



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS DA AMAZÔNIA**

**TATIANA ANDRÉA LOBATO**

**DINÂMICA TEMPORAL NA ESTRUTURA DA VEGETAÇÃO DE FRAGMENTOS  
FLORESTAIS EM ALTER DO CHÃO, PA**

**SANTARÉM  
2019**

**TATIANA ANDRÉA LOBATO**

**DINÂMICA TEMPORAL NA ESTRUTURA DA VEGETAÇÃO DE FRAGMENTOS  
FLORESTAIS EM ALTER DO CHÃO, PA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Oeste Pará – UFOPA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, junto ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Naturais da Amazônia.  
Orientadora: Susan Aragón Carrasco  
Coorientador: José Mauro Sousa de Moura

**SANTARÉM  
2019**

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**  
**Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/UFOPA**

---

- L796d Lobato, Tatiana Andréa  
Dinâmica temporal na estrutura da vegetação de fragmentos florestais em Alter do Chão, PA. / Tatiana Andréa Lobato. – Santarém, 2020.  
56 p. : il.  
Inclui bibliografias.
- Orientadora: Susan Aragón Carrasco  
Coorientador: José Mauro Sousa de Moura  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação Tecnológica, Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia.
1. Test-t student pareado. 2. Fragmentos florestais. 3. Focos de queimadas.  
I. Carrasco, Susan Aragón, *orient.* II. Moura, José Mauro Sousa de, *coorient.*  
III Título.

CDD: 23 ed. 577.3098115

**TATIANA ANDRÉA LOBATO**

**DINÂMICA TEMPORAL NA ESTRUTURA DA VEGETAÇÃO DE FRAGMENTOS  
FLORESTAIS EM ALTER DO CHÃO, PA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Oeste Pará – UFOPA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, junto ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Naturais da Amazônia. Orientadora: Susan Aragón Carrasco. Coorientador: José Mauro Sousa de Moura

Conceito: Aprovada

Data de Aprovação: 18 / 12 / 2019



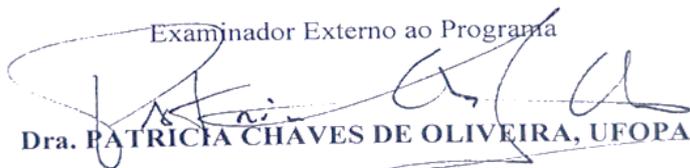
**Dra. LEIDIANE LEAO DE OLIVEIRA, UFOPA**

Examinadora Externa ao Programa



**Dr. LEANDRO LACERDA GIACOMIN, UFOPA**

Examinador Externo ao Programa



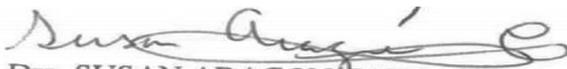
**Dra. PATRICIA CHAVES DE OLIVEIRA, UFOPA**

Examinadora Interna



**Dr. JOSE MAURO SOUSA DE MOURA, UFOPA**

Presidente



**Dra. SUSAN ARAGON CARRASCO, UFOPA  
PRESIDENTE**

Ao meu pai Paulo Roberto Lobato (*in  
memorian*) pelo início.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao querido Elvis Vieira, por me amparar em vários momentos dessa jornada, pelo constante apoio e por me fazer acreditar que era possível.

A minha Orientadora professora Susan Aragon, por me guiar neste trabalho. Eu não tenho palavras para expressar o quanto o seu coração é bom.

Ao professor Dr. José Mauro Sousa de Moura, sem você eu teria desistido. Obrigada por acreditar.

Aos colegas Jessé, por compartilhar dados da pesquisa, e a Emilly Pinheiro que foi maravilhosa em disponibilizar seu tempo comigo na pesquisa de campo.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais da Amazônia, UFOPA, pelo compromisso e responsabilidade no ensino.

Ao auxiliar de campo Edivaldo Farias (Edi), pelo bom trabalho desempenhado comigo nas ilhas florestais da APA de Alter do Chão.

Agradeço a Ieda Amaral e colaboradores, pelos dados colocados à nossa disposição.

Agradeço a todos os colegas das turmas de mestrado 2017 e 2018.

Agradeço ao meu empregador (Seduc/PA) por permitir o meu afastamento funcional.

Ao projeto PELD-POPA, por custear a logística necessária para o desenvolvimento desse trabalho. Suporte financiado pelo CNPq nº. 441443/2016-8.

À Universidade Federal do Oeste do Pará, através do Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia pela oportunidade de cursar o Mestrado, contribuindo para meu crescimento pessoal e profissional.

Aos meus familiares pelo apoio, carinho e incentivo.

Agradeço a Deus pela vida e pela possibilidade de continuar e evoluir.

## EPÍGRAFE

Ninguém há que, depois de ter acendido uma candeia, a cubra com um vaso, ou a ponha debaixo da cama; põe-na sobre o candeeiro, a fim de que os que entrem vejam a luz; – pois nada há secreto que não haja de ser descoberto, nem nada oculto que não haja de ser conhecido e de aparecer publicamente. (S. LUCAS, 8:16 e 17.)

## RESUMO

As alterações temporais ocorridas na abundância, na área basal e na distribuição de classes diamétricas são propriedades fundamentais para compreender a dinâmica de uma floresta. Essas variáveis podem fornecer indicações sobre mudanças na estrutura da vegetação. O objetivo foi caracterizar os perfis estruturais de fragmentos florestais examinando a influência de fatores como fogo e tamanho do fragmento. A pesquisa de campo foi realizada na APA de Alter do Chão em 2017-2019, os dados foram comparados com os obtidos em 1998-2001 em 22 áreas com parcelas permanentes na mesma região. A área basal diminuiu de 447,67m<sup>2</sup>/ha para 313,78m<sup>2</sup>/ha, e teve aumento da primeira classe diamétrica (DAP<5 cm) de 28.950 para 39.760 ind/ha e redução das demais classes se comparados entre os dois tempos. No entanto, a abundância total aumentou e o número de indivíduos/ha em 2017-2019 foi de 56.656 comparado com 48.790 ind/ha em 1998-2001. O efeito do fogo foi examinado nos dados de 2017-2019, havendo reduções significativas entre indivíduos com DAP menores que 5cm e maiores que 30cm nos fragmentos com registro de fogo. Não foram encontrados relações da estrutura da vegetação da amostragem atual (2017-2019) com o tamanho do fragmento. Nem relação entre as diferenças temporais da estrutura da vegetação com o tamanho dos fragmentos entre os dois tempos da amostragem. Observou-se perdas líquidas consideráveis na área basal e um significativo aumento da árvores finas a longo prazo. Os resultados dos fragmentos com fogo sugerem que incêndios possam influenciar na dinâmica da estrutura florestal, embora se entenda que existam outros fatores que possa colaborar com essa mudança.

**Palavras-Chave:** Test-t student pareado. Fragmentos Florestais. Focos de queimadas.

## ABSTRACT

Temporal changes that occurred in abundance, basal area and distribution of diametric classes are fundamental properties to understand the dynamics of a forest. These variables can provide indications about changes in vegetation structure. The objective was to characterize the structural profiles of forest fragments by examining the influence of factors such as fire and fragment size. The field research was carried out in alter do Chão's APA in 2017-2019, the data were compared with those obtained in 1998-2001 in 22 areas with permanent plots in the same region. The basal area decreased from 447.67m<sup>2</sup>/there to 313.78m<sup>2</sup>/ha, and increased the first diametric class (DBH<5 cm) from 28,950 to 39,760 ind/ha and reduction of the other classes when compared between the two times. However, total abundance increased and the number of individuals/ha in 2017-2019 was 56,656 compared with 48,790 ind/ha in 1998--2001. The effect of the fire was examined in the 2017-2019 data, with significant reductions among individuals with DBH smaller than 5cm and greater than 30cm in fragments with fire recording. No ratios of the vegetation structure of the current sampling (2017-2019) with the size of the fragment were found. Nor a relationship between the temporal differences of the vegetation structure with the size of the fragments between the two sampling times. Considerable net losses were observed in the basal area and a significant increase in fine trees in the long term. The results of fire fragments suggest that fires may influence the dynamics of the forest structure, although it is understood that there are other factors that can contribute to this change.

