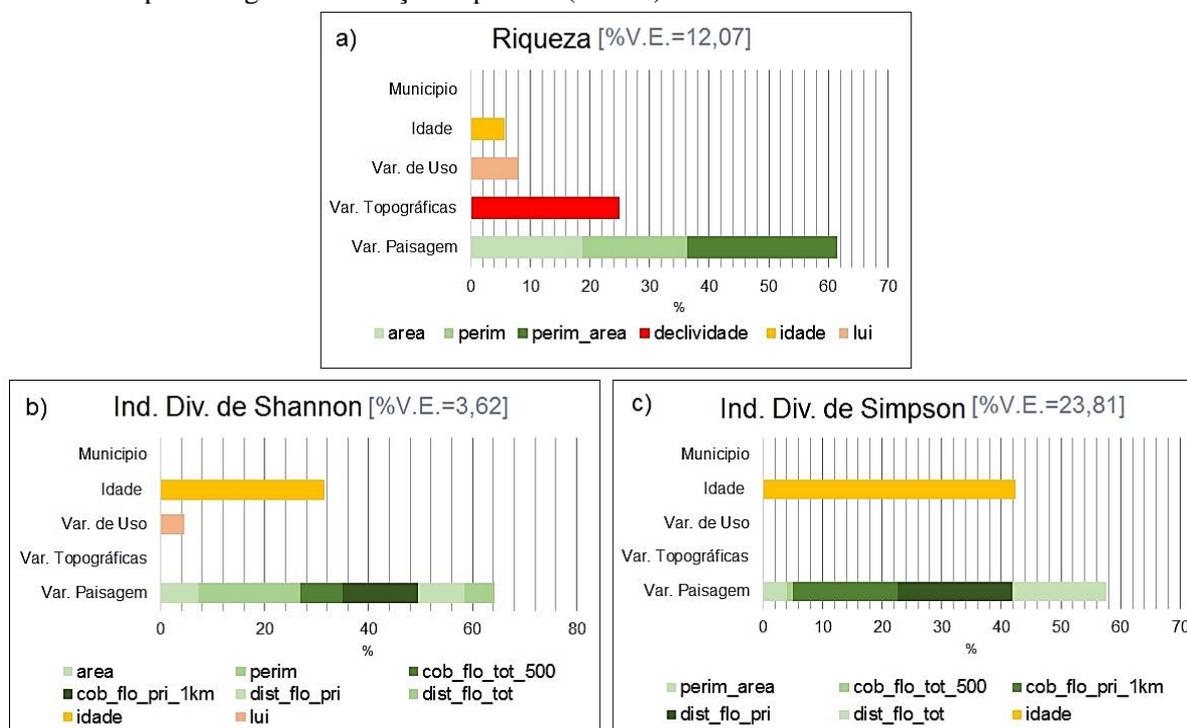
Figura 14- Resultados do RandomForest para variáveis estruturais nos indivíduos $DAP_{\geq 10cm}$; mostra-se a percentagem de variação explicada (% V.E.).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Em relação à diversidade dos indivíduos $DAP_{\geq 10cm}$ (Fig. 15), a **riqueza de espécies** (12,07%) teve uma considerável influência de fatores de paisagem relacionados com a forma (área e perímetro) no entanto outra variável de peso foi a declividade. A idade e o LUI tiveram também alguma contribuição. O **índice de Shannon** (3,62 %) apresentou uma forte influência da idade. Em segundo lugar ficou a área e com aportes menores de cobertura de floresta primária (raio 1 km), perímetro, cobertura de floresta total (r = 500m), distância da floresta primária, floresta total e o LUI. O **índice de Simpson** (23,81 %) teve uma clara influência da idade. As distancias às florestas (primaria e total) foram importantes também, assim como a cobertura de floresta primária (raio de 1 km). O perímetro e a cobertura de floresta total também contribuíram em menor medida.

Figura 15. Resultados do RandomForest para variáveis de diversidade nos indivíduos $DAP_{\geq 10cm}$. mostra-se a percentagem de variação explicada (%V.E.).



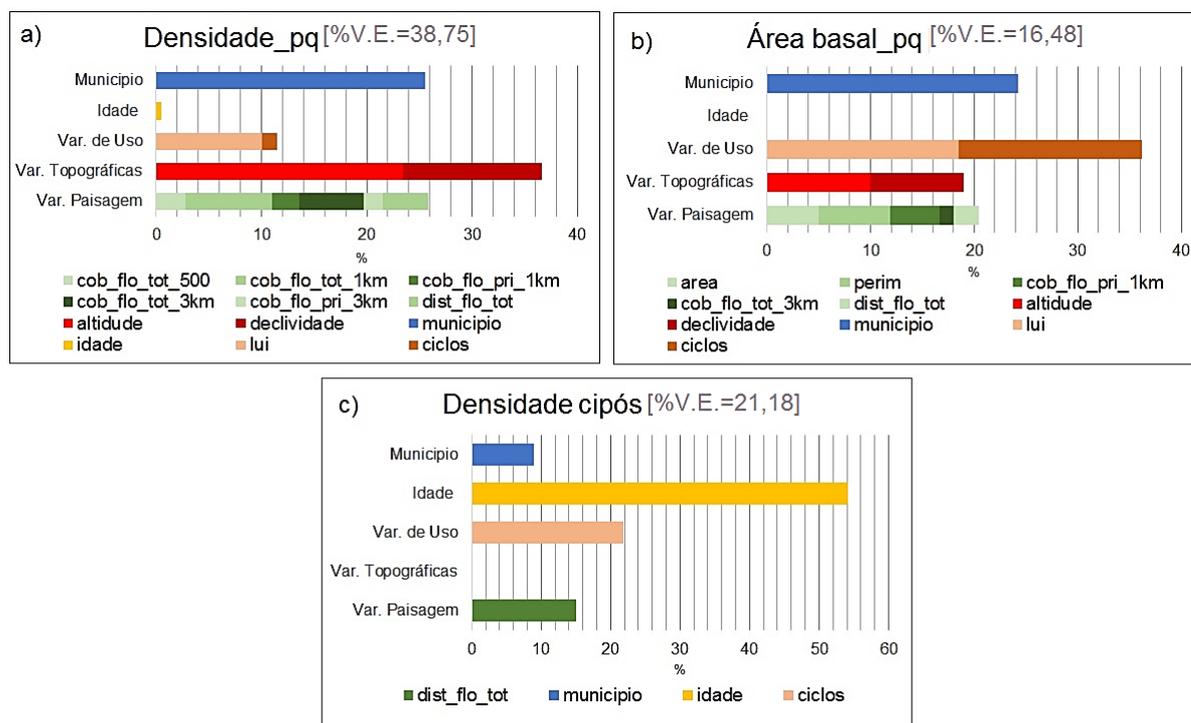
Fonte: Elaborado pelo autor.

5.2.2 Indivíduos $DAP_{<10cm}$

As variáveis dos indivíduos $DAP_{<10cm}$ melhor explicadas pelo modelo foram a densidade de árvores (38,75%), densidade de cipós (21,18%) e a área basal (16,48%). Para os indivíduos $DAP_{<10cm}$, apenas as variáveis estruturais puderam ser explicadas pelos modelos (Fig. 16). A **densidade das plantas** $DAP_{<10cm}$ (38,75%) teve influência de quase todas as variáveis (exceto área, perímetro/área, cobertura de floresta primária a 500 m e a distância de

floresta primária). O principal fator explicativo da densidade de plantas $DAP_{<10cm}$ foi o município (25,52 %), seguido pela altitude (23,43 %) e a declividade (13,2%). As variáveis de forma do fragmento (área e perímetro) não tiveram muita influência, assim como a distância das florestas e a cobertura florestal nos diferentes raios. Do manejo, o LUI foi o mais importante. A **área basal das** $DAP_{<10cm}$ (16,48%) também teve uma forte influência do município, seguido do LUI e do número de ciclos respectivamente. Já as variáveis de área, perímetro, cobertura de floresta primária ($R = 1km$) e a altitude e declividade tiveram peso menor. A **densidade de cipós** (21,18%) foi explicada principalmente pela idade. Em segundo lugar foi o número de ciclos agrícolas. O município e a distância à floresta total tiveram aportes menores para a variação na densidade dos cipós. As variáveis números de fustes e todas relacionadas à diversidade de espécies (riqueza, índice Shannon e índice de Simpson) não foram explicadas pelos modelos.

Figura 16. Resultados do RandomForest para variáveis estruturais e diversidade nos indivíduos $DAP_{<10cm}$. mostra-se a percentagem de variação explicada (%V.E.).



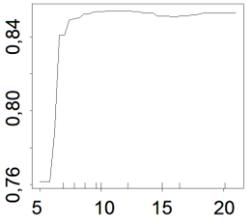
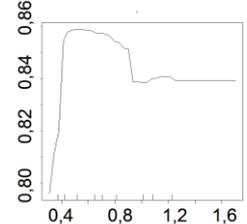
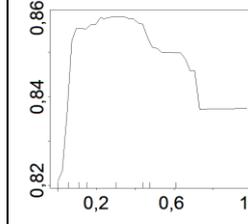
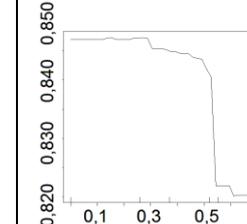
Fonte: Elaborado pelo autor.

5.2.3 Plots parciais

As contribuições parciais de cada variável estão na fig. 17 ($DAP_{\geq 10cm}$) e fig. 18 ($DAP_{< 10cm}$). Foram tomados em conta os parâmetros que tiveram uma percentagem de variação explicada no modelo maior a 5%. Para cada caso, foram consideradas as quatro principais variáveis.

Figura 17- Contribuições parciais dos resultados para indivíduos $DAP_{\geq 10cm}$.

Variáveis resposta	Variáveis explicativas			
	1a.	2a.	3a.	4a.
Densidade [ind/100m ²]				
	Perímetro (km)	Declividade (%)	Perim/área	Área (km ²)
Área basal [m ² /100m ²]				
	Perímetro (km)	Área (km ²)	Ciclos	Idade (anos)
Altura [m]				
	Declividade (%)	Perímetro (km)	Idade (anos)	dist_flo_pri (km)
Riqueza [N. esp.]				
	Perim/área	Declividade (%)	Área (km ²)	Perímetro (km)

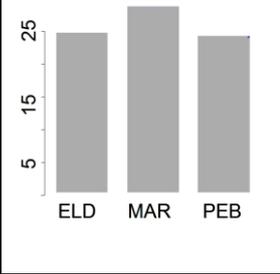
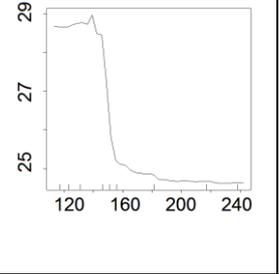
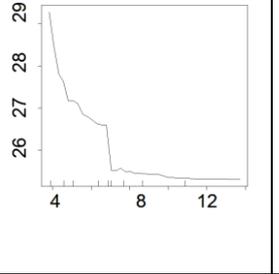
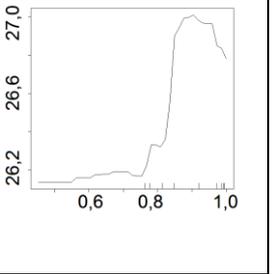
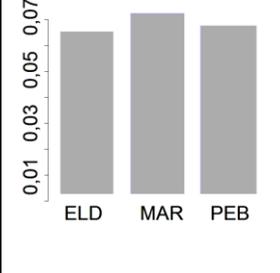
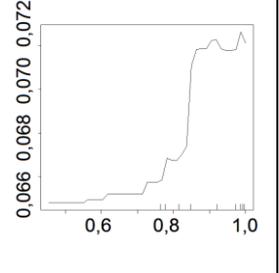
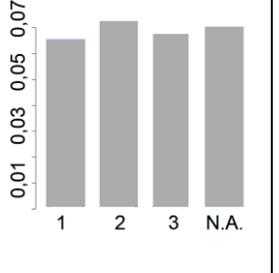
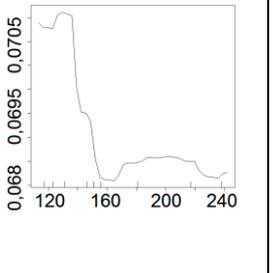
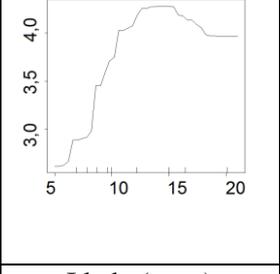
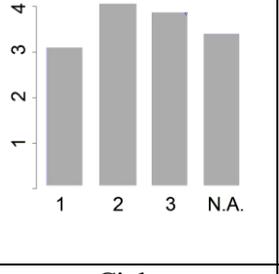
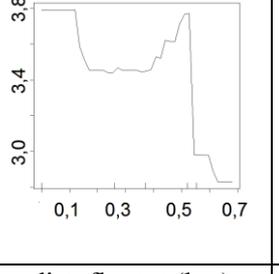
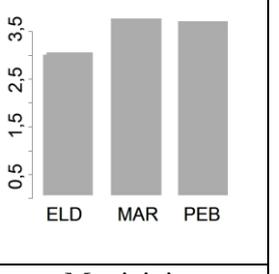
Variáveis resposta	Variáveis explicativas			
	1a.	2a.	3a.	4a.
Simpson [1-u]				
	Idade (anos)	dist_flo_pri (km)	cob_flo_pri_1km (km ²)	dist_flo_tot (km)

Fonte: Elaborado pelo autor.

No caso da **densidade**, as variáveis das métricas da paisagem (área, perímetro, perímetro/área) tiveram uma forte influência, no entanto todas elas apresentam uma relação negativa, por exemplo, observou-se uma queda na densidade de plantas em fragmentos maiores que 1km ou relação perímetro/área superior a 10. A densidade de plantas aumenta com a declividade até se estabilizar em cerca de 5% de inclinação. A **área basal** registrou um incremento com o perímetro (a partir de 2 km), área do fragmento (a partir 0,2 km²) e idade (a partir de cerca de 10 anos e novamente aos 16 anos). A área basal apresenta-se maior nos sítios submetidos a apenas um ciclo agrícola quando comparado a dois ou mais ciclos. A altura incrementou-se entre aproximadamente 4 e 7% de declividade se estabilizando a partir disso, e aumenta consistentemente com a idade; A altura é reduzida a partir de cerca de 1km de distância à floresta primária e de 5km de perímetro do fragmento.

A **riqueza** apresentou um claro aumento com a declividade (até 7% aproximadamente) e depois se estabilizou. A riqueza aumenta com o tamanho do fragmento até cerca de 0,5 km² e depois começa a reduzir progressivamente; também tem seu valor máximo quando a relação perímetro/área atinge valor próximo a 10 e cai até níveis muito baixos quando chega próximo a 20. Já o **Índice de diversidade de Simpson**, apresentou um forte incremento somente até os 7 anos de idade quando se estabilizou. A diversidade de Simpson também diminuiu com a distância à floresta primária, mas esse padrão foi observado somente no intervalo entre cerca de 0,5 km e 1 km, a partir de quando se estabilizou e não diminuiu mais com a distância. O índice de diversidade foi maior na cobertura florestal (no raio de 1km) entre 0,2 e 0,5 km², a partir desse valor de cobertura florestal, caiu consistentemente. A diversidade de Simpson também caiu progressivamente com a cobertura de floresta total a partir de 0,3 km de distância e mais uma queda abrupta foi observada a partir da distância de 0,5 km.

Figura 18. Contribuições parciais dos resultados para indivíduos $DAP_{<10cm}$

Variáveis resposta	Variáveis explicativas			
	1a.	2a.	3a.	4a.
Densidade _pq [ind/100m ²]				
	Município	Altitude (m)	Declividade (%)	LUI
area_basal _pq [m ² /100m ²]				
	Município	LUI	ciclos	Altitude (m)
densidade_ cip [ind/100m ²]				
	Idade (anos)	Ciclos	dist_flo_tot (km)	Município

Fonte: Elaborado pelo autor.

No caso dos indivíduos $DAP_{<10cm}$ a **densidade** foi maior no município de Marabá, e com redução importante a partir da altitude de 140 metros sobre o nível do mar e declividade de 5%. A densidade de plantas cresceu com a intensidade de uso da terra, especialmente a partir de 0,8 de LUI. A **área basal das** $DAP_{<10cm}$ também foi maior para o município de Marabá, e apresentou um ligeiro incremento com o número de ciclos e o LUI. Já a altitude fez diminuir os valores de área basal, especialmente a partir de cerca de 150 metros sobre o nível do mar. Finalmente, a **densidade de cipós** apresentou menores valores em Eldorado dos Carajás, quando comparado aos outros dois municípios. A densidade de cipós aumentou com a idade até atingir um pico em aproximadamente 15 anos e voltar a diminuir. A densidade de cipós tendeu a ser maior com o aumento do número de ciclos.

5.2.4 Contribuição relativa das diferentes variáveis avaliadas nos modelos

i. Influência da Idade

Ao contrário do esperado, a idade explicou somente 11 a 15% da variação nos parâmetros estruturais dos indivíduos $DAP_{\geq 10\text{cm}}$ (densidade, área basal e altura) e apenas explicou a densidade de cipós. Por outro lado, a idade foi um dos fatores mais importantes para explicar a diversidade de Simpson e de Shannon dos indivíduos $DAP_{\geq 10\text{cm}}$.

ii. Influência das Variáveis da paisagem

Em geral, todas as categorias de variáveis (idade, paisagem, fatores naturais, manejo da terra) contribuíram para explicar a variação nos dados. Entretanto, as variáveis de paisagem foram as que contribuíram em maior proporção para explicar a variação nos dados (20,44 a 66,92%). A área, perímetro e a relação perímetro-área dos fragmentos explicaram melhor os parâmetros estruturais e a riqueza de espécies dos indivíduos $DAP_{\geq 10\text{cm}}$, particularmente para a densidade, área basal e riqueza de espécies. Por outro lado, a diversidade de Simpson foi explicada principalmente pela cobertura e distância da floresta primária a 1 km, bem como pela distância das florestas (primária e secundária conjuntamente) Nos indivíduos $DAP_{< 10\text{cm}}$, a área e perímetro do fragmento só tiveram influência na área basal. A variável perímetro/área, como é esperado, deu resultados semelhantes aos anteriores, por ser calculado a partir das mesmas variáveis.

No caso das variáveis relativas à cobertura florestal em diferentes raios apenas variáveis relacionadas à floresta primária (distância e cobertura no raio de 500m e 1km) aparecem com fatores consideráveis contribuindo particularmente no número de fustes dos indivíduos $DAP_{\geq 10\text{cm}}$. Já a proporção de floresta primária no raio de 1 km pareceu mais importante para a diversidade de espécies dos indivíduos $DAP_{\geq 10\text{cm}}$. Também apareceu para a densidade e área basal dos indivíduos $DAP_{< 10\text{cm}}$. As proporções de florestas primárias no raio de 3 quilômetros contribuíram para a densidade dos indivíduos $DAP_{< 10\text{cm}}$ e em menor medida com a área basal dos $DAP_{\geq 10\text{cm}}$.

As distâncias às florestas (primária e total) também contribuíram para a variação nos dados. As florestas primárias contribuíram para o índice de diversidade de Simpson e a altura e em menor medida para os fustes, e o índice de Shannon. A distância à floresta total contribuiu para a densidade de cipós, densidade e área basal nos indivíduos $DAP_{< 10\text{cm}}$, e para o índice de Simpson, Shannon e área basal nos indivíduos $DAP_{\geq 10\text{cm}}$.

iii. Influência das Variáveis Naturais

Os resultados da análise demonstram que as variáveis naturais altitude e declividade tiveram uma contribuição sobre a variação dos dados. A altitude teve uma forte influência na densidade e área basal dos indivíduos $DAP_{<10cm}$. A declividade contribuiu na variação de algumas variáveis, destacando altura, riqueza e densidade dos indivíduos $DAP_{\geq 10cm}$ e a densidade para os indivíduos $DAP_{<10cm}$. Em suma, as variáveis naturais contribuíram particularmente para as variáveis estruturais das plantas $DAP_{<10cm}$ (densidade de plantas e área basal).

iv. Influência das variáveis de uso e manejo agrícola

Em relação ao uso e manejo da terra, o LUI, também teve uma clara influência na densidade e área basal dos indivíduos $DAP_{<10cm}$. No caso dos indivíduos $DAP_{\geq 10cm}$, o LUI influenciou a área basal, números de fustes, altura, densidade de palmeiras, riqueza e o índice de Shannon. (em ordem decrescente). No caso dos indivíduos $DAP_{\geq 10cm}$, o número de ciclos contribuiu somente para a área basal. A área basal, densidade de cipós, índice de Simpson e densidade das plantas $DAP_{<10cm}$ também foram influenciadas pelo número de ciclos. Lamentavelmente, o peso dessa variável pode ser subestimado no presente estudo pela falta da informação disponível em vários dos sítios estudados.

v. Influência do Município

O município, que, por sua vez, engloba variações importantes como ser a precipitação anual, cobertura florestal e no próprio histórico de uso da terra influenciou com força considerável algumas variáveis. A principal influência foi observada na densidade de plantas e área basal dos indivíduos $DAP_{<10cm}$. A densidade de cipós também recebeu contribuição do município. No caso dos indivíduos $DAP_{\geq 10cm}$ o município importante para o número de fustes principalmente, contribuindo também para a área basal e para a altura.

6. DISCUSSÃO

No presente estudo, foi avaliado o papel de diferentes fatores sobre a recuperação de atributos de estrutura e diversidade de florestas secundárias localizadas em uma região do “Arco do desmatamento”, no leste da Amazônia brasileira. Foi encontrada uma alta variabilidade nos parâmetros avaliados ao longo do gradiente de idade entre 5 a 20 anos. Os atributos estruturais, tanto de indivíduos $DAP_{\geq 10\text{cm}}$ quanto de indivíduos $DAP_{< 10\text{cm}}$, foram explicados por uma diversidade de fatores que incluíram configuração da paisagem, idade, intensidade do manejo agrícola, variáveis naturais (topográficas), além da localização que engloba variações não mensuradas como clima (precipitação) e tipos de solo (Tabela 3, Figuras 14-16).