**Keywords:** Paired Test-t student. Forest Fragments. Foci of burning.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Mapa da localização das ilhas florestais dentro da APA de Alter do Chão (delimitada pela linha azul) e a floresta contínua.....20
- Figura 2** - Mapa de parte da região de Alter do Chão, Santarém, Brasil, mostrando a distribuição em floresta, savanas, e a cidade de Alter do Chão, as principais massas de água e a localização (em preto) dos locais das amostras. FF = fragmento florestal, CF = floresta contínua.....22
- Figura 3** - Unidade amostral utilizada para coleta de dados de mudanças estruturais da vegetação entre 1999-2001.....23
- Figura 4** - Unidade amostral utilizada para coleta de dados de mudanças estruturais da vegetação entre 2017-2019.....24
- Figura 5** - Localização dos fragmentos do PPBIO-PELD e Mapa de Calor das queimadas. Imagem: Landsat 5, 1986 Sistema de coordenadas: UTM 21N/WGS84.....24
- Figura 6** - Área basal do período 1998-2001 foi maior que a de 2017-2019.....31
- Figura 7** - Diferenças na AB entre o primeiro levantamento (1998-2001) e o segundo (2017-2019).....32
- Figura 8** - N<sup>o</sup> de indivíduos por ha com DAP < 5cm foi maior no levantamento realizado entre 2017-2019.....33
- Figura 9** - Diferenças no NI/ha com o DAP< 5cm entre o primeiro levantamento 1998-2001 e o segundo levantamento 2017-2019.....33
- Figura 10** - N<sup>o</sup> de indivíduos por ha, onde  $5 \leq \text{DAP} < 10\text{cm}$  foi maior no levantamento realizado entre 1998-2001.....33

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 11</b> - Diferenças no NI/ha com o $5 \leq \text{DAP} < 10\text{cm}$ entre o primeiro levantamento 1998-2001 e o segundo levantamento 2017-2019.....   | 33 |
| <b>Figura 12</b> - Nº de indivíduos por ha, onde $10 \leq \text{DAP} < 30\text{ cm}$ foi maior no levantamento realizado entre 1998-2001.....  | 34 |
| <b>Figura 13</b> - Diferenças no NI/ha com $10 \leq \text{DAP} < 30\text{ cm}$ entre o primeiro levantamento 1998-2001 e o segundo levantamento 2017-2019.....   | 34 |
| <b>Figura 14</b> - Nº de indivíduos por ha, onde $\text{DAP} > 30\text{ cm}$ foi maior no levantamento realizado entre 1998-2001.....  | 35 |
| <b>Figura 15</b> - Diferenças no NI/ha com $\text{DAP} > 30\text{ cm}$ entre o primeiro levantamento 1998-2001 e o segundo levantamento 2017-2019.....   | 35 |
| <b>Figura 16</b> - estudo atual 2017-2019, os fragmentos foram divididos: sem focos de queimadas (SFQ) e com focos de queimadas (CFQ); F16a – diferença na abundância; F16b – diferença na área basal; F16c – diferença no $\text{DAP} < 5\text{cm}$ ; F16d – diferença no $5 \leq \text{DAP} < 10\text{ cm}$ ; F16e – diferença no $10 \leq \text{DAP} < 30\text{ cm}$ ; F16f – diferença no $\text{DAP} > 30\text{cm}$ ..... | 36 |
| <b>Figura 17</b> - Regressão entre AB x tamanho da fragmento (2017-2019). Pontos em vermelhos com focos de queimadas (CFQ).....  | 37 |
| <b>Figura 18</b> - Regressão entre o número de indivíduos com $\text{DAP} < 5\text{ cm}$ x tamanho da fragmento (2017-2019). Pontos vazios - fragmento CFQ.....  | 38 |
| <b>Figura 19</b> - Regressão entre o número de indivíduos com $5 \leq \text{DAP} < 10\text{ cm}$ x tamanho da fragmento (2017-2019). Pontos vazios - fragmento CFQ.....  | 38 |
| <b>Figura 20</b> - Regressão entre o número de indivíduos com $10 \leq \text{DAP} < 30\text{ cm}$ x tamanho da fragmento. Pontos vazios - fragmento CFQ.....   | 39 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 21</b> - Regressão entre o número de indivíduos com $DAP > 30$ cm x tamanho da fragmento. Pontos vazios - fragmento CFQ..... | 39 |
| <b>Figura 22</b> - Regressão entre a diferença da AB x tamanho da fragmento. Pontos em vermelhos com focos de queimadas (CFQ).....     | 40 |
| <b>Figura 23</b> - Regressão entre a diferença do intervalo $DAP < 5$ cm x tamanho da fragmento. Pontos em vermelhos CFQ.....          | 41 |
| <b>Figura 24</b> - Regressão entre a diferença do intervalo $5 \leq DAP < 10$ cm x tamanho da fragmento. Pontos em vermelhos CFQ.....  | 41 |
| <b>Figura 25</b> - Regressão entre a diferença do intervalo $10 \leq DAP < 30$ cm x tamanho da fragmento. Pontos em vermelhos CFQ..... | 42 |
| <b>Figura 26</b> - Regressão entre a diferença do intervalo $DAP > 30$ cm x tamanho da fragmento. Pontos em vermelhos CFQ.....         | 43 |

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1** - Estatística descritiva dos dados das 22 áreas, FF e MC, em Alter do Chão por ha.....28

**Tabela 2:** Área Basal e Classes diamétricas por FF e MC. Ano 1998-2001. Dados expressados em ha. NTI: número total de indivíduos; DAP 5: nº de ind.  $DAP < 5$  cm; DAP 5-10: nº de ind.  $5 \leq DAP < 10$  cm; DAP 10-30: nº de ind.  $10 \leq DAP < 30$  cm; DAP +30: nº de ind.  $DAP \geq 30$  cm; AB: área basal.....30

**Tabela 3:** Área Basal e classes diamétricas por FF e MC. Ano 2017-2019. Dados expressados em ha. NTI: número total de indivíduos; DAP 5: nº de ind.  $DAP < 5$  cm; DAP 5-10: nº de ind.  $5 \leq DAP < 10$  cm; DAP 10-30: nº de ind.  $10 \leq DAP < 30$  cm; DAP +30: nº de ind.  $DAP \geq 30$  cm; AB: área basal.....30

## LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

|              |   |
|--------------|---|
| <b>AB</b>    | Área Basal  |
| <b>CAP</b>   | Circunferência a altura do peito                                  |
| <b>CFQ</b>   | Com foco de queimada  |
| <b>DAP</b>   | Diâmetro do caule a 1,30 cm do solo, “Diâmetro a altura do peito” |
| <b>FF</b>    | Fragmento florestal   |
| <b>IBGE</b>  | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística                   |
| <b>INPA</b>  | Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia                        |
| <b>INPE</b>  | Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais                         |
| <b>MC</b>    | Mata contínua   |
| <b>NI</b>    | Número de indivíduos  |
| <b>NTI</b>   | Número total de indivíduos  |
| <b>PELD</b>  | Programa de Pesquisa Ecológico de Longa Duração                   |
| <b>POPA</b>  | Programa de Pesquisa Ecológico de Longa Duração do Oeste do Pará  |
| <b>SFQ</b>   | Sem foco de queimada  |
| <b>T</b>     | Teste T pareado   |
| <b>UFOPA</b> | Universidade Federal do Oeste do Pará                             |
| <b>Ŷ</b>     | Regressão linear  |

## SUMARIO

RESUMO  
ABSTRACT  
LISTA DE FIGURAS  
LISTA DE TABELAS E QUADROS  
LISTA DE ABREVIACOES E SIGLAS

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO GERAL .....</b>                         | <b>16</b> |
| <b>1.1 Revisão bibliográfica .....</b>                   | <b>17</b> |
| 1.1.1 Aspectos Teóricos da Fragmentação Florestais ..... | 17        |
| 1.1.2 Mosaicos de Floresta-Savana Amazônica.....         | 18        |
| 1.1.3 Efeitos do Fogo nas florestas .....                | 20        |
| 1.1.4 Estrutura da Vegetação.....                        | 20        |
| <b>1.2 Objetivos.....</b>                                | <b>21</b> |
| 1.2.1 Objetivo geral .....                               | 21        |
| 1.2.2 Objetivos específicos .....                        | 21        |
| <b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>                       | <b>22</b> |
| <b>2.1 Descrição da área de Estudo .....</b>             | <b>22</b> |
| <b>2.2 Coleta de Dados .....</b>                         | <b>23</b> |
| <b>2.3 Análise de Dados .....</b>                        | <b>27</b> |
| 2.3.1 Estatística descritiva.....                        | 27        |
| 2.3.2 Estatística inferencial.....                       | 29        |
| <b>3. RESULTADOS .....</b>                               | <b>29</b> |
| <b>4. DISCUSSÃO.....</b>                                 | <b>45</b> |
| <b>5. CONCLUSOES.....</b>                               | <b>50</b> |
| <b>REFERNCIAS BIBLIOGRFICAS .....</b>                  | <b>51</b> |
| <b>APÊNDICE .....</b>                                    | <b>57</b> |

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

Os ecossistemas florestais possuem diferentes modos de se estruturarem a medida que as condições ambientais são alteradas. Para a compreensão dessa dinâmica são necessários diversos conhecimentos fundamentais, como a avaliação de crescimento através de observações dos incrementos em área basal, em abundância e em diâmetro em um determinado intervalo de tempo. No entanto, os parâmetros fitossociológicos não devem ser relacionados apenas a condições naturais, mas também a ações antrópicas.