Alta variação nos atributos estruturais e de diversidade ao longo do gradiente de idade, porém com algumas tendências

Os parâmetros estruturais e de diversidade das florestas secundárias avaliadas não tiveram um incremento contínuo ao longo do gradiente de idade, logo não foi observado um padrão claro de mudança com a progressão do tempo. Foi observada muita variabilidade, com valores de densidade, área basal e altura diferindo bastante entre florestas secundárias de mesma idade e dentro do mesmo município. Estes resultados põem em evidência a complexidade das trajetórias de sucessão e a importância de uma combinação de fatores de diversos tipos influenciando os padrões de regeneração (CHAZDON, 2012; LU; MORAN; MAUSEL, 2002; JAKOVAC et al, 2015). A ampla variabilidade nos atributos estruturais de florestas secundárias foi evidenciada em estudos no México e Costa Rica, no qual as florestas secundárias iniciais tiveram uma variação substancial na densidade, área basal e composição de espécies. (CHAZDON et al, 2007)

A despeito da alta variabilidade observada, houve alguma tendência de diminuição na densidade de plantas $DAP_{< 10\text{cm}}$ e no número de fustes destes indivíduos, além de um aumento na altura das plantas nas florestas em estágios mais avançados de regeneração. O número de fustes das plantas $DAP_{< 10\text{cm}}$ foi reduzido a partir dos 10 anos, confirmando trabalhos que descrevem que nas florestas secundárias iniciais (“capoeirinhas”), geralmente há o predomínio de plantas herbáceas (de muitos fustes), contrastando com comunidades mais maduras que são caracterizadas por vegetação lenhosa e alta (SALOMÃO et al, 2012). A redução na densidade de plantas $DAP_{< 10\text{cm}}$ à medida que a sucessão avança é explicada pelo acúmulo de biomassa e maior densidade do dossel que por sua vez reduz a disponibilidade de luz no sub-bosque (GUARIGUATA; OSTERTAG, 2001). Finalmente, foi observada uma diminuição evidente na

densidade de cipós nas florestas a partir dos 15 anos de idade. Lianas são plantas associadas a ambientes perturbados, constituem espécies predominantes no estrato baixo da floresta (GERWING; FARIAS, 2000). Sua infestação reduz a densidade e o recrutamento de plântulas nas florestas resultando em impedimento do processo sucessional (TYMEN et al, 2016). Portanto, a redução desse grupo nos estágios sucessionais mais avançados pode indicar que a sucessão ecológica está ocorrendo e o processo sucessional não está estagnado.

Algumas diferenças puderam ser observadas nas variáveis estruturais e florísticas ao se comparar apenas duas categorias, as florestas secundárias iniciais e florestas intermediárias (Fig. 10 a 16). Embora as florestas acima de dez anos apresentaram valores médios maiores de densidade, área basal, riqueza e índices de diversidade, quando comparadas às florestas secundárias iniciais, as diferenças não foram estatisticamente significativas, muito provavelmente, devido à alta variabilidade nos dados. As médias das florestas secundárias iniciais (de 5 a 10 anos) atingiram valores semelhantes ou até maiores que aquelas mais maduras para vários parâmetros como densidade, número de fustes e índice de diversidade.

Esta situação pode estar relacionada à rápida colonização de espécies pioneiras e vantagens na regeneração em florestas com fatores mais favoráveis ao crescimento, como histórico de uso da terra menos severo, menor interferência de fatores de degradação como o fogo (D'OLIVEIRA et al, 2011) ou maior disponibilidade hídrica. (MASSOCA et al, 2012). A altura de algumas florestas secundárias iniciais foi semelhante a aquela florestas secundárias intermediárias, chegando a atingir cerca de 10 metros, corroborando o relato de alguns estudos prévios de que a altura pode atingir valores altos já em estágios sucessionais iniciais. (CHAZDON, 2012). Além disso, foi observado nas florestas com idade maior que dez anos, uma maior riqueza e diversidade, e sobretudo, uma diminuição na variabilidade dos diferentes parâmetros avaliados. Estes resultados confirmam os padrões encontrados de que depois da colonização de espécies pioneiras, o número de espécies se aproxima progressivamente da floresta madura e permanece relativamente estável (SALDARRIAGA et al, 1988)

Os parâmetros de riqueza e diversidade de espécies (Índice de Shannon e Índice de Simpson), embora com alta variabilidade também, tiveram uma tendência de aumento, mas esse não foi contínuo, ocorreu a partir dos 8 anos e novamente a partir dos 14 anos de idade das florestas secundárias. No presente estudo, as florestas secundárias a partir de 8 anos apresentaram um número considerável de espécies arbóreas, entre 20-30 espécies de indivíduos $DAP_{\geq 10cm}$ e até 50 espécies de plantas $DAP_{< 10cm}$ em uma área de 0,25 hectares. De fato, a recuperação da biodiversidade em florestas secundárias pode ser relativamente rápida, a riqueza

de espécies pode se assemelhar às florestas primárias com apenas 20-40 anos após o abandono, embora diferenças marcantes na composição de espécies são mais persistentes ao longo do tempo (DUNN, 2004). Essas diferenças ocorrem principalmente pela ocorrência de espécies mais generalistas nas florestas secundárias em detrimento dos especialistas das condições de uma floresta primária (MOURA et al, 2013). As florestas secundárias, em geral, retêm uma proporção importante da diversidade de espécies, especialmente pela alta diversidade beta entre os fragmentos (SOLAR et al, 2015).

A alta variabilidade aqui encontrada nos diferentes parâmetros no gradiente de idade das florestas secundárias explica uma certa limitação de diversos estudos prévios que tentaram classificar as florestas secundárias no leste da Amazônia em categorias definidas de idade ou de parâmetros estruturais como altura e área basal (MORAN et al, 2000) . Em suma, resultados de pesquisas que monitoram um mesmo sítio ao longo do tempo vêm demonstrando alta imprevisibilidade nas trajetórias de sucessão. Esses estudos levam ao questionamento do papel do tempo de abandono da terra como principal determinante das tendências observadas nas trajetórias sucessionais (CHAZDON et al, 2007). Daí a importância de se considerar conjuntamente os diversos fatores que influenciam na trajetória sucessional, conforme é abordado na seção a seguir.

A variação nos atributos estruturais é explicada por uma combinação de fatores: resultados dos modelos Random Forest

Em geral, todas as categorias de variáveis -idade, paisagem, fatores naturais, manejo da terra- contribuíram para explicar a variação nos dados de estrutura das florestas secundárias estudadas. A porcentagem de variação das variáveis resposta explicada pelos modelos variou de 0 a 38,75%. Esse percentual de explicação reflete a grande variabilidade natural em dados ecológicos, tais quais o do presente estudo, e possivelmente a não inclusão nos modelos de fatores ambientais potencialmente importantes como as propriedades do solo.

Dentre os padrões mais marcantes encontrados no estudo, destaca-se a baixa importância da idade para explicar a variação nos atributos estruturais das plantas arbóreas nas florestas secundárias. Nas plantas $DAP_{\geq 10cm}$, as variáveis densidade de plantas, área basal e altura foram explicadas apenas 13,75%, 11,83% e 15,33% pela idade, respectivamente. Desde os primeiros estudos sobre o tema na Amazônia, a exemplo de (MORAN et al, 2000; MORAN et al, 1996) já se reconhecia que a idade não explicaria sozinha a variação nos atributos das florestas secundárias. Entretanto, diversos estudos foram realizados realizando-se uma

classificação a priori das florestas secundárias em categorias de idade. A única variável estrutural estudada que teve forte influência da idade foi a densidade de cipós. Conforme explicado anteriormente, os cipós ou lianas são um grupo funcional muito adaptado aos distúrbios, com altas taxas de natalidade, mortalidade e recrutamento, de forma que o grupo impõe uma dinâmica sucessional alta nas florestas por eles infestadas. (TYMEN et al, 2016) . A redução e estabilização na densidade dos cipós nas florestas acima de 15 anos muito provavelmente está refletindo o progresso natural da sucessão ecológica, no qual espécies mais adaptadas às condições dos distúrbios vão sendo substituídas por outras.

As variáveis de uso da terra e manejo (número de ciclos agrícolas e intensidade de uso da terra) foram importantes para explicar a área basal das plantas de indivíduos $DAP_{\geq 10\text{cm}}$ e $DAP_{< 10\text{cm}}$ (25,22% e 36,19%, respectivamente). Florestas secundárias submetidas a um único ciclo agrícola tiveram indivíduos $DAP_{\geq 10\text{cm}}$ com maior área basal quando comparados àquelas com dois e três ciclos. Já a área basal de plantas $DAP_{< 10\text{cm}}$ foi maior quando a área foi submetida a dois ciclos em comparação a um ou três ciclos agrícolas. A intensidade de uso da terra (LUI) também exerceu influência sobre a densidade e área basal das plantas $DAP_{< 10\text{cm}}$, sendo que a densidade de plantas, por exemplo, aumentou com a intensidade de uso até certo limite quando voltou a declinar (Figura 18).

As plantas $DAP_{< 10\text{cm}}$ são um reflexo dos estágios iniciais de sucessão, e o desenvolvimento das mesmas é importante para a sucessão futura. Os resultados aqui obtidos confirmam a importância do histórico de uso da terra sobre a sucessão das florestas secundárias, (JAKOVAC et al, 2016; LAWRENCE et al, 2010; OMEJA et al, 2012) tendo um efeito mais claro nos primeiros estágios de sucessão. Uma situação interessante percebe-se na influência do LUI, que tem um efeito positivo na densidade de plantas $DAP_{< 10\text{cm}}$ até chegar a um máximo e começar a declinar (fig. 20). Isto pode ser resultante de que o uso intenso pode incrementar a quantidade de plantas arbustivas e lianas (Com $DAP < 10\text{ cm}$) nos primeiros estágios de sucessão (GERWING; FARIAS, 2000).

O fogo debilita os sistemas de regeneração por sementes dando vantagem aos sistemas de regeneração radicular. (MASSOCA et al, 2012). Jacovak et al, (2016) encontraram que, ao controlar o efeito da idade, a intensidade do manejo da terra foi o fator preponderante sobre a estrutura da vegetação em sítios regenerando após roças de corte-e-queima na região de Manaus, no Oeste da Amazônia brasileira. O manejo da terra influenciou os atributos da vegetação por meio de mudanças nas estratégias de regeneração e, possivelmente, também alterações nas propriedades dos solos, uma vez que houve correlação entre intensidade do

manejo, proporção de argila e o pH do solo (JAKOVAC et al, 2016). As variáveis do solo não explicaram diretamente a variação nos atributos estruturais e florísticos das florestas secundárias naquele estudo. As florestas em regeneração do presente estudo são compostas por uma variedade de trajetórias de uso da terra que são comuns em assentamentos rurais da reforma agrária, englobando principalmente roças tradicionais com a prática de corte-e-queima, porém muitas delas foram convertidas em pastagens em algum período do histórico agrícola. Nenhuma das áreas foi submetida à usos do solo mais intensivos com o emprego de máquinas agrícolas. Os estudos de Mesquita et al, (2015) indicam uma pronunciada variação entre florestas se regenerando após o abandono de roças daquelas após o abandono de pastagens. As diferenças encontradas pelos autores nos padrões de dominância das espécies devem se refletir também na estrutura da vegetação.

Do Vale et al, (2015) também encontraram que o tipo de uso da terra influenciou significativamente a estrutura da vegetação em áreas em regeneração na mesma região do presente estudo. Entretanto, para uma localidade com maior cobertura florestal, foi encontrado um padrão de resposta diferente das demais áreas, sugerindo um papel da paisagem se sobrepondo à influência do uso da terra (DO VALE et al, 2015).

As variáveis naturais (declividade e altitude) tiveram uma contribuição importante para explicar a variação nos parâmetros estruturais, particularmente altura (30%) e densidade de plantas (22%), para as plantas $DAP_{\geq 10\text{cm}}$, e densidade (36,62%) e área basal (19,07%) no caso das plantas $DAP_{<10\text{cm}}$. A densidade de plantas $DAP_{<10\text{cm}}$ foi o parâmetro melhor explicado pelos modelos utilizados no estudo (38,75%). Além da topografia, o município foi também uma variável importante, pois explicou cerca de um quarto da variação na densidade das plantas $DAP_{<10\text{cm}}$. Esta situação pode ser relacionada às variações naturais entre os municípios, particularmente os solos podem ter um forte efeito (LU; MORAN; MAUSEL, 2002) e as diferenças no clima de cada região. Em geral, a variável município só foi importante para os parâmetros das plantas $DAP_{<10\text{cm}}$, indicando a dependência maior das plântulas de recursos disponíveis para a germinação e recrutamento. A região de Marabá tem precipitação anual cerca de 500 mm superior aos demais municípios e foi o local que apresentou as maiores densidades de plantas $DAP_{<10\text{cm}}$. Esse resultado pode estar refletindo uma maior disponibilidade hídrica para as plantas em decorrência da maior precipitação na estação chuvosa. A altitude e declividade também tiveram uma influência considerável dentro das variáveis naturais, confirmando a sua importância nas etapas iniciais da sucessão sendo que estas variáveis podem

influenciar na disponibilidade hídrica e a luminosidade. (ARAGÓN; MORALES, 2003; BENTOS; NASCIMENTO; WILLIAMSON, 2013).