A partir desse entendimento, esta pesquisa foi desenvolvida na APA de Alter do Chão localizada no município de Santarém, Pará, Brasil, nesta região existe um mosaico floresta-savana, incluindo a presença de fragmentos florestais e matas contínuas. Ao longo dos últimos anos, pesquisadores buscam respostas que auxiliem na compreensão da dinâmica na estruturação da vegetação, tanto nas áreas de savanas quanto nos fragmentos.

Uma dessas pesquisas, foi realizada nos fragmentos florestais durante a instalação das parcelas permanentes para o monitoramento da biodiversidade por pesquisadores do INPA na década de 90. Nesse trabalho, o estudo da fitossociologia foi amplo e abrangeu diversos fatores, como a composição florísticas, densidade, área basal, distribuição diamétrica entre outros. Com os dados dessa pesquisa em mãos, alguns questionamentos foram levantados a partir do fator tempo. Após 19 anos seria possível observar alterações na estrutura da vegetação nos fragmentos? As variáveis como a área basal, abundância e classes diamétricas sofreram alguma modificação? Os incêndios florestais ocorridos com frequência nos últimos anos contribuiriam na construção dos perfis atuais dos fragmentos florestais?

Desse modo nova pesquisa de campo foi realizada entre os anos de 2017 e 2019, os dados coletados foram comparados com o realizado entre 1998 e 2001. Optamos em analisar as variáveis: área basal, abundância e classes diamétricas. Como fator externo, que pode influenciar nessas variáveis analisamos a presença de fogo. Ainda a partir dessas variáveis procuramos verificar se seus perfis teriam relação

com o tamanho de cada fragmento como esperado pela biogeografia de ilhas aplicada aos efeitos da fragmentação.

## **1.1 Revisão bibliográfica**

### **1.1.1 Aspectos Teóricos da Fragmentação Florestais**

Parte dos estudos de fragmentos florestais tem sido fundamentado na teoria da biogeografia de ilhas, desenvolvida por McArthur e Wilson (1967). A teoria da “biogeografia de ilhas” trouxe à época, novos conceitos significativos relacionados a modelos descritivos e preditivos da alteração da diversidade biológica devido ao tamanho e a distância das ilhas. Segundo essa teoria, uma diminuição na superfície está normalmente associada a uma diminuição exponencial do número de espécies (MCARTHUR; WILSON, 1967).

A área de um fragmento apresenta uma forte correlação com a diversidade biológica e a dinâmica da floresta. Entretanto, algumas ponderações devem ser tomadas. Nos casos das ilhas oceânicas há colonização de novas ilhas com a expansão das populações, já no caso dos fragmentos florestais, ocorre a extinção local de espécies pelo desaparecimento físico ou pela diminuição lenta das populações. Segundo, o isolamento das ilhas oceânicas é determinado simplesmente pela distância entre as ilhas. No caso dos fragmentos florestais, o isolamento depende não apenas da distância mas também do tipo de vizinhança (FORMAN; GODRON, 1986).

Por outro lado, a dinâmica das populações animais e vegetais em fragmentos florestais podem ser muito afetadas por interferências antrópicas, pouco consideradas na teoria de biogeografia de ilhas. Outro ponto de divergência é com relação ao "efeito de borda", no caso de fragmentos florestais, pode ser base significativa na redução da biodiversidade, por meio de processos como a modificação de habitats e a mortalidade de árvores. As particularidades da fragmentação de florestas naturais nos faz repensar a teoria de biogeografia de ilhas oceânicas para ecossistemas terrestres.

A fragmentação é o processo de separar o todo em partes, onde um habitat contínuo é dividido em manchas, ou fragmentos, mais ou menos isoladas. Os fragmentos são afetados por mudanças direta e indiretamente relacionados à fragmentação, como o efeito da distância entre os fragmentos, ou o grau de isolamento; o tamanho e a forma do fragmento; o tipo de matriz circundante e o efeito de borda. O tamanho e a forma do fragmento diferem do habitat original em dois pontos principais: 1) os fragmentos apresentam uma alta relação borda/área e, 2) o centro de cada fragmento é próximo a uma borda (CERQUEIRA, 2003). Desse modo, a estrutura e a dinâmica dos fragmentos florestais podem ser afetadas por diversos fatores dentre os quais destacam-se: histórico de perturbações, área, forma, tipo de vizinhança e grau de isolamento (VIANA, 1990).

Os fragmentos florestais devem ser vistos como o resultado de diferentes histórias de perturbação da vegetação no qual inúmeros fatores interagiram ao longo do tempo. Para se entender a estrutura e dinâmica atuais de um determinado fragmento é importante reconstruir a história da vegetação local.

### 1.1.2 Mosaicos de Floresta-Savana Amazônica

As formações de savanas encontram-se distribuídas, preferencialmente, ao longo dos trópicos. Localizam-se em regiões continentais com pluviosidades médias anuais entre 1000 e 1500 mm e temperatura média anual do mês mais frio igual ou superior a 18°C (MONTGOMERY; ASKEW, 1983). Entretanto, este clima também é favorável as formações florestais. Tal configuração faz com que, em muitos lugares exista um contato íntimo entre floresta-savana (PUYRAVAUD *et al.*, 2003). A coexistência destas formações é mantida, principalmente, pelo clima, pelo fogo e pelos solos (BOND *et al.*, 2003).

Na América do sul, os maiores complexos de savanas são o Cerrado no Brasil, Bolívia e Paraguai, os Llanos da Colômbia e Venezuela e as Savanas Amazônicas (CARVALHO; MUSTIN, 2017).

A região Amazônica é formada por um mosaico de ecossistemas complexos com diferentes características de relevo, solo, flora, fauna e de processos dinâmicos (FERREIRA; SALATI, 2000). Dentre esses ecossistemas destacam-se as

florestas de terra firme, as florestas alagáveis e as savanas (PIRES; PRANCE, 1985; SANAIOTTI, 2002).

As Savanas Amazônicas constituem uma formação restrita, ocorrendo por toda a bacia Amazônica, abrangendo cerca de 7% do total da Amazônia brasileira (BRAGA, 1979). Fisionomicamente, as savanas são formações vegetais abertas com um estrato herbáceo sempre presente, estratos arbustivos e, ou, arbóreos mais ou menos desenvolvidos, sujeitos a queimadas (MAGNUSSON, 2008). Em estudos nas savanas de Alter do Chão, Miranda (1993) concluiu que elas se assemelham com cerrado do Brasil Central.

A causa da coexistência de Savanas e os fragmentos florestais em uma dada região, sob um mesmo clima, tem sido questão de muitas pesquisas. Para Mayle e Power (2008), e Sanaiotti (2002) estas formações naturais foram originadas pelo mecanismo de expansão e retração de grandes domínios de vegetação ocorridos por ocasião da atuação de climas alternantes ao longo do Quaternário. Outros autores sugerem que além de flutuações climáticas, a heterogeneidade de solos, a topografia, os processos hidrogeológicos e os processos de sedimentação e hidrodinâmica em rios e no mar possam ter favorecido determinados tipos de vegetação (CONSTANTINO *et al.*, 2003).

A região de Alter do Chão, no estado do Pará, tem fragmentos florestais dentro das áreas de savana, sua origem também é motivo de discussão. Alguns autores sugerem que os fragmentos florestais podem ter sido causados por incêndios desencadeados por ameríndios (SERENA, 1984), fato que pode ter mantido as savanas em áreas de floresta na Amazônia. No entanto, Sanaiotti (2002) nos estudos de isótopos indica que a savana e a floresta têm coexistido ao menos desde o holoceno médio (3000 a 8000 anos B.P).

Segundo Amaral (2017) os fragmentos florestais em Alter do chão foram cientificamente documentados pela primeira vez por Henry Walter Bates, no livro “Um naturalista no Rio Amazonas” de 1892, nele há descrição como ilhas florestais, insular em forma e distribuição, sendo rodeado por grama. Esses antigos fragmentos florestais em Alter do chão oferecem a oportunidade de estudar a composição e a estrutura de manchas florestais que foram isoladas por um longo tempo e compará-las com a mata contínua na mesma região.

### 1.1.3 Efeitos do Fogo nas florestas

O fogo tem influenciado a estrutura e composição das florestas amazônicas por milhares de anos. No nordeste da bacia amazônica, a presença de carvão no solo indica a ocorrência de incêndios nos últimos 6.000 anos, numa época em que o clima era mais seco e a vegetação era escleromórfica (HOLDSWORTH; UHL, 1998).

O fogo possui um potencial destrutivo sobre as florestas, a agricultura, e o ecossistema em geral, ou seja, os incêndios têm grande capacidade de causar impactos ambientais, sociais e econômicos. Um incêndio pode ocorrer em várias intensidades e etapas e destruir ou danificar a biomassa remanescente, pode ampliar os danos da exploração matando mais árvores e abrindo o dossel da floresta, deixando-a mais suscetível a incêndios com intensidades cada vez maiores. A queima de florestas tropicais sempre altera a composição da floresta e a sua estrutura. (CHOCHRANE, 2003).

A floresta tropical está sendo transformada principalmente como resultado da atividade humana, criando um mosaico de florestas exploradas, campos cultivados e florestas secundárias (UHL, KAUFFMAN, 1990). Como modo de manejo de áreas florestais, o fogo é usado como ferramenta agrícola tradicional por uma grande variedade de grupos étnicos (GOLDAMMER, 1988).

Dentre os maiores impactos causados pelos incêndios nas florestas podem ser incluídas a ação sobre a fauna, a emissão de gases e a desestruturação dos solos (BARBOSA; FEARNSIDE, 2000). Na vegetação florestal, as consequências dos incêndios podem ser notadas na alteração da estrutura (CASTELLANI; STUBBLEBINE, 1993).

Estudos sobre o impacto do fogo em florestas tropicais tornam-se cada vez mais importantes à medida que os efeitos provocados pelos incêndios passam a ter repercussões globais negativas, particularmente sobre a atmosfera e o estoque de biodiversidade (WHITMORE, 1990; COCHRANE 2003).

### 1.1.4 Estrutura da Vegetação

A análise das estruturas em florestas naturais contempla uma abordagem criteriosa da composição florística, dos parâmetros fitossociológicos das estruturas horizontal, vertical e interna, das estruturas dos diâmetros, área basal e volume, abrangendo também as avaliações sobre arquitetura da vegetação, cipós, iluminação e classe de copa, porte e sanidade dos troncos das árvores (SOUZA; SOARES, 2013).

O estudo de distribuições diamétricas apresenta diversas aplicações, é um indicador do estoque em crescimento (MACHADO, 2009) e da estrutura florestal, permitindo a distinção de tipologias florestais e fornecendo subsídios para identificação da intensidade de regeneração natural da floresta ou de espécies (SCOLFORO, 2006). Para Orellana (2014), o conhecimento da distribuição de diâmetros pode ser utilizado para avaliar a regeneração natural e definir critérios de exploração, tendo como objetivo o manejo sustentável da floresta e de espécies individuais.

Apesar de se ter muitas medidas da estrutura de vegetação a compreensão da dinâmica de uma floresta depende de várias informações essenciais, entre elas a observação do diâmetro, altura e área basal em determinado intervalo de tempo. Parte da estrutura de uma floresta pode ser explicada através de sua distribuição diamétrica, definida pela caracterização do número de árvores por unidade de área e por intervalo de diâmetro (PIRES O'BRIEN, 1995). Esse tipo de avaliação consiste, portanto, na medição dos diâmetros dos troncos.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo geral**

Caracterizar perfis estruturais de fragmentos florestais em Alter do Chão.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

Examinar se os fatores, como o fogo e o tamanho da área, provocaram alteração na estrutura da vegetação em relação a abundância, área basal e a distribuição diamétrica na área de estudo atual;

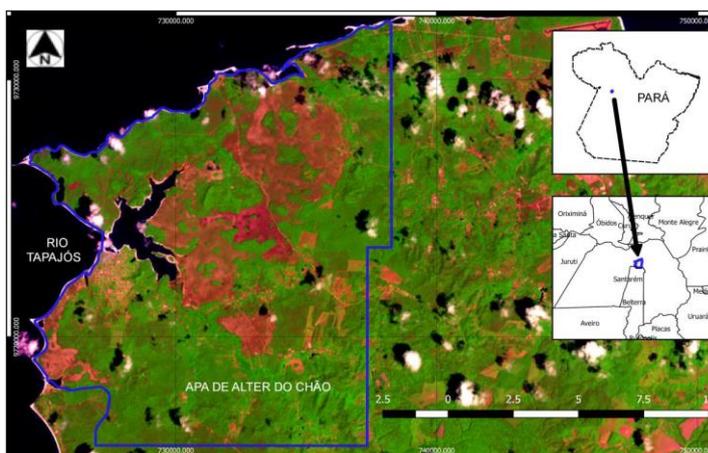
Comparar a estrutura da vegetação atuais com os resultados obtidos entre 1998-2001.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Descrição da área de Estudo

Esta pesquisa foi desenvolvida na APA de Alter do Chão ( $2^{\circ}31'58''$  S e  $55^{\circ}00'08''$  W), localizada no município de Santarém, Pará, Brasil, situada à margem direita do Rio Tapajós (Fig1).

**Figura 1** Mapa da área de localização das ilhas florestais dentro da APA de Alter do Chão (delimitada pela linha azul) e a floresta contínua.



Fonte: Silva (2017)

Os fragmentos florestais de Alter do Chão são parte de um mosaico de savana-floresta e está circundada por Floresta Estacional Semidecídua (IBGE 2012) que também forma os fragmentos florestais, conhecidos localmente como "ilhas de mata" (ilhas de floresta), que ficam dentro da savana. Essa área está situada na margem direita do rio Tapajós, perto da Vila de Alter do Chão ( $2^{\circ}30'13.3''$ S e  $54^{\circ}57'16.7''$ W) no município de Santarém, Estado do Pará, Brasil. A área apresenta fragmentos florestais isolados localizados em uma matriz de savana, assim como uma

área de mata nativa contínua e áreas desmatadas. De acordo com a classificação de Köppen o clima é Am, caracteriza-se por ser quente e úmido, com um período seco entre julho e novembro, sendo setembro o mês mais seco com 34 mm. A estação chuvosa dura de janeiro a junho, com abril sendo o mês com maior precipitação, apresentando uma média de 346 mm. Existe uma diferença de 312 mm entre a precipitação do mês mais seco e do mês mais chuvoso. A precipitação média anual é de 1.991 mm e a temperatura média anual de 25,9°C (faixa de 20,2 a 32,2°C) (Climatedata.org, 2014).

A formação geomorfológica é de uma planície fluvial, de aluviões arenosos depositados pelo rio Tapajós e planalto rebaixado da Amazônia da formação Alter do Chão. Os solos de Alter do Chão, na sua maioria, são do tipo latossolos amarelos formados por decomposição de arenitos e argilitos; são encontrados em algumas áreas do distrito, aluviais formados pela deposição de sedimentos do rio Amazonas, afluentes e lagos e de areias quartzosas originadas de rochas da Formação Alter do Chão (OLIVEIRA JÚNIOR *et al.*; 2000).

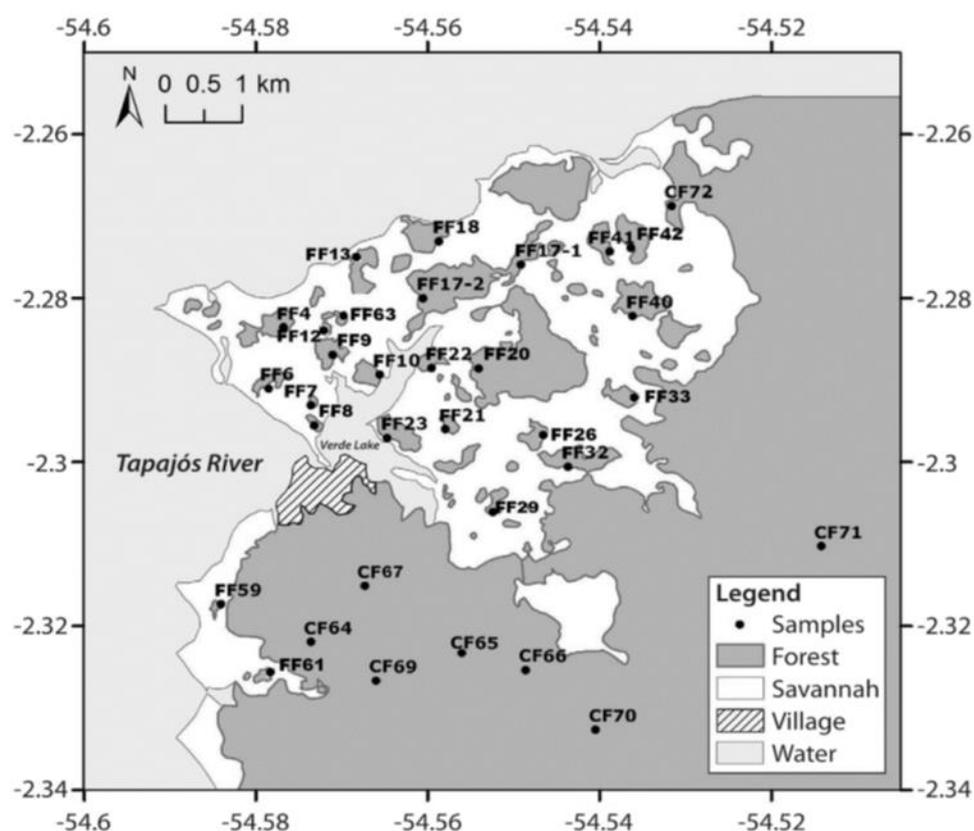
## 2.2 Coleta de Dados

Nos anos de 1990 pesquisadores do INPA iniciaram um projeto de pesquisa em Alter do Chão instalando as parcelas permanentes no gradiente de fragmentos florestais onde se monitoraram diferentes grupos de plantas e animais (MAGNUSSON *et al.* 2013). Os dados dos levantamentos de vegetação nos fragmentos florestais feitos entre os anos de 1998 e 2001 serviram de linha de base para fazer as comparações com os dados obtidos em nosso estudo.