Finalmente, as variáveis relativas à configuração da paisagem foram as que contribuíram em maior proporção para a variação nos parâmetros estruturais da vegetação nas florestas secundárias estudadas. A contribuição foi maior para as plantas $DAP_{\geq 10\text{cm}}$, variando de 41,22 a 66,92%. Já para as plantas $DAP_{< 10\text{cm}}$, as variáveis de paisagem contribuíram apenas com a variação na densidade de plantas (25,83%) e na área basal (20,44%), além da densidade dos cipós (15,03%). Logo, a influência da paisagem foi maior para os indivíduos $DAP_{\geq 10\text{cm}}$. Entre os indivíduos $DAP_{< 10\text{cm}}$, variáveis relacionadas aos fatores naturais e de uso da terra partilharam a contribuição na variação. O papel das variáveis de paisagem sobre a estrutura das comunidades em regeneração é reconhecido desde os estudos pioneiros na região, como (ULH, 1987), (MORAN et al, 2000; MORAN et al, 1996). Entretanto, estes estudos não avaliaram diretamente o efeito dos atributos da paisagem. Mais recentemente, Jacovak et al, (2016) encontraram que a área basal e a altura do dossel diminuam com o tamanho do fragmento, a intensidade do uso da terra e a diminuição do tempo de pousio, todos os parâmetros sendo considerados indicadores da intensidade do uso. De fato, os parâmetros estruturais dos indivíduos $DAP_{\geq 10\text{cm}}$ avaliados no presente estudo (densidade, área basal e altura) foram mais influenciados pela área e perímetro (algumas vezes perímetro/área) que os demais parâmetros da paisagem. Embora a influência destas variáveis é confirmada por vários trabalhos (TABARELLI et al, 2012; JESUS et al., 2012) chama a atenção que estes parâmetros experimentaram uma queda e estabilização com grandes valores de área e perímetro (Fig, 20). Uma possível explicação é que fragmentos a partir de um certo limite de tamanho indiquem que o uso prévio do solo foi pastagem extensiva, que pode ser mais detrimental para a regeneração florestal que as roças de corte-e-queima (MESQUITA; MASSOCA; BENTOS, 2015). Neste caso, o efeito seria resultante mais do tipo de uso da terra do que da configuração da paisagem em si. Em geral, as distâncias até as florestas tiveram efeitos até 1 quilometro, sendo que a distância de 3 quilômetros apareceu só no caso dos indivíduos $DAP_{< 10\text{cm}}$. Predominou a importância da distância até floresta primaria, confirmando sua importância para a recolonização (MESQUITA et al, 2001).

Quais fatores explicam a variação na diversidade de espécies nas florestas secundárias?

A riqueza de espécies das plantas $DAP_{\geq 10\text{cm}}$ teve influência de todas as principais variáveis estudadas, a paisagem, em maior proporção, seguida, na ordem, pelos fatores naturais,

manejo da terra e idade. A diversidade de espécies apresentou um padrão de resposta bem contrastante em comparação à riqueza e às demais variáveis estruturais avaliadas. O índice de diversidade de Simpson foi explicado exclusivamente pela paisagem e a idade, com 57,60% e 42,39, respectivamente. Estes resultados corroboram os estudos de Jakovac *et al.*, (2016), na Amazônia Central, os quais encontraram que a recuperação da diversidade era determinada principalmente pela configuração da paisagem, enquanto a recuperação da estrutura era mais associada à intensidade de manejo, que incluiu o tamanho do fragmento, dentre outros. Estudos em florestas tropicais regenerando na Austrália encontraram que a riqueza e composição de espécies foi fortemente influenciada pela idade e que as florestas secundárias mais próximas às florestas primárias tiveram maior riqueza de espécies (GOOSEM *et al.*, 2016). No presente estudo, essa relação não foi encontrada, uma vez que apenas parâmetros do próprio fragmento (área, perímetro e perímetro/área) contribuíram para a variação na riqueza de espécies.

O papel preponderante da idade para as variáveis de diversidade está relacionado ao tempo necessário para ocorrer acumulação das espécies no processo de sucessão. (FINEGAN, 1996) . Vários estudos vêm abordando a progressão da recuperação das espécies da flora e da fauna ao longo do processo sucessional (DUNN, 2004). A recuperação da diversidade de espécies é reconhecidamente mais lenta em comparação à estrutura da floresta e seus estoques de biomassa. (MARTIN; NEWTON, 2013)

7. CONCLUSÕES

Os resultados aqui apresentados permitiram elucidar as perguntas levantadas no início da pesquisa. Primeiro, a idade não foi um fator preponderante em explicar a variação dos parâmetros estruturais das florestas secundárias em estudo. Por outro lado, a idade teve um efeito altamente relevante em determinar a recuperação da diversidade de espécies. Segundo, as características estruturais das florestas em regeneração foram explicadas por uma combinação de muitos fatores distribuídos em todas as categorias avaliadas (configuração da paisagem, manejo da terra, fatores naturais). Entretanto, a configuração da paisagem foi o fator que mais influenciou a variação nesses parâmetros. Quarto, tanto as variáveis de estrutura quanto as variáveis de diversidade foram explicadas pelos modelos. Entretanto, um contraste foi observado nas variáveis que explicaram cada um. A diversidade de espécies foi influenciada por poucas variáveis e teve um papel importante da idade, ao contrário das variáveis estruturais. A distância e quantidade de florestas primárias, mas também secundárias, no raio de 1km, foi determinante na variação da diversidade de espécies. Quinto, diferenças foram encontradas entre as respostas de indivíduos $DAP_{\geq 10\text{cm}}$ e $DAP_{< 10\text{cm}}$. A diversidade de espécies de plantas $DAP_{< 10\text{cm}}$ não puderam ser explicadas pelos modelos, refletindo o caráter estocástico das fases iniciais da regeneração. Além disso, variáveis naturais como a topografia e, provavelmente, a disponibilidade hídrica, foram importantes para explicar a variação estrutural nas plantas $DAP_{< 10\text{cm}}$. De maneira geral, os padrões aqui encontrados reforçam para o fato de que a restauração florestal necessita ser planejada em escala de paisagem, considerando os remanescentes florestais primários e secundários existentes para garantir a plena recuperação da estrutura e diversidade dos ecossistemas.

REFERENCIAS

- ARAGÓN, R.; MORALES, J. M. Species composition and invasion in NW Argentinian secondary forests: Effects of land use history, environment and landscape. **Journal of Vegetation Science**, v. 14, p. 195-204, 2003.
- BEGON, M.; TOWNSEND, C.; HARPER, J. **Ecology**: from individual to ecosystems. Quarta. ed. [S.l.]: Blackwell, 2006.
- BEGOTTI, R. A. **O papel dos remanescentes florestais na retenção da biodiversidade a conservação da água em uma paisagem frgmentada na região central de Rondônia**. 2014. 118f. Tese (Apresentada para obtenção do título de Doutor) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.
- BENTOS, T.; NASCIMENTO, H.; WILLIAMSON, B. Tree seedling recruitment in Amazon secondary forest: Importance of topography and gap micro-site conditions. **Forest Ecology and Management**, n. 287, p. 140-145, 2013.
- BRANCALION, P. et al. Estratégias para auxiliar na conservação de Estratégias para auxiliar na conservação de. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi**. Cienc. Nat., Belem, v. 7, n. 3, p. 219-234, 2012.
- BREIMAN, L. **Random forests**. Berkeley, CA, University of California, Statistics Department, 2001. p. 1-33.
- CHAZDON, R. Regeneração de florestas tropicais. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi**. Cienc. Nat., Belém, v. 7, n. 3, p. 195-218, 2012.
- CHAZDON, R. et al. Rates of change in tree communities of secondary Neotropical forests following major disturbances. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, n. 362, p. 273-289, 2007.
- CLIMATEMPO. **Climatooogia Marabá**. 2015. Disponível em: <<http://www.climatepo.com.br/climatologia/1201/maraba-para>>. Acesso em: 03 abr. 2015.
- D'OLIVEIRA, M. et al. Forest natural regeneration and biomass production after slash and burn in a seasonally dry forest in the Southern Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, n. 261, p. 1490-1498, 2011.
- DALLE, S.; DE BLOIS, S. Shorter Fallow Cycles Affect the Availability of Noncrop Plant Resources in a Shifting Cultivation System. **Ecology and Society**, v. 11, n. 2, p. 1 – 26, 2006.
- DENT, D.; WRIGHT, J. The future of tropical species in secondary forests: A quantitative review. **Biological Conservation**, n. 142, p. 2833–2843, 2009.
- DO VALE, I. et al. Tree regeneration under different land-use mosaics in the Brazilian Amazon's “Arc of Deforestation”. **Environmental Management**, v. 56, n. 2, p. 342–354, 2015.

DUNN, R. Recovery of faunal communities during tropical forest. **Conservation Biology**, n. 18, p. 302–309, 2004.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). Workshop on tropical secondary forest management in africa: reality and perspectives, 2002. Proceedings. Nairobi, 2002. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/006/j0628e/J0628E00.htm#TopOfPage>>. Acesso em: 03 dez. 2015.

FERRAZ, S. F. B.; VETTORAZI, C.; THEOBALD, D. Using indicators of deforestation and land-use dynamics to support conservation strategies. A case os study of central Rondônia, Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, n. 7, p. 1586-1595, 2009.

FINEGAN, B. attern and process in neotropical secondary rain forests: the first 100 years of succession. **Trends in Ecology & Evolution**, n. 11, p. 119-124, 1996.

GARDNER, T. et al. **A social and ecological assessment of tropical land-uses at multiple scales: the Sustainable Amazon Network**. Phil Trans R Soc B, 2013.

GERWING, J.; FARIAS, D. Integrating liana abundance and forest stature into an estimate of total aboveground biomass for an eastern Amazonian forest. **Journal of Tropical Ecology**, n. 16, p. 327-335, 2000.

GOOSEM, M. et al. Forest age and isolation affect the rate of recovery of plant species diversity and community composition in secondary rain forests in tropical Australia. **Journal of Vegetation Science.**, v.27, n.3, p.504-514, 2016.

GUARIGUATA, M.; OSTERTAG, R. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. **Forest Ecology and Management**, v. 148, p. 185-206, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades: Eldorado dos Carajás**, 2015. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/painel/historico.php?lang=&codmun=150295&search=para|eldorado-do-carajas|infograficos:-historico>>. Acesso em: 03 abr. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades: Marabá.**, 2015. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/painel/historico.php?lang=&codmun=150553&search=|para uapebas>>. Acesso em: 02 abr. 2015.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, SOCIAL E AMBIENTAL DO PARÁ (IDESP). **Indicadores de qualidade ambiental dos municípios da Região de Integração Carajas**. Belem, 2013.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, SOCIAL E AMBIENTAL DO PARÁ (IDESP). **Estatística Municipal: Marabá**. Estatísticas Municipais Paraenses, Marabá, 2014.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, SOCIAL E AMBIENTAL DO PARÁ (IDESP). **Estatísticas Municipais: Eldorado dos Carajás**. Estatísticas Municipais Paraenses, Eldorado dos Carajás, 2014.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, SOCIAL E AMBIENTAL DO PARÁ (IDESP). **Estatísticas Municipais: Parauapebas**. Estatísticas Municipais Paraenses, Parauapebas, 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. (INMET) **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa** 2015. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 23 mar. 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIALES (INPE).. **Projeto TerraClass 2012 Sumário Executivo**. Brasília. 2014.