A pesquisa atual ocorreu entre 2017 e 2019, as coletas foram realizadas em áreas de fragmentos florestais (FF) e matas contínuas (MC). No total 22 áreas foram analisadas, 20 em FF e dois em MC. Os dados atuais foram comparados com as informações obtidas entre 1998 a 2001 por Ieda Amaral nos mesmos pontos da região de Alter do Chão. Sua pesquisa coletou dados de 34 pontos amostrais (Figura 2), sendo 25 FF e 9 em MC. Para estudo comparativo foram considerados apenas os dados dos mesmos 22 locais visitados recentemente.

Com os dados de 2017-2019, examinamos com mais detalhe o efeito do fogo sobre a estrutura da vegetação, comparando a área basal (AB), abundância e classes diamétricas entre as áreas que tiveram focos de queimadas com as que não tiveram fogo.

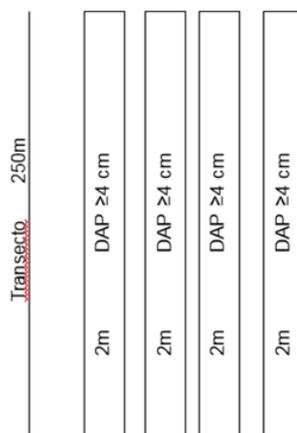
**Figura 2.** Mapa de parte da região de Alter do Chão, Santarém, Brasil, mostrando a distribuição em floresta, savanas, e a cidade de Alter do Chão, as principais massas de água e a localização (em preto) dos locais das amostras. FF = fragmento florestal, CF = floresta contínua.



Fonte: Amaral (2017)

Em 1998-2001 a amostragem foram conduzidas em 25 fragmentos florestais, nos quais foram implementadas 4 subparcelas 2 x 250m (2000m<sup>2</sup>) (Figura 3). O mesmo procedimento foi empregado nas nove amostras de mata contínua. A inclusão de indivíduos obedeceu ao critério mínimo de 4 cm de circunferência à altura do peito (CAP), que corresponde a 1,27 cm de diâmetro à altura do peito (DAP), a 1,30 m acima do solo. Os indivíduos foram numerados com placas de alumínio, identificados e amostras botânicas foram coletadas para identificação das espécies.

**Figura 3** -Unidade amostral utilizada para coleta de dados de mudanças estruturais da vegetação entre 1998-2001

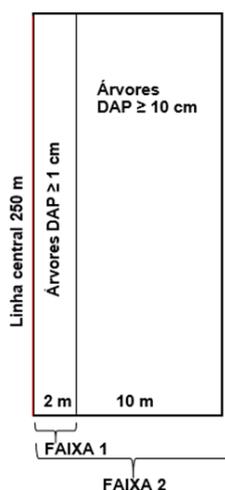


Fonte: Amaral (2017)

Em nosso estudo para padronizar com as parcelas do Programa de Pesquisa Ecológica de Longa Duração (PELD) e PPBIO (Programa de Monitoramento de Biodiversidade), decidimos amostrar uma parcela de 10 metros de largura por 250 m de comprimento dentro de cada área. Foram mensuradas as árvores  $\geq 3$  cm de circunferência à altura do peito (CAP), ou seja, com o DAP  $\geq 1$  cm.

Nessas parcelas, do lado esquerdo, a partir de uma linha central até a largura de dois metros medimos todas as árvores com DAP  $\geq 1$  cm e na faixa de 10x250 m, a partir da linha central, aferimos todas as árvores com DAP  $\geq 10$  cm. Neste arranjo a faixa de 2 metros está dentro da faixa de 10 metros, mas as árvores finas só foram medidas na faixa de dois metros. Consideramos como árvores finas as que encontramos no intervalo de DAP  $< 5$  cm. As árvores com DAP  $\geq 10$  cm foram contabilizadas em toda a parcela (Figura 4).

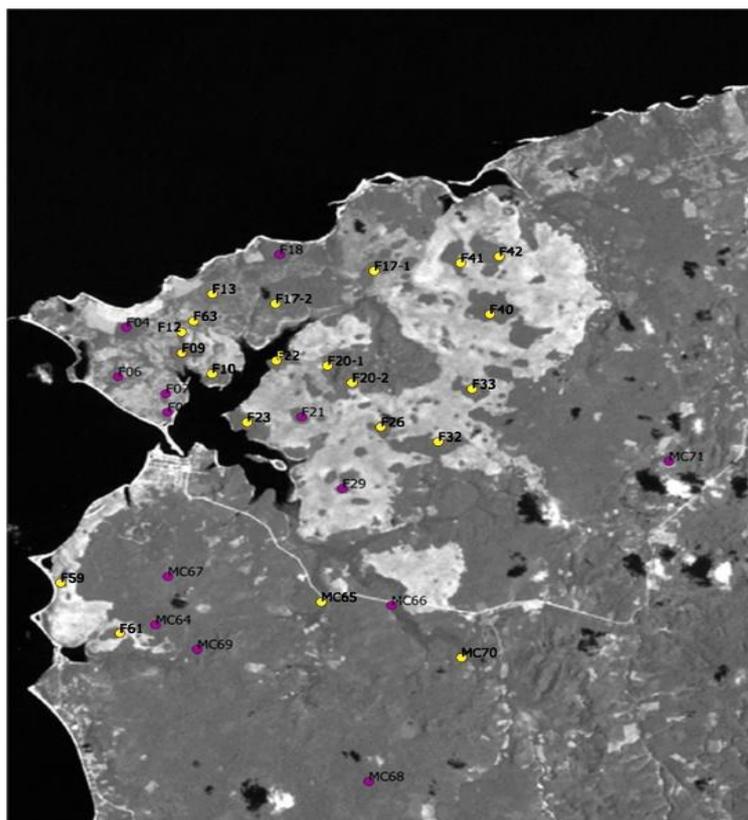
**Figura 4** – Ilustração das parcelas onde ocorreram as medições em 2017-2019.



Fonte: Lobato (2019)

As áreas analisadas (destacadas nos pontos amarelos na Fig. 5) foram F09, F10, F12, F13, F17-1, F17-2, F20-1, F20-2, F21, F22, F23, F26, F32, F33, F40, F41, F42, F59, F61, F63, MC65 e MC70.

**Figura 5** - Localização dos fragmentos do PPBIO-PELD. Imagem: Landsat 5, 1986 Sistema de coordenadas: UTM 21N/ WGS84



Fonte: Lobato (2019)

Os dados sobre focos de queimadas foram obtidos a partir dos estudos feitos por Souza (2017) que utilizou dados oficiais sobre focos de queimadas, disponibilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), temperaturas máxima média, precipitação total e umidade relativa média, referentes à área de estudo, além de dados sobre o El Niño no período de 1998 a 2016.

De acordo com Souza (2017) em 19 anos (1998-2016) foram registrados 276 focos de queimadas na APA de Alter do Chão, sendo que o maior valor histórico (89 focos) foi registrado em 2015 e o menor valor histórico (nenhum foco) nos anos de 1998, 1999 e 2008. Em 2015 o aumento de incêndios aconteceu quando da ocorrência do fenômeno El Niño.

A presença de focos de queimadas também foram registradas no estudo feito por Silva (2017) onde das ilhas estudadas seis foram classificadas como atingidas por fogo alto e três por fogo baixo. As áreas com registros de focos de queimadas foram F26, F32, F33, F40, F41, F42, F59 e F61. A partir dessas informações serão feitas análises comparativas, em nosso estudo (2017-2019), entre os fragmentos com focos de queimadas e os sem focos de queimadas.

## **2.3 Análise de Dados**

### **2.3.1 Estatística descritiva**

As bases de dados obtidas em metros quadrado foram transformadas em hectares, pois o tamanho da área de coleta no estudo atual era maior em 500m<sup>2</sup> (2500 m<sup>2</sup> em 2017-2019 contra 2000m<sup>2</sup> em 1998-2001). Para comparar com os dados obtidos em 1998-2001 todos os dados foram transformados em hectares.

As medidas de CAP foram transformadas em DAP, usando a fórmula  $DAP = CAP/\pi$ . Na análise, os DAPs encontrados foram divididos em 4 intervalos de classes diamétricas: menor que 5 cm, maior ou igual a 5 cm e menor que 10 cm, maior ou igual a 10cm e menor que 30cm e maior ou igual a 30 cm.

Os dados de abundância obtidos foram transformados em hectares, sendo que no estudo atual os intervalos de classes com  $DAP < 5\text{cm}$  e  $5 \leq DAP < 10\text{ cm}$  foram multiplicados 20x (a área de coleta para estas classes era somente de  $500\text{m}^2$ ), enquanto indivíduos com  $10 \leq DAP < 30\text{ cm}$  e  $DAP \geq 30\text{ cm}$  foram multiplicados 4x (a área de coleta para estas classes foi  $2500\text{ m}^2$ ). Os dados do período 1998-2001 também foram divididos em 4 classes diamétricas e suas abundâncias foram multiplicados 5x (a área de coleta para 1998-2001 foi de  $2000\text{ m}^2$ ).

Também foi verificado a área seccional de cada indivíduo por cada área de coleta e a partir desse dados foi obtido AB total por fragmento florestal e mata contínuas. Scolforo e Figueiredo (1998), citam que para se determinar a área basal (G) basta utilizar o somatório das áreas seccionais ( $g_i$ ). Se os diâmetros são utilizados em centímetro e se quer área seccional em metro quadrado, então:

$$g_i = \frac{\pi.(DAP_i)^2}{40000}$$

Em que:

$g_i$  = área seccional/basal da árvore “i”

DAP= Diâmetro a altura do peito da árvore “i”

E que:

$$G = \sum g_i$$

Em que: G= área basal total

A área basal é um importante parâmetro da densidade do povoamento. Para o estudo atual a transformação dos dados da AB em  $\text{m}^2$  para hectare foi feito multiplicando G x4. Os dados da AB do período 1998-2001 foi transformado em ha multiplicando G x5.

As diferenças na abundância, nos intervalos das classes diamétricas e na área basal foram resultados obtidos do estudo atual menos os obtidos 1998-2001.

Com os dados transformados a uma base comum, usamos a estatística descritiva para sumarizar e explorar os padrões dos dados, obtendo a média e o desvio padrão amostral. Também fizemos uso dos gráficos.

### 2.3.2 Estatística inferencial

Logo usamos estatística inferencial para testar se existiam diferenças significativas entre as médias da área basal e abundância de indivíduos e classes diamétricas entre os anos 1998-2000 e 2017-2019, usando uma prova de teste t-student, como os dados foram colhidos nos mesmo fragmentos usamos o teste t-student pareado.

Com os dados obtidos apenas da coleta atual (2017-2019) para testar se houve diferenças na AB, abundância e classes diamétricas, entre as áreas com focos de queimadas (CFQ) e sem focos de queimadas (SFQ), usamos uma prova de teste-t simples.

Para analisar se as variações na área basal, abundância e nos intervalos das classes diamétricas tiveram seus dados relacionados com o tamanho do fragmento, usamos a regressão linear,  $\hat{Y} = a + bX$ , onde **Y**: é a variável dependente ou resposta neste caso da AB, abundância ou classe diamétrica respectivamente **a**, **a**: é o intercepto; **b**: inclinação; e **X**: a variável independente ou preditora, em nosso estudo usamos o tamanho do fragmento. Verificamos as diferenças dessas variações entre os estudo de 1998-2001 e 2017-2019. A regressão linear também foi usada, para analisar essas informações apenas nos dados coletados na amostragem atual (2017-2019). Previamente testamos se os dados seguiam o pressuposto de normalidade. Todas as regressões se fizeram só nos dados dos fragmentos florestais (n=20). As análises foram feitos no Excel e no pacote estatístico PAST 3.26.

## 3. RESULTADOS

Nas amostragens feitas nos 22 fragmentos coletados, em 1998-2001 obtivemos um total de 9758 indivíduos/2000m<sup>2</sup>, onde a média foi de 443,54 e o desvio padrão de 161,0. No estudo que fizemos em 2017-2019 obtivemos um total de 4.372 indivíduos/2500m<sup>2</sup>, onde a média foi de 198,72 e desvio padrão de 64,58. (Apêndice A). Como o tamanho da área de coleta do estudo atual foi maior em 500m<sup>2</sup> os dados foram transformados em hectares.

Na tabela 1 podemos observar os resultados do número total de indivíduos, AB e a quantidade de indivíduos por intervalos de classes diamétricas. A partir das medidas transformadas em hectares nas 22 áreas de coletas de dados, obtivemos em 1998-2001 o número total estimado de indivíduos/ha de 48.790, onde a média foi de 2.217 e o desvio padrão de 805,19. A área basal total foi de 447,67m<sup>2</sup>/ha (média: 20,35; desvio padrão: 6,15). Os dados do estudo atual 2017-2019 também foram transformados, e obtivemos a estimativa de 56.656 indivíduos/ha (média: 2575,27; desvio padrão:1147,57). A área basal do nosso estudo foi de 313,78m<sup>2</sup>/ha (média:14,26, desvio padrão:3,89).

**Tabela 1** - Estatística descritiva dos dados das 22 áreas, FF e MC, em Alter do Chão por ha

|                                       | 1998 – 2001<br>(Amaral et al/2017) |         |                  | 2017 – 2019<br>(Este estudo, 2019) |         |                  |
|---------------------------------------|------------------------------------|---------|------------------|------------------------------------|---------|------------------|
|                                       | Total                              | Media   | Desvio<br>padrão | Total                              | Media   | Desvio<br>padrão |
| Nro de ind.<br>(ind/ha)               | 48.790                             | 2217,72 | 805,19           | 56.656                             | 2575,27 | 1147,57          |
| Area Basal<br>(m2/ha)                 | 447,67                             | 20,35   | 6,15             | 313,78                             | 14,26   | 3,89             |
| Nº de ind.<br>DAP<5cm ind/ha          | 28950                              | 1315,91 | 740,50           | 39760                              | 1807,27 | 1042,28          |
| Nº de ind. 5≤<br>DAP<10 cm<br>ind/ha  | 10100                              | 459,09  | 122,77           | 9200                               | 418,18  | 210,84           |
| Nº de ind. 10≤<br>DAP<30 cm<br>ind/ha | 8505                               | 386,59  | 126,13           | 6616                               | 300,72  | 85,66            |
| Nº de ind. DAP≥<br>30 cm/ha           | 1235                               | 56,13   | 29,39            | 1080                               | 49,09   | 23,78            |

Fonte: Lobato (2019)

A tabela 1 mostra que a quantidade total de indivíduos foi maior no estudo atual. Mas, a área basal total foi maior em 1998-2001 com uma diferença global de 131,89m<sup>2</sup>ha se comparado com dados no nosso estudo.

Nas Tabelas 2 e 3, temos os resultados quantitativos por cada fragmento florestal e mata contínua do número total de indivíduos, números de indivíduos por classes diamétricas e área basal. Em 1998-2001 o F61 apresentou a menor quantidade de indivíduos por área de coleta com 1.075 indivíduos, e o F09 foi o

fragmento que apresentou mais indivíduos com 4.615. No estudo atual, o F33 apresentou a menor quantidade de indivíduos com 948, enquanto F09 se manteve como fragmento com o maior número de indivíduos com 5.184.

Em relação a quantidade de indivíduos por classes diamétricas obtivemos os seguintes resultados por fragmentos florestais e mata contínuas (Tabelas 2 e 3). A classe diamétrica com  $DAP < 5\text{cm}$  foram numericamente maiores no estudo atual com aumentos na quantidade de indivíduos nas seguintes áreas de coletas F9, F12, F13, F17-2, F22, F21, F26, F32, F40, F41, F42, F59, F61, F63 e MC70. O número de indivíduos dessa classe diamétrica foi maior se comparado com os dados de 1998-2001.

Na classe diamétrica onde o DAP foi medido entre  $5 \leq DAP < 10\text{ cm}$ , os dados obtidos em 1998-2001 foram quantitativamente maiores que o estudo atual. As áreas em que a quantidade foi maior no estudo de 1998-2001 foram F12, F13, F21, F23, F42, F59, F9, F20-1, F22, F32, F33, F40, F41 e MC65. No estudo atual foram poucas as áreas de coletas que apresentaram aumento na quantidade de indivíduos dessa classe diamétricas mostrando em geral uma diminuição. No entanto, estatisticamente, comparando os dados a diminuição desses indivíduos no estudo atual não foi significativa.

Também foi quantitativamente maior nos dados de 1998-2001, o número de indivíduos da classe diamétrica onde o DAP foi medido entre  $10 \leq DAP < 30\text{ cm}$ , as áreas com esse resultado foram F9, F12, F13, F17-1, F22, F20-1, F21, F22, F23, F33, F40, F41, F42, F59, MC65 e MC70. Comparando esses dados com o estudo atual a diminuição foi expressiva em nosso estudo.

Na classe diamétrica  $DAP < 30\text{ cm}$  obtivemos um número de indivíduos maior no estudo de 1998-2001. As áreas de coletas que foram numericamente maiores F09, F10, F12, F17-2, F20-1, F20-2, F21, F22, F32, F42, F59, F61, F63 e MC65. No entanto, se comparado com nosso estudo, a diminuição quantitativa não foi tão expressiva assim.