INSTITUTO DE PESQUISA AMBIENTAL DA AMAZÔNIA (IPAM)., **Arco do desmatamento**. 2015. Disponível em: <<http://ipam.org.br/glossario/arco-do-desmatamento/>>. Acesso em: 15 fev. 2016.

JAKOVAC, C. et al. Loss of secondary-forest resilience by land-use intensification in the Amazon. **Journal of Ecology**, n. 103, p. 67-77, 2015.

JAKOVAC, C. et al. Swiddens under transition: Consequences of agricultural intensification in the Amazon. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, n. 218, p. 116-125, 2016.

JESUS, F. et al. The importance of landscape structure for seed dispersal in rain forest fragments. **Journal of Vegetation Science**, v.23, n.6, p. 1126–1136, 2012.

KAMMESSHELDT, L. Perspectives on Secondary forest management in tropical humid lowland America. **Ambio**, v. 31, n. 3, 2002.

KATO, M. et al. Fire-free alternatives to slash-and-burn for shifting cultivation in the eastern Amazon region: the role of fertilizers. **Field Crops Research**, v. 62, p. 225-237, 1999.

LAURANCE, W. et al. The fate of Amazonian forest fragments: A 32-year investigation. **Biological Conservation**, n. 144, p. 56-67, 2011.

LAWRENCE, D. et al. Untangling a Decline in Tropical Forest Resilience: Constraints on the Sustainability of Shifting Cultivation Across the Globe. **Biotropica**, v. 42, n. 1, p. 21-30, 2010.

LEAL, C. et al. Multi-scale assessment of human-induced changes on Amazonian instream habitat, **Landscape Ecology**. Aceito para publicação, 2016

LU, D. et al. Classification of successional forest stages in the Brazilian Amazon basin. **Forest Ecology and Management**, n. 181, p. 301-312, 2003.

LU, D.; MORAN, E.; MAUSEL, P. Linking Amazonian Secondary succession forest growth to soil properties. **Land degradation & development**, n. 13, p. 331-343, 2002.

MARTIN, P.; NEWTON, A; BULLOCK. J. Carbon pools recover more quickly than plant biodiversity in tropical secondary forests. **Proceedings of the Royal Society B Biological Sciences**, 2013, London. 2013. n. 280, p. 20132236.

MASSOCA, P. et al. Dinâmica e trajetórias da sucessão secundária na Amazônia central. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Nat.**, Belem, v. 7, n. 3, p. 235-250, 2012.

MESQUITA, R. et al. Alternative successional pathways in the Amazon Basin. **Journal of Ecology**, v. 89, p. 528-537, 2001.

MESQUITA, R.; MASSOCA, P.; BENTOS, C. W. B. Amazon Rain Forest Succession: Stochasticity or Land-Use Legacy? **Bioscience**, n. 65, p. 849-861, 2015.

MILLER, T.; SPOOLMAN, S. **Essentials of ecology**. Belmont. CA: Quinta. Ed.: Brooks/cole, 2009.

MORAN, E. et al. Restoration of vegetation cover in the eastern Amazon. **Ecological Economics**, n. 18, p. 41-54, 1996.

MORAN, E. et al. Effects of soil fertility and land-use on forest succession in Amazônia. **Forest Ecology and Management**, n. 139, p. 93-108, 2000.

MORRISON, M. Modelo digital de variáveis morfométricas com dados SRTM para o território nacional: o projeto TOPODATA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia, 2005. p. 3595-3602.

MOURA, N. et al. Avian biodiversity in multiple-use landscapes of the Brazilian Amazon. **Biological Conservation**, n. 167, p. 339-348, 2013.

OMEJA, P. et al. Biomass accumulation in tropical lands with different disturbance histories: Contrasts within one landscape and across regions. **Forest Ecology and Management**, n. 269, p. 293-300, 2012.

PARÁ (Governo). **Instrução Normativa 8/2015 PA**. SEMA Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade, Belém, 2015. Disponível em: <<http://www.semas.pa.gov.br/2015/11/03/instrucao-normativa-no-08-de-28-de-outubro-de-2015/>>. Acesso em: 05 dez. 2015.

PARDINI, R. et al. The role of forest structure, fragment size and corridors in maintaining small mammal abundance and diversity in an Atlantic forest landscape. **Biological Conservation**, N. 124, p. 253-266, 2005.

PINOTTI, B.; PAGOTTO, C.; PARDINI, R. Wildlife Recovery During Tropical Forest Succession: Assessing Ecological Drivers of Community Change. **Biotropica**, v. 47, n. 6, p. 765-774, 2015.

POORTER, L. et al. Biomass resilience of Neotropical secondary forests. **Nature**, n. 530, p. 211-214, 2016.

PRASAD, A. M.; IVERSON, L.; LIAW, A. Newer Classification and regression Tree techniques: Bagging and Random Forest for Ecological Prediction. **Ecosystems**, n. 9, p. 181-199, 2006.

R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria: [s.n.], 2013. Disponível em: <<https://www.R-project.org>>. Acesso em: 15 fev. 2016.

REES, M. et al. Long-term studies of vegetation dynamics. **Science**, v. 293, p. 650-654, 2001.

SALDARRIAGA, J. et al. Long-term chronosequence of forest succession in the upper Rio Negro of Colombia e Venezuela. **Journal of Ecology**, v. 76, n. 4, p. 938-958, 1988.

SALOMÃO, R. et al. Sistema Capoeira Classe: uma proposta de sistema de classificação de estágios sucessionais de florestas secundárias para o estado do Pará. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Nat.**, Belem, v. 7, n. 3, p. 297-317, 2012.

SOLAR, R. et al. How pervasive is biotic homogenization in human-modified tropical forest landscapes? **Ecology letters**, n. 18(10), p. 1108-1118., 2015.

TABARELLI, M. et al. Florestas secundárias como repositórios de biodiversidade em paisagens antrópicas: evidências dos neotrópicos. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Nat.**, Belem, v. 7, n. 3, p. 319-328, 2012.

TEEGALAPALLI, K.; GOPI, G.; PRASANNA, K. Forest recovery following shifting cultivation: an overview of existing reserach. **Tropical Conservation Science**, v. 2(4), p. 374-387, 2009.

TYMEN, B. et al. Evidence for arrested succession in a liana-infested Amazonian forest. **Journal of Ecology**, n. 104, p. 149-159, 2016.

ULH, C. Factors controlling succession following slash-and-burn agriculture in Amazonia. **Journal of Ecology**, v. 75, n. 2, p. 337-407, 1987.

VIEIRA, I. et al. Challenges of governing second-growth forests: a case study from the Brazilian Amazonian State of Pará. **Forests**, n. 5, p. 1737-1752, 2014. ISSN 1999-4907.

VIEIRA, I.; GARDNER, T. Florestas secundárias tropicais: ecologia e importância em paisagens antrópicas. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Nat.**, Belem, v. 7, n. 3, p. 191-194, 2012.

ZARIN, D. et al. Legacy of fire slows carbon accumulation in Amazonian forest regrowth. **Front Ecol Environ** , v. 3, n. 7, p. 365-369, 2005.

APÊNDICES

APÊNDICE A- LISTA DE ESPÉCIES IDENTIFICADAS NO ESTÚDO, COM AS RESPECTIVAS FAMILIAR E FORMAS DE VIDA (a=arvore; c=cipó; p=palmeira).

(continua)

<i>N.</i>	<i>Espécie</i>	<i>Família</i>	<i>F.de vida</i>
1	<i>Abarema campestris</i>	Fabaceae	<i>a</i>
2	<i>Abarema jupunba</i>	Fabaceae	<i>a</i>
3	<i>Abuta grandifolia</i>	Menispermaceae	<i>c</i>
4	<i>Acacia polyphylla</i>	Fabaceae	<i>a</i>
5	<i>Acacia mangium</i>	Fabaceae	<i>a</i>
6	<i>Acacia multipinnata</i>	Fabaceae	<i>a</i>
7	<i>Adenantha pavonina</i>	Fabaceae	<i>a</i>
8	<i>Adenocalymma allamandiflorum</i>	Bignoniaceae	<i>c</i>
9	<i>Adenocalymma neoflavidum</i>	Bignoniaceae	<i>c</i>
10	<i>Adenocalymma sp</i>	Bignoniaceae	<i>c</i>
11	<i>Aegiphila racemosa</i>	Lamiaceae	<i>a</i>
12	<i>Aegiphila sp</i>	Lamiaceae	<i>a</i>
13	<i>Agonandra brasiliensis</i>	Opiliaceae	<i>a</i>
14	<i>Agonandra sp</i>	Opiliaceae	<i>a</i>
15	<i>Albizia pedicellaris</i>	Fabaceae	<i>a</i>
16	<i>Alexa grandiflora</i>	Fabaceae	<i>a</i>
17	<i>Ambelania acida</i>	Apocynaceae	<i>a</i>
18	<i>Ampelocera edentula</i>	Ulmaceae	<i>a</i>
19	<i>Amphiodon effusus</i>	Fabaceae	<i>a</i>
20	<i>Amphirrhox longifolia</i>	Violaceae	<i>a</i>
21	<i>Andira sp</i>	Fabaceae	<i>a</i>
22	<i>Anemopaegma sp</i>	Bignoniaceae	<i>a</i>
23	<i>Aniba canelilla</i>	Lauraceae	<i>a</i>
24	<i>Annona exsucca</i>	Annonaceae	<i>a</i>
25	<i>Annona sp</i>	Annonaceae	<i>a</i>
26	<i>Aparisthium cordatum</i>	Euphorbiaceae	<i>a</i>
27	<i>Apeiba albiflora</i>	Malvaceae	<i>a</i>
28	<i>Apeiba echinata</i>	Malvaceae	<i>a</i>
29	<i>Apeiba sp</i>	Malvaceae	<i>a</i>
30	<i>Apeiba tibourbou</i>	Malvaceae	<i>a</i>
31	<i>Apuleia leiocarpa</i>	Fabaceae	<i>a</i>
32	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	Moraceae	<i>a</i>
33	<i>Aspidosperma desmanthum</i>	Apocynaceae	<i>a</i>
34	<i>Astrocaryum gynacanthum</i>	Arecaceae	<i>p</i>
35	<i>Astrocaryum murumuru</i>	Arecaceae	<i>a</i>
36	<i>Astrocaryum vulgare</i>	Arecaceae	<i>p</i>
37	<i>Attalea maripa</i>	Arecaceae	<i>p</i>
38	<i>Attalea speciosa</i>	Arecaceae	<i>p</i>
39	<i>Bagassa guianensis</i>	Moraceae	<i>a</i>
40	<i>Banara guianensis</i>	Salicaceae	<i>a</i>

(continuação)

N.	Espécie	Família	F.de vida
41	<i>Bauhinia acreana</i>	Fabaceae	c
42	<i>Bauhinia goeldiana</i>	Fabaceae	c
43	<i>Bauhinia guianensis</i>	Fabaceae	c
44	<i>Bauhinia longicuspis Benth</i>	Fabaceae	a
45	<i>Bauhinia sp</i>	Fabaceae	c
46	<i>Bauhinia splendens</i>	Fabaceae	a
47	<i>Bellucia grossularioides</i>	Melastomataceae	a
48	<i>Bellucia sp</i>	Melastomataceae	a
49	<i>Bertholletia excelsa</i>	Lecythidaceae	a
50	<i>Brosimum guianense</i>	Moraceae	a
51	<i>Brosimum parinarioides</i>	Moraceae	a
52	<i>Calonera ulem</i>	Fabaceae	a
53	<i>Calycobolus sp</i>	Convolvulaceae	c
54	<i>Calyptranthes sp</i>	Myrtaceae	a
55	<i>Campomanesia grandiflora</i>	Myrtaceae	a
56	<i>Caryocar glabrum</i>	Caryocaraceae	a
57	<i>Caryocar villosum</i>	Caryocaraceae	a
58	<i>Casearia arborea</i>	Salicaceae	a
59	<i>Casearia armata</i>	Sapindaceae	a
60	<i>Casearia decandra</i>	Salicaceae	a
61	<i>Casearia javitensis</i>	Salicaceae	a
62	<i>Casearia sp</i>	Salicaceae	a
63	<i>Casearia ulmifolia Vahl</i>	Salicaceae	a
64	<i>Cassia fastuosa</i>	Fabaceae	a
65	<i>Cassia leiandra</i>	Fabaceae	a
66	<i>Cassia sp</i>	Fabaceae	a
67	<i>Cecropia distachya</i>	Urticaceae	a
68	<i>Cecropia obtusa</i>	Urticaceae	a
69	<i>Cecropia palmata</i>	Urticaceae	a
70	<i>Ceiba pentandra</i>	Bombacaceae	a
71	<i>Cenostigma tocaninum</i>	Fabaceae	a
72	<i>Chloroleucon acacioides (Ducke)</i>	Fabaceae	a
73	<i>Chrysophyllum auratum</i>	Sapotaceae	a
74	<i>Chrysophyllum sparsiflorum</i>	Sapotaceae	a
75	<i>Citharexylum sp</i>	Verbenaceae	a
76	<i>Citrus x limon</i>	Rutaceae	a
77	<i>Clarisia ilicifolia</i>	Moraceae	a
78	<i>Clarisia sp</i>	Moraceae	a
79	<i>Coccoloba latifolia</i>	Polygonaceae	c
80	<i>Coccoloba sp</i>	Polygonaceae	a
81	<i>Colubrina glandulosa</i>	Rhamnaceae	a
82	<i>Combretum rotundifolium Rich</i>	Combrataceae	c
83	<i>Combretum sp</i>	Combrataceae	c

(continuação)

N.	Espécie	Família	F.de vida
84	<i>Compsoeura ulei</i>	Myristicaceae	a
85	<i>Conceveiba sp</i>	Euphorbiaceae	a
86	<i>Connarus perrottetii</i>	Connaraceae	a
87	<i>Connarus sp</i>	Connaraceae	a
88	<i>Copaifera martii Hayne</i>	Fabaceae	a
89	<i>Copaifera sp</i>	Fabaceae	a
90	<i>Cordia bicolor</i>	Boraginaceae	a
91	<i>Cordia exaltata</i>	Boraginaceae	a
92	<i>Cordia nodosa</i>	Boraginaceae	a
93	<i>Costus arabicus</i>	Costaceae	a
94	<i>Couratari oblongifolia</i>	Lecythidaceae	a
95	<i>Crepidospermum goudotianum</i>	Burseraceae	a
96	<i>Cupania diphylla</i>	Sapindaceae	a
97	<i>Cupania scrobiculata</i>	Sapindaceae	a
98	<i>Cupania sp</i>	Sapindaceae	a
99	<i>Davilla rugosa</i>	Dilleniaceae	c
100	<i>Davilla sp</i>	Dilleniaceae	c
101	<i>Dendrobrangia boliviana</i>	Fabaceae	a
102	<i>Dialium guianense</i>	Leguminosae	a
103	<i>Dioclea sp</i>	Fabaceae	c
104	<i>Diospyros sp</i>	Ebenaceae	a
105	<i>Dipteryx odorata</i>	Fabaceae	a
106	<i>Duguetia echinophora RE.Fr.</i>	Annonaceae	a
107	<i>Enterolobium schomburgkii</i>	Fabaceae	a
108	<i>Ephedranthus parviflorus S.Moore</i>	Annonaceae	a
109	<i>Eriotheca globosa</i>	Malvaceae	a
110	<i>Eriotheca longipedicellata</i>	Malvaceae	a
111	<i>Erythrina fusca</i>	Fabaceae	a
112	<i>Erythrina verna</i>	Fabaceae	a
113	<i>Erythroxyllum sp</i>	Erythroxyllaceae	a
114	<i>Eschweilera coriacea</i>	Lecythidaceae	a
115	<i>Eugenia cupulata</i>	Myrtaceae	a
116	<i>Eugenia patrisii</i>	Myrtaceae	a
117	<i>Euxylophora paraensis</i>	Rutaceae	a
118	<i>Ficus maxima</i>	Moraceae	a
119	<i>Ficus sp</i>	Moraceae	c
120	<i>Fridericia sp</i>	Bignoniaceae	c
121	<i>Geissospermum sericeum</i>	Apocynaceae	c
122	<i>Geonoma sp</i>	Arecaceae	a
123	<i>Glycydendron amazonicum</i>	Euphorbiaceae	a
124	<i>Guarea sp</i>	Meliaceae	a
125	<i>Guatteria sp</i>	Annonaceae	a
126	<i>Guatteria poeppigiana</i>	Annonaceae	a

(continuação)

N.	Espécie	Família	F.de vida
127	<i>Guatteria schomburgkiana</i>	Annonaceae	a
128	<i>Guatteriopsis kuhlmannii</i>	Annonaceae	a
129	<i>Guazuma glandulosa</i>	Malvaceae	a
130	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Malvaceae	a
131	<i>Handroanthus serratifolius</i>	Bignoniaceae	a
132	<i>Heisteria densifrons</i>	Olacaceae	a
133	<i>Helicostylis sp</i>	Moraceae	a
134	<i>Helicostylis tomentosa</i>	Moraceae	a
135	<i>Himatanthus articulatus</i>	Apocynaceae	a
136	<i>Himatanthus sucuuba</i>	Apocynaceae	a
137	<i>Homaliun sp</i>	Salicaceae	a
138	<i>Humirianthera sp</i>	Icacinaceae	c
139	<i>Hymenaea parvifolia</i>	Fabaceae	a
140	<i>Inga alba</i>	Fabaceae	a
141	<i>Inga auristellae</i>	Fabaceae	a
142	<i>Inga capitata</i>	Fabaceae	a
143	<i>Inga cayennensis</i>	Fabaceae	a
144	<i>Inga edulis</i>	Fabaceae	a
145	<i>Inga heterophylla</i>	Fabaceae	a
146	<i>Inga macrophylla</i>	Fabaceae	a
147	<i>Inga nobilis</i>	Fabaceae	a
148	<i>Inga rubiginosa</i>	Fabaceae	a
149	<i>Inga sp</i>	Fabaceae	a
150	<i>Inga thibaudiana</i>	Fabaceae	a
151	<i>Iryanthera sp</i>	Myristicaceae	a
152	<i>Jacaranda copaia</i>	Bignoniaceae	a
153	<i>Lacistema aggregatum</i>	Lacistemataceae	a
154	<i>Lacmellea aculeata (Ducke) Monach</i>	Apocynaceae	a
155	<i>Laetia procera</i>	Salicaceae	a
156	<i>Lantana camara</i>	Verbenaceae	c
157	<i>Laurus sp</i>	Lauraceae	a
158	<i>Lecythis pisonis</i>	Lecythidaceae	a
159	<i>Lecythis sp</i>	Lecythidaceae	a
160	<i>Licania canescens</i>	Chrysobalanaceae	a
161	<i>Licania heteromorpha</i>	Chrysobalanaceae	a
162	<i>Lindackeria paraensis</i>	Achariaceae	a
163	<i>Luehea speciosa</i>	Malvaceae	a
164	<i>Mabea angustifolia</i>	Euphorbiaceae	a
165	<i>Machaerium maderensis</i>	Fabaceae	a
166	<i>Machaerium quinata</i>	Fabaceae	c
167	<i>Machaerium sp</i>	Fabaceae	c
168	<i>Maclura tinctoria</i>	Moraceae	a
169	<i>Maprounea guianensis</i>	Euphorbiaceae	a

(continuação)

N.	Espécie	Família	F.de vida
170	<i>Maquira coriacea</i>	Moraceae	<i>a</i>
171	<i>Margaritaria nobilis</i>	Phyllanthaceae	<i>a</i>
172	<i>Maripa reticulata</i>	Convolvulaceae	<i>c</i>
173	<i>Matail bifolia</i>	Fabaceae	<i>a</i>
174	<i>Metrodorea flavida</i>	Rutaceae	<i>a</i>
175	<i>Mezilaurus itauba</i>	Lauraceae	<i>a</i>
176	<i>Miconia minutiflora</i>	Melastomataceae	<i>a</i>
177	<i>Miconia phuphicalix</i>	Melastomataceae	<i>a</i>
178	<i>Miconia sp</i>	Melastomataceae	<i>a</i>
179	<i>Microphyllus auratus</i>	Fabaceae	<i>a</i>
180	<i>Mimosa hostilis</i>	Fabaceae	<i>a</i>
181	<i>Mimosa sp</i>	Fabaceae	<i>c</i>
182	<i>Myrcia bracteata</i>	Myrtaceae	<i>a</i>
183	<i>Myrcia sp</i>	Myrtaceae	<i>a</i>
184	<i>Myrcia splendens</i>	Myrtaceae	<i>a</i>
185	<i>Myrcia sylvatica</i>	Myrtaceae	<i>a</i>
186	<i>Myrciaria floribunda</i>	Myrtaceae	<i>a</i>
187	<i>Nectandra cuspidata</i>	Lauraceae	<i>a</i>
188	<i>Neea oppositifolia</i>	Nyctaginaceae	<i>a</i>
189	<i>Ocotea cernua</i>	Lauraceae	<i>a</i>
190	<i>Ocotea longifolia</i>	Lauraceae	<i>a</i>
191	<i>Ocotea opifera</i>	Lauraceae	<i>a</i>
192	<i>Ocotea sp</i>	Lauraceae	<i>a</i>
193	<i>Oenocarpus bacaba</i>	Arecaceae	<i>p</i>
194	<i>Oenocarpus sp</i>	Arecaceae	<i>p</i>
195	<i>Ormosia flava</i>	Fabaceae	<i>a</i>
196	<i>Oxandra reticulata Maas</i>	Annonaceae	<i>a</i>
197	<i>Palicourea guianensis</i>	Rubiaceae	<i>a</i>
198	<i>Parahancornia fasciculata</i>	Apocynaceae	<i>a</i>
199	<i>Passiflora araujoi</i>	Passifloraceae	<i>c</i>
200	<i>Passiflora sp</i>	Passifloraceae	<i>c</i>
201	<i>Pera anisotricha Mull Arg</i>	Peraceae	<i>a</i>
202	<i>Pera sp</i>	Peraceae	<i>a</i>
203	<i>Phanera splendens</i>	Fabaceae	<i>a</i>
204	<i>Phanera splendor</i>	Fabaceae	<i>a</i>
205	<i>Piper sp</i>	Piperaceae	<i>a</i>
206	<i>Piptadenia multiflora</i>	Fabaceae	<i>a</i>
207	<i>Platonia insignis</i>	Clusiaceae	<i>a</i>
208	<i>Platymiscium filipes Benth</i>	Fabaceae	<i>c</i>
209	<i>Platymiscium pinnatum ulei</i>	Fabaceae	<i>a</i>
210	<i>Pourouma sp</i>	Urticaceae	<i>a</i>
211	<i>Pouteria macrophylla</i>	Sapindaceae	<i>a</i>