Nas tabelas 2 e 3, também podemos observar os resultados da Área Basal por fragmentos e mata contínua. A AB foi quantitativamente maior nos dados obtidos em 1998-2001, as áreas de coletas com AB maiores foram F09, F12, F13, F17-1, F20-1, F23, F26, F33, F61, F21, F22, F10 F40, F42, F41, F59, MC65 e MC70. Em nosso

estudo, essa diminuição se mostrou bastante significativa, o resultado pode ter correlação com a diminuição de indivíduos de classes diamétricas maiores. No entanto, vale ressaltar que no estudo atual houve aumento na quantidade de indivíduos total, fato provocado pelo aumento de indivíduos com classes diamétricas menores.

**Tabela 2:** Área Basal e Classes diamétricas por FF e MC. Ano 1998-2001. Dados expressados em ha. NTI: número total de indivíduos; DAP 5: n° de ind. DAP<5cm; DAP 5-10: n° de ind. 5≤ DAP<10 cm; DAP 10-30: n° de ind. 10≤ DAP<30 cm; DAP +30: n° de ind. DAP≥ 30 cm; AB: área basal

| 1998-2001 |                           |      |        |      |       |     |       |
|-----------|---------------------------|------|--------|------|-------|-----|-------|
| Cod.      | Nome Fragmento            | NTI  | NI5dap | 5-10 | 10-30 | +30 | AB/ha |
| F09       | Miritiapina               | 4615 | 3540   | 480  | 510   | 85  | 30,47 |
| F10       | Jucá                      | 3890 | 3065   | 405  | 345   | 75  | 20,98 |
| F12       | Miritapina-Atrás          | 2615 | 1480   | 705  | 390   | 40  | 21,17 |
| F13       | D. Helena-Tapajós         | 2615 | 1645   | 460  | 440   | 70  | 23,93 |
| F17-1     | Macaco                    | 2185 | 1390   | 375  | 315   | 105 | 25,86 |
| F17-2     | Mucaim-D.Helena           | 2280 | 1620   | 445  | 215   | 0   | 6,370 |
| F20-1     | Caapiranga-Lago           | 1910 | 715    | 545  | 635   | 15  | 19,48 |
| F20-2     | Caapiranga-Dentro         | 2380 | 1405   | 540  | 415   | 20  | 13,42 |
| F21       | Norato                    | 1650 | 790    | 410  | 370   | 80  | 23,74 |
| F22       | Saru                      | 1675 | 715    | 545  | 365   | 50  | 16,55 |
| F23       | Santa Luzia<br>(Pombal)   | 3225 | 1830   | 785  | 560   | 50  | 26,26 |
| F26       | Taracua                   | 1985 | 1075   | 435  | 380   | 95  | 25,06 |
| F32       | Ilha Grande-<br>Palmeiras | 1455 | 785    | 375  | 235   | 60  | 18,90 |
| F33       | Seringa                   | 1920 | 1170   | 320  | 340   | 90  | 22,42 |
| F40       | Paraiso                   | 1635 | 1040   | 305  | 225   | 65  | 20,23 |
| F41       | Jacu                      | 2110 | 1290   | 355  | 390   | 75  | 21,60 |
| F42       | Ilha da Roça              | 1735 | 670    | 430  | 585   | 50  | 23,10 |
| F59       | Mureta                    | 1710 | 660    | 500  | 495   | 55  | 24,93 |
| F61       | Jurucui                   | 1075 | 640    | 240  | 170   | 25  | 9,11  |
| F63       | Mucaim-Estrada            | 2190 | 1480   | 475  | 220   | 15  | 10,06 |
| MC65      | São Vicente               | 1980 | 965    | 515  | 470   | 30  | 17,14 |
| F70       | Murajuba                  | 1955 | 980    | 455  | 435   | 85  | 26,83 |

Fonte: Lobato, 2019

**Tabela 3:** Área Basal e classes diamétricas por FF e MC. Ano 2017-2019. Dados expressados em ha. NTI: número total de indivíduos; DAP 5: n° de ind. DAP<5cm; DAP 5-10: n° de ind. 5≤ DAP<10 cm; DAP 10-30: n° de ind. 10≤ DAP<30 cm; DAP +30: n° de ind. DAP≥ 30 cm; AB: área basal.

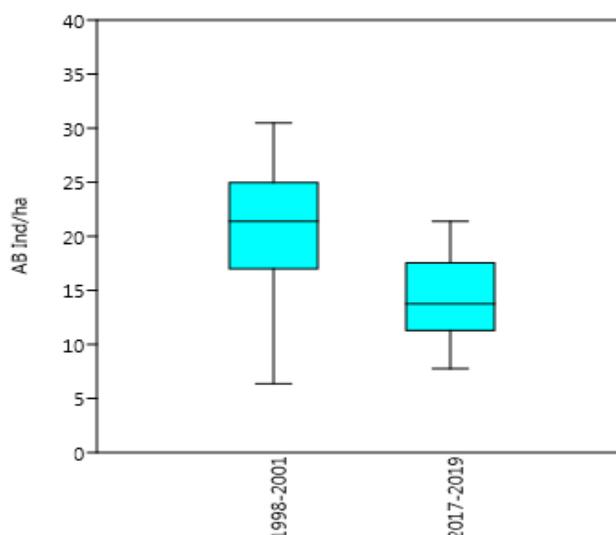
| 2017 -2019 |                   |      |      |      |       |     |       |
|------------|-------------------|------|------|------|-------|-----|-------|
| Cod.       | Nome Fragmento    | NTI  | 5dap | 5-10 | 10-30 | +30 | AB/ha |
| F09        | Miritiapina       | 5184 | 4340 | 420  | 308   | 116 | 21,37 |
| F10        | Jucá              | 4072 | 2980 | 660  | 364   | 68  | 17,43 |
| F12        | Miritapina-Atrás  | 4556 | 3500 | 700  | 316   | 40  | 12,74 |
| F13        | D. Helena-Tapajós | 2928 | 2260 | 340  | 276   | 52  | 15,45 |
| F17-1      | Macaco            | 2168 | 1420 | 420  | 284   | 44  | 13,46 |

|       |                           |      |      |     |     |    |       |
|-------|---------------------------|------|------|-----|-----|----|-------|
| F17-2 | Mucaim-D.Helena           | 4108 | 2820 | 880 | 396 | 12 | 10,68 |
| F20-1 | Caapiranga-Lago           | 1448 | 560  | 480 | 384 | 24 | 12,43 |
| F20-2 | Caapiranga-Dentro         | 1596 | 680  | 540 | 324 | 52 | 14,71 |
| F21   | Norato                    | 2020 | 1420 | 300 | 212 | 88 | 20,49 |
| F22   | Saru                      | 3040 | 2260 | 380 | 340 | 60 | 15,15 |
| F23   | Santa Luzia<br>(Pombal)   | 1732 | 880  | 480 | 348 | 24 | 12,18 |
| F26   | Taracua                   | 2400 | 1420 | 460 | 456 | 64 | 17,84 |
| F32   | Ilha Grande-<br>Palmeiras | 1844 | 1140 | 320 | 312 | 72 | 21,08 |
| F33   | Seringa                   | 948  | 500  | 160 | 244 | 44 | 10,12 |
| F40   | Paraiso                   | 3524 | 3120 | 200 | 176 | 28 | 11,47 |
| F41   | Jacu                      | 3064 | 2560 | 300 | 180 | 24 | 7,765 |
| F42   | Ilha da Roça              | 1604 | 1240 | 80  | 244 | 40 | 13,63 |
| F59   | Mureta                    | 1768 | 1460 | 120 | 136 | 52 | 10,45 |
| F61   | Jurucui                   | 1580 | 1000 | 300 | 256 | 24 | 8,66  |
| F63   | Mucaim-Estrada            | 3304 | 1960 | 820 | 472 | 52 | 18,78 |
| MC65  | São Vicente               | 1604 | 920  | 320 | 320 | 44 | 13,98 |
| F70   | Murajuba                  | 2164 | 1320 | 520 | 268 | 56 | 13,85 |

Fonte: Lobato (2019)