(continuação)

N.	Espécie	Família	F.de vida
212	<i>Pouteria sp</i>	Sapindaceae	A
213	<i>Protium pallidum</i>	Burseraceae	a
214	<i>Pseudima frutescens</i>	Sapindaceae	a
215	<i>Pseudolmedia macrophylla Trecul</i>	Moraceae	a
216	<i>Psidium guajava</i>	Myrtaceae	a
217	<i>Psidium guianensis</i>	Myrtaceae	a
218	<i>Psidium sp</i>	Myrtaceae	a
219	<i>Pterocarpus rohrii</i>	Fabaceae	a
220	<i>Randia armata</i>	Rubiaceae	a
221	<i>Rinoreaocarpus ulei</i>	Violaceae	a
222	<i>Rochmanianum sp</i>	Fabaceae	a
223	<i>Ryania sp</i>	Salicaceae	a
224	<i>Salacea sp</i>	Celastraceae	c
225	<i>Sapium glandulosum</i>	Euphorbiaceae	a
226	<i>Sapium sp</i>	Euphorbiaceae	a
227	<i>Schefflera coriacea</i>	Araliaceae	a
228	<i>Schefflera morototoni</i>	Araliaceae	a
229	<i>Schizolobium parahyba amazonicum</i>	Fabaceae	a
230	<i>Senegalia polyphylla</i>	Fabaceae	a
231	<i>Senna chrysocarpa</i>	Fabaceae	a
232	<i>Senna georgica var.georgica</i>	Fabaceae	a
233	<i>Senna multijuga</i>	Fabaceae	a
234	<i>Senna sp</i>	Fabaceae	a
235	<i>Serjania falsidentata</i>	Sapindaceae	a
236	<i>Siparuna guianensis</i>	Siparunaceae	a
237	<i>Sloanea grandiflora</i>	Elaeocarpaceae	a
238	<i>Solanum inodorum</i>	Solanaceae	c
239	<i>Solanum juripeba</i>	Solanaceae	a
240	<i>Solanum salicifolium</i>	Solanaceae	a
241	<i>Solanum sp</i>	Solanaceae	a
242	<i>Spondias mombin</i>	Anacardiaceae	a
243	<i>Sterculia elata</i>	Malvaceae	a
244	<i>Strychnos tomentosa</i>	Loganiaceae	c
245	<i>Stryphnodendron guianense</i>	Fabaceae	a
246	<i>Stryphnodendron pulcherrimum</i>	Fabaceae	a
247	<i>Swartzia arborescens</i>	Fabaceae	a
248	<i>Swartzia brachyrachis Harm</i>	Fabaceae	a
249	<i>Swartzia flaemingii</i>	Fabaceae	a
250	<i>Swartzia laurifolia</i>	Fabaceae	a
251	<i>Swartzia leptopetala</i>	Fabaceae	a
252	<i>Swartzia sp</i>	Fabaceae	a
253	<i>Syagrus oleracea</i>	Arecaceae	p

(conclusão)

N.	Espécie	Família	F.de vida
254	<i>Tabebuia incana</i>	Bignoniaceae	<i>a</i>
255	<i>Tabebuia serratifolia</i>	Bignoniaceae	<i>a</i>
256	<i>Tabebuia sp</i>	Bignoniaceae	<i>a</i>
257	<i>Tachigali glauca</i>	Fabaceae	<i>a</i>
258	<i>Tachigali guianensis</i>	Fabaceae	<i>a</i>
259	<i>Tachigali sp</i>	Fabaceae	<i>a</i>
260	<i>Talisia esculenta</i>	Sapindaceae	<i>a</i>
261	<i>Talisia macrophylla</i>	Sapindaceae	<i>a</i>
262	<i>Talisia sp</i>	Sapindaceae	<i>a</i>
263	<i>Tapirira guianensis</i>	Anacardiaceae	<i>a</i>
264	<i>Tapura guianensis</i>	Dichapetalaceae	<i>a</i>
265	<i>Terminalia amazonia</i>	Combrataceae	<i>a</i>
266	<i>Terminalia sp</i>	Combrataceae	<i>a</i>
267	<i>Tetracera willdenowiana</i>	Dilleniaceae	<i>c</i>
268	<i>Theobroma sp</i>	Malvaceae	<i>a</i>
269	<i>Theobroma speciosum</i>	Malvaceae	<i>a</i>
270	<i>Thyrsodium spruceanum</i>	Anacardiaceae	<i>a</i>
271	<i>Trattinnickia rhoifolia</i>	Burseraceae	<i>a</i>
272	<i>Trema micrantha</i>	Cannabaceae	<i>a</i>
273	<i>Uncaria guianensis</i>	Rubiaceae	<i>c</i>
274	<i>Vernonia esmuducabra</i>	Fabaceae	<i>c</i>
275	<i>Virola sebifera</i>	Myristicaceae	<i>a</i>
276	<i>Vismia baccifera</i>	Hypericaceae	<i>a</i>
277	<i>Vismia cayennensis</i>	Hypericaceae	<i>a</i>
278	<i>Vismia guianensis</i>	Hypericaceae	<i>a</i>
279	<i>Vitex sp</i>	Lamiaceae	<i>a</i>
280	<i>Vitex triflora</i>	Lamiaceae	<i>a</i>
281	<i>Xylophragma sp</i>	Bignoniaceae	<i>c</i>
282	<i>Xylopia nitida</i>	Annonaceae	<i>a</i>
283	<i>Xylopia sp</i>	Annonaceae	<i>a</i>
284	<i>Zanthoxylum ekmanii</i>	Rutaceae	<i>a</i>
285	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	Rutaceae	<i>a</i>

Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE B- TABELA RESUMO DAS FLORESTAS SECUNDÁRIAS EM ESTUDO.

(continua)

N.	Município	Proprietário	Assentamento	Histórico	Idade	Fogo
1	Marabá	Genilda Nunes Carneiro	Piquiá	(1994): primeira derrubada da mata e plantou roca uma só vez, depois abandonou	20	nao
2	Marabá	Raimundo Rego da Silva	Cedrinho(fora)	(1999): ultima roca	16	sim
3	Marabá	Anacleto da S. Duarte (Queto)	Cedrinho/Lagedo	(1997): primeira roca implantada em mata degradada, (2001); 2a. roca	14	nao
4	Marabá	Tiao Branco	Piquiá	(1989): primeira roca implantada em mata já degradada, 3 rocas no total, sendo a ultima em 2000	15	sim
5	Marabá	Delplina Santiago	Piquiá	primeira derrubada provavelmente há mais de 15 anos>arroz>muitas queimadas; fogo intenso há 7 anos	8	sim
6	Marabá	Arlei Petronio (Nenem)	fora	(2006): pasto degradado; (2008): fogo forte mas nao matou, a partir de entao deixou regenerar	7	nao
7	Marabá	Raimundo Alves de Sousa (Raimundao)	fora	(2004): juquirao; (2008-2009): ultima roca	6	nao
8	Parauapebas	Raimundo Filho Cunha	APA (fora)	(1996): pasto degradado e grande queimada; (2006)parou de usar o pasto e deixou regenerar	9	nao
9	Parauapebas	Francisco Barbosa de Carvalho (Chiquinho)	APA (fora)	(1986): capoeira de 11 anos; (1993): plantou arroz; (1994): deixou regenerar	21	nao
10	Parauapebas	Raimundo Xavier	APA (fora)	(2004): floresta derrubada e plantio de arroz, nao usou mais a partir de 2005	10	nao
11	Parauapebas	Francisco de Paulo Rodrigues (Chicao)	Vicinal 13 (VS 13) (fora)	(1992): derrubou floresta primária, (1992-1993): plantou milho e feijao; (1994-2006): pasto; (2006): parou de limpar o pasto	9	nao

(conclusão)

N.	Município	Proprietário	Assentamento	Histórico	Idade	Fogo
12	Parauapebas	Geraldo Rodrigues de Freitas (Cabral)	Vicinal 45 (VS 45) (PA Carajas II e III)	(1988): derrubou floresta primária, (1988-1994): roca; (1994): 2a. Roca e depois capim, (1996): Jaborandi, (2000): abandonou	21	nao
13	Parauapebas	Valdemar Dias Moreira	Vicinal 13 (VS 13) (fora)	(1986): derrubou floresta primária, (1990): plantou roca arroz e milho, posteriormente banana; (+-1995): capim, (+-2000-2004): abandonou	11	nao
14	Parauapebas	Valdemar Dias Moreira	PA Carajas II e III	(+-1986): derrubou floresta primária, (1990): plantou roca arroz e milho, posteriormente banana; (+-1995): capim, (+-2000): abandonou	15	nao
15	El Dorado dos Carajás	Seu Domingo	Alto Bonito do Axixá	(+-1997): derrubou floresta primária, plantou pasto que não se formou bem, e virou capoeira	18	nao
16	El Dorado dos Carajás	Seu Manoel	PA Gameleira	(+-1996): derrubou floresta primária, plantou roca arroz e milho, (+-2005) ultimo ciclo	10	nao
17	El Dorado dos Carajás	Seu Antônio Cazador	PA Gameleira	(+-1993): derrubou floresta primária, plantou roca arroz e mandioca, posteriormente (1997) segunda roça de milho e capim (2001) sapecou e renovou pasto (2010) parou de limpar	5	nao
18	El Dorado dos Carajás	Dona Noemia	PA Gameleira	sem dados..(2007?)	8	nao
19	El Dorado dos Carajás	Seu Pedro Ivan	PA Gameleira	(+-1994): derrubou floresta primária, plantou roca arroz e milho, (+-1995): roça na palhada (95-98) Possio (2005-2008) Pasto	7	nao
20	El Dorado dos Carajás	Seu Wellington	PA Gameleira	(+-1991): derrubou floresta primária, (2001):Capoeira de 10 anos, (2003) derrubou a capoeira, (2003-2004)Roça arroz e milho (2005) começou a encapoeirar	10	nao

Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE C- TABELA COM AS VARIÁVEIS DE PAISAGEM, MUNICÍPIO E IDADE DAS FLORESTAS SECUNDÁRIAS EM ESTUDO.

N.	VARIÁVEIS DE PAISAGEM											Mun.	Idade
	Área fragmento (km ²)	Perímetro (km)	Perímetro/área	Cobertura Floresta total (R=500m) [km ²]	Cobertura floresta primária (R=500m) [km ²]	Cobertura floresta total (R=1km)	Cobertura floresta primária (R=1km)	Cobertura Floresta total (R=3km)	Cobertura floresta primária (R=3km)	Distância Linear a floresta primária (km)	Distância total Flor. Total. (km)		
1	1.17771	4.40578	3.74097	0.23670	0.00000	0.66806	0.06408	3.50691	0.82800	1.22600	0.00000	MAR	20
2	0.04233	0.78502	18.54728	0.45431	0.00000	1.33564	0.00000	9.42494	0.72451	1.25600	0.00000	MAR	16
3	0.05972	1.04270	17.46069	0.24268	0.00000	1.37687	0.15074	9.39177	3.03526	0.53300	0.00000	MAR	14
4	0.43504	3.20146	7.35904	0.56805	0.00000	1.08323	0.00001	11.78656	3.97939	0.99700	0.00000	MAR	15
5	1.71915	8.95078	5.20651	0.54556	0.00000	1.68814	0.14806	12.83284	4.20351	0.68000	0.00000	MAR	8
6	0.08212	1.98865	24.21531	0.41869	0.00000	1.18278	0.00000	13.00239	2.47490	1.04700	0.00000	MAR	7
7	0.96391	5.98780	6.21197	0.78485	0.22266	2.31109	0.83910	16.92673	5.85577	0.31100	0.00000	MAR	6
8	0.59114	4.74180	8.02150	0.40325	0.04499	1.62366	0.46764	14.63615	5.00034	0.43300	0.00000	PEB	9
9	0.77458	4.13855	5.34298	0.62925	0.42266	2.18554	0.97313	14.72849	8.78784	0.69500	0.00000	PEB	21
10	0.29522	2.59846	8.80175	0.43892	0.17377	1.52502	0.58251	11.77883	5.96458	0.33100	0.33100	PEB	10
11	0.18075	1.84491	10.20723	0.12625	0.00000	0.44111	0.00018	3.86749	1.33005	1.04000	0.55300	PEB	9
12	0.37456	2.82726	7.54818	0.16306	0.00000	0.36365	0.00000	2.69174	0.27827	1.70200	0.46200	PEB	21
13	0.62758	3.39964	5.41709	0.46328	0.03975	1.28701	0.43114	3.46667	1.41391	0.39600	0.00000	PEB	11
14	0.15425	1.59083	10.31318	0.03125	0.00000	0.15267	0.03722	4.47716	0.93607	1.21500	0.53100	PEB	15
15	0.58443	3.98894	6.82532	0.50747	0.00000	1.53755	0.13828	8.98632	4.11857	0.72100	0.00000	ELD	18
16	0.45678	3.24750	7.10950	0.39711	0.20198	0.73910	0.26617	3.10221	1.38477	0.81200	0.51900	ELD	10
17	0.10209	1.88045	18.42018	0.19235	0.03975	1.02270	0.45813	4.88962	2.81799	0.37700	0.55300	ELD	5
18	0.59607	4.47853	7.51347	0.48164	0.24082	0.51376	0.49585	4.43894	1.92332	0.81200	0.68000	ELD	8
19	0.13193	1.52475	11.55686	0.19814	0.09334	0.59664	0.35316	5.05458	2.40187	0.47900	0.25200	ELD	7
20	0.24902	2.76700	11.11153	0.23670	0.00000	0.66806	0.06408	3.50691	0.82800	0.61100	0.27300	ELD	10

Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE D- TABELA COM AS VARIÁVEIS NATURAIS, DE USO, MUNICÍPIO E IDADE DAS FLORESTAS SECUNDARIAS EM ESTUDO.

N.	VARIÁVEIS NATURAIS		VARIÁVEIS DE USO		Mun.	Idade
	Altitude media (m)	Declividade media (%)	Índice LUI	N. de Ciclos agrícolas		
1	117.48217	6.86327	0.992016	1	MAR	20
2	122.50535	5.13579	0.992016	n.a.	MAR	16
3	128.46373	3.88582	0.98298	2	MAR	14
4	131.95500	6.86318	0.8765	3	MAR	15
5	144.53030	3.82326	0.964728	n.a.	MAR	8
6	113.34343	3.86324	0.995544	n.a.	MAR	7
7	114.69200	4.63605	0.980208	n.a.	MAR	6
8	213.84170	8.63896	0.776448	n.a.	PEB	9
9	237.94118	13.73356	0.453636	1	PEB	21
10	230.44474	10.71993	0.775656	1	PEB	10
11	185.69291	4.80919	0.991188	2	PEB	9
12	239.87611	6.89078	0.999576	3	PEB	21
13	179.02674	4.40108	0.776772	3	PEB	11
14	242.21123	12.31462	1.000476	3	PEB	15
15	123.39572	5.68661	0.6561	1	ELD	18
16	149.78633	7.66869	0.865332	2	ELD	10
17	154.85950	7.72268	0.801252	3	ELD	5
18	157.28699	7.20232	0.819288	n.a.	ELD	8
19	147.19651	8.85308	0.824216	3	ELD	7
20	152.33066	6.93298	0.967572	1	ELD	10

Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE E- TABELA COM AS VARIÁVEIS RESPOSTA DE INDIVÍDUOS DAP > 10 cm e DAP < 10 cm.

N.	DAP > 10 cm								DAP < 10 cm						
	Densidade Individuos /100 m ²	Area basal media (m ² /100m ²)	Altura m	Densidade Palmeiras /100m ²	N. Fustes	N. Esp (Riqueza)	Indice Div. Shannon	Indice Div. Simpson (1-u)	Densidade Individuos /100 m ²	Area basal media (m ² /100m ²)	Densidade Lianas /100m ²	N. de Fustes	N. Esp (Riqueza)	Indice Div. Shannon	Indice Div. Simpson
1	4.40	0.14371	10.426	0.00	1.2861	24	2.71215	0.91064	21.40	0.06669	3.20	1.4275	40	3.33842	0.94751
2	2.24	0.04359	7.635	0.00	1.2500	8	1.80564	0.79273	35.40	0.08631	4.80	1.4275	27	2.68060	0.89757
3	4.32	0.10363	9.920	0.16	1.2300	25	2.73360	0.90775	38.40	0.12101	6.60	1.7000	50	3.32975	0.94504
4	4.80	0.10280	9.063	0.24	1.4929	28	2.28372	0.78483	41.00	0.09757	6.60	1.6372	40	2.81104	0.88623
5	0.68	0.03989	6.095	0.04	1.3030	12	2.27830	0.86505	52.00	0.07257	2.60	1.6447	40	2.67429	0.85888
6	0.64	0.05883	6.155	0.04	2.5600	8	1.94591	0.83673	32.20	0.08027	4.20	2.6773	38	2.92548	0.91300
7	0.28	0.08016	4.500	0.20	1.0000	4	1.15374	0.61224	38.40	0.08439	1.20	2.8150	39	2.81063	0.89383
8	3.08	0.13645	8.746	0.28	1.6200	33	3.04829	0.92258	22.40	0.08262	5.20	2.4960	38	3.07864	0.92379
9	4.28	0.19274	10.467	0.60	1.1400	25	2.71140	0.90980	14.60	0.03655	2.80	1.5000	37	3.37902	0.95740
10	4.80	0.15660	8.289	0.16	1.1000	27	2.59735	0.86957	15.20	0.04715	2.20	2.0598	29	3.06565	0.94044
11	1.28	0.03567	4.757	0.00	1.6000	7	1.66323	0.77734	15.40	0.07945	2.40	3.2390	23	2.73681	0.90875
12	3.84	0.11284	8.027	1.00	1.7400	26	2.45398	0.84257	20.20	0.07198	4.20	1.9000	42	3.35887	0.94893
13	2.60	0.07948	7.347	0.00	1.8480	22	2.73020	0.91623	24.80	0.06823	5.60	1.5060	38	3.15218	0.93809
14	1.60	0.03212	5.879	0.00	1.3700	14	2.24670	0.84625	20.60	0.06605	6.80	2.2159	40	3.37250	0.95598
15	3.12	0.09674	9.230	0.36	1.1350	22	2.63537	0.89974	25.80	0.05175	3.80	1.4540	47	3.40912	0.95199
16	2.60	0.07150	10.330	0.00	1.1000	23	2.81002	0.92213	32.40	0.07969	6.00	1.3440	39	3.07993	0.91975
17	0.20	0.05366	8.556	0.00	1.0000	3	0.95027	0.56000	22.40	0.03805	0.20	1.8479	13	2.12395	0.85730
18	5.40	0.11008	9.869	0.00	1.0600	29	2.57983	0.85564	15.80	0.04466	0.40	1.5650	34	3.16879	0.93511
19	2.76	0.05895	8.377	0.00	1.1400	26	2.82820	0.91577	21.20	0.05508	1.20	1.3382	38	3.12285	0.93361
20	3.08	0.10050	8.598	0.04	1.3700	23	2.70236	0.90674	17.40	0.05439	2.40	1.8366	29	2.90465	0.92192

Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE F- RESULTADOS DA ANÁLISE RANDOMFOREST, OS NÚMEROS INDIVIDUAIS SÃO %IncMSE.

Variavel	V. DE PAISAGEM											V.NAT.		Mun.	Idade	V. USO		% Var explaine d
	area	perim	Perim _area	cob_flo_ tot_500	cob_flo_ pri_500	cob_flo_t ot_1km	cob_flo_ pri_1km	cob_flo_ tot_3km	cob_flo_ pri_3km	dist_ flo_pri	dist_f lo_tot	Alt.	Dec.			lui	ciclos	
densidade	14.5 1	20.8 5	16.41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.7 4	-	11.0 8	-	-	7.49
area_basal	17.0 2	20.9 4	3.61	0.66	-	-	5.79	-	9.22	-	1.4	2.86	5.87	3.66	13.3 5	11.5 2	16.9 4	14.67
altura	-	15.3 5	6.26	6.49	-	-	-0.79	-	-	12.26	-	-	29.0 4	3.34	14.7 2	9.32	-	8.95
densidade_pa l	0.91	-	-	-	-	3.58	-	11.13	20.63	-	-	12.5 9	-	-	21.4 8	9	-	1.19
fustes	-	-	-	-	24.85	-	18.00 5	-	-	5.28	-	-	-	14.1 9	-	9.6	-	4.49
riqueza	19.9 1	18.8 4	26.71	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26.6	-	6.1	8.4	-	12.07
shannon	4.77	13.1 3	-	5.41	-	-	9.63	-	-	5.92	3.93	-0.09	-0.24	-	20.9 9	3.09	-	3.62
simpson	-	-	3	0.75	-	-	13.32	-	-	14.65	11.9	-	-	-	32.1	-	-	23.81
densidade_pq	-	-0.09	-	4.49	-	13.17	4.1	9.82	2.95	-	6.98	37.5 6	21.1 6	40.9 1	0.75	16.0 6	2.45	38.75
area_basal_p q	5.47	7.55	-	-	-	-	5.13	1.52	-	-	2.67	10.8 8	9.96	26.5 3	-	20.2 3	19.3 1	16.48
densidade_ci p	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12.99	-	-	7.77	46.8 1	-	18.8 4	21.18
fustes_pq	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-5.32
riqueza_pq	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-1.41
shannon_pq	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-10.17
simpson_pq	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-1.35

Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE G- RESULTADOS DO ANALISE RANDOMFOREST, RESULTADOS EM PERCENTAGENS.

Variavel	V. DE PAISAGEM											V.NAT.		Mun.	Idade	V. USO		% Var explained
	area	perim	Perim_area	cob_flo_tot_500	cob_flo_pri_500	cob_flo_tot_1km	cob_flo_pri_1km	cob_flo_tot_3km	cob_flo_pri_3km	dist_flo_pri	dist_flo_tot	Alt.	Dec.			lui	ciclos	
densidade	18.0	25.9	20.4										22.0		13.7			100.0
area_basal	15.1	18.6	3.2	0.6			5.1		8.2		1.2	2.5	5.2	3.2	11.8	10.2	15.0	100.0
altura		16.0	6.5	6.8			-0.8			12.8			30.3	3.5	15.3	9.7		100.0
densidade_pal	1.1					4.5		14.0	26.0			15.9			27.1	11.3		100.0
fustes					34.6		25.0			7.3				19.7		13.3		100.0
riqueza	18.7	17.7	25.1										25.0		5.7	7.9		100.0
shannon	7.2	19.7		8.1			14.5			8.9	5.9	-0.1	-0.4		31.5	4.6		100.0
simpson			4.0	1.0			17.6			19.3	15.7				42.4			100.0
densidade_pq		-0.1		2.8		8.2	2.6	6.1	1.8		4.4	23.4	13.2	25.5	0.5	10.0	1.5	100.0
area_basal_pq	5.0	6.9					4.7	1.4			2.4	10.0	9.1	24.3		18.5	17.7	100.0
densidade_cip											15.0			9.0	54.2		21.8	100.0
fustes_pq																		-
riqueza_pq																		-
shannon_pq																		-
simpson_pq																		-

Fonte: Elaborado pelo autor.