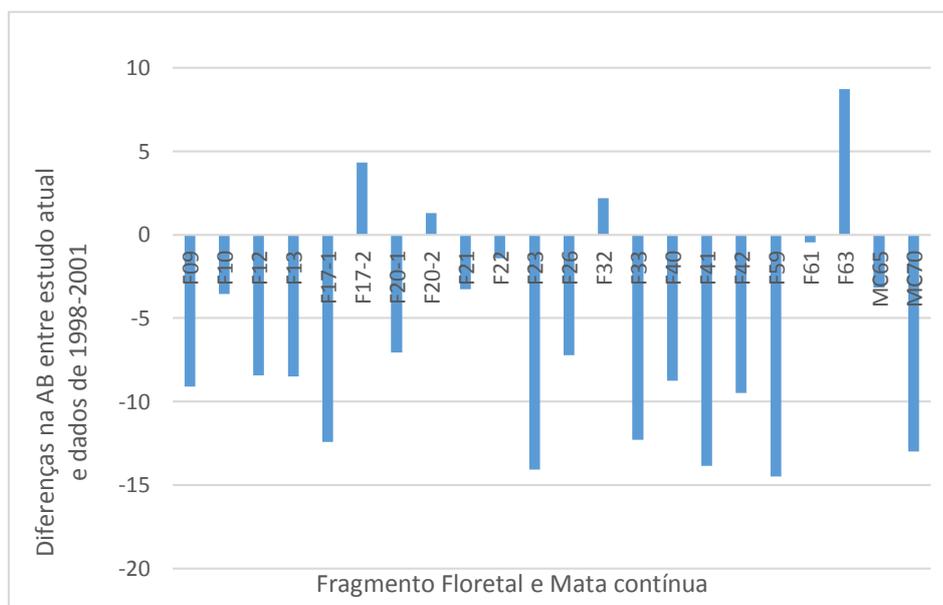
Comparando cada fragmento florestal e mata continua, entre o estudo atual e os dados obtidos em 1998-2001 encontramos que existem diferenças significativas estatisticamente na área basal. A área basal do período 1998-2001 foi maior que a de 2017-2019 (teste t,  $t=4,38$ ;  $p=0,0002$ ) (Tabela 1; Figura 6). As diferenças maiores na AB foram observadas em F09, F12, F13, F17-1, F20-1, F23, F26, F33, F40, F41, F42, F59 e MC7 (Tabela 1 e Figura 7).

**Figura 6** - Área basal do período 1998-2001 foi maior que a de 2017-2019



Fonte: Lobato (2019)

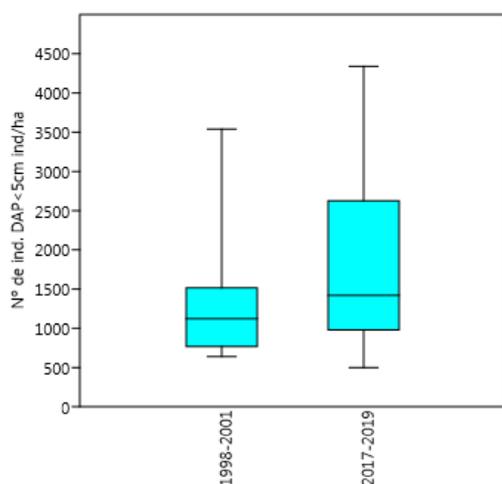
**Figura 7** - Diferenças na AB entre o primeiro levantamento (1998-2001) e o segundo (2017-2019)



Fonte: Lobato (2019)

Ao compararmos a média de indivíduos por cada classe diamétrica encontramos os seguintes resultados: classe diamétrica  $DAP < 5\text{cm}$  obtivemos no estudo atual a média maior de indivíduos, onde: média=1807,3 sendo o desvio padrão=1042,27; os dados de 1998-2001 apresentaram resultados menores, onde: media = 1315,91, sendo o desvio padrão= 740,50 (Figura 8). Estatisticamente essa diferença foi significativa (teste t;  $t=-2.87$ ;  $p=0,009$ ). Observadas as diferenças entre os estudos para a classe diamétrica de  $DAP < 5\text{cm}$ , houve aumento significativo nas seguintes áreas F12, F17-2, F22, F40 e F41 em 2017-2019. Também aumentou, mas em pouca quantidade no F09, F13, F21, F26, F32 F42, F59, F63 e na MC70. Nos dois estudos o F10, F17-1, F20-1, e a MC65 mantiveram quase a mesma quantidade de indivíduos (Figura 9).

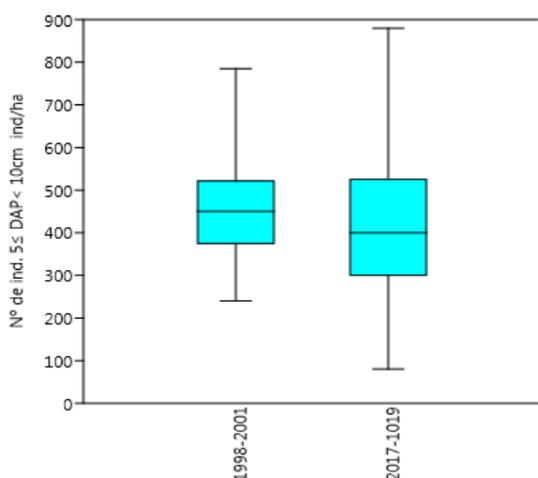
**Figura 8** – Nº de indivíduos por ha com DAP < 5cm foi maior no levantamento realizado entre 2017-2019



Fonte: Lobato (2019)

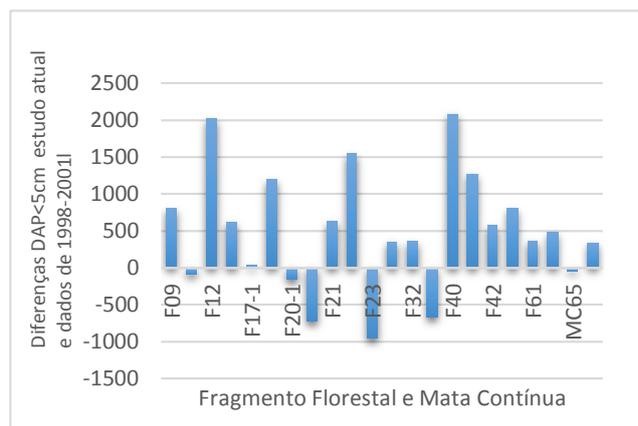
A classe diamétrica onde o  $5 \leq \text{DAP} < 10$  cm a média de indivíduos foi maior nos estudos feitos em 1998-2001 a média = 459,09, sendo o desvio padrão = 122,77. No estudo atual a média = 418,18 e o desvio padrão = 210,84. (Figura 10). No entanto, estatisticamente não houve diferença significativa (teste t;  $t=0,95$ ;  $p=0,350$ ). Observadas as diferenças entre os dois estudos para o  $5 \leq \text{DAP} < 10$  cm o F13, F21, F22, F23, F33, F40, F42, F59 e a MC65 tiveram a quantidade de indivíduos maior no estudo feito em 1998-2001. O F09, F17-1, F20-1, F26 F32, F41, F61 e a MC70 quase não alteraram em quantidade. No estudo atual, tiveram aumento de indivíduos dessa classe diamétrica apenas os F10, F17-2 e F63 (Figura 11).

**Figura 10** – Nº de indivíduos por ha, onde  $5 \leq \text{DAP} < 10$ cm foi maior no levantamento realizado entre 1998-2001

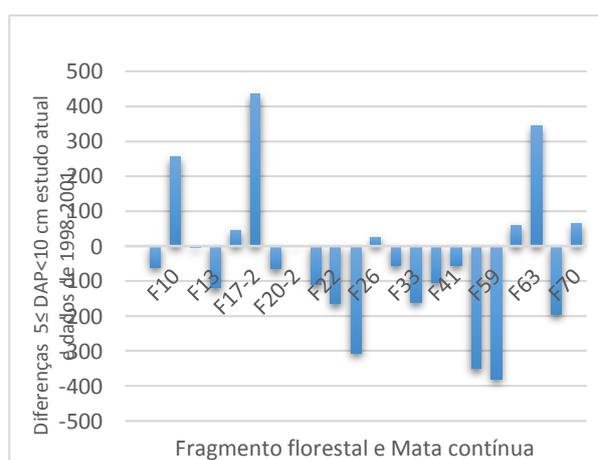


Fonte: Lobato (2019)

**Figura 9-** Diferenças no NI/ha com o DAP < 5cm entre o primeiro levantamento 1998-2001 e o segundo levantamento 2017-2019.

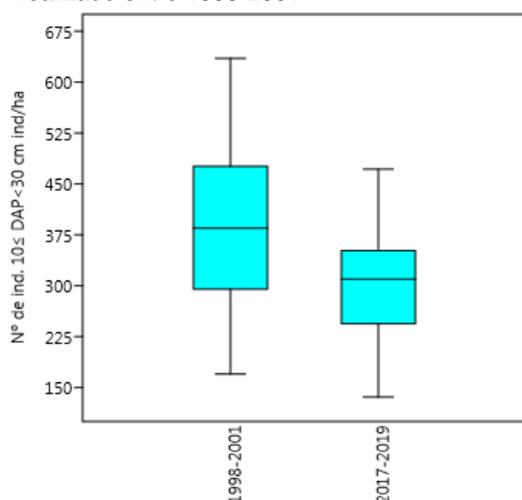


**Figura 11-** Diferenças no NI/ha com o  $5 \leq \text{DAP} < 10$ cm entre o primeiro levantamento 1998-2001 e o segundo levantamento 2017-2019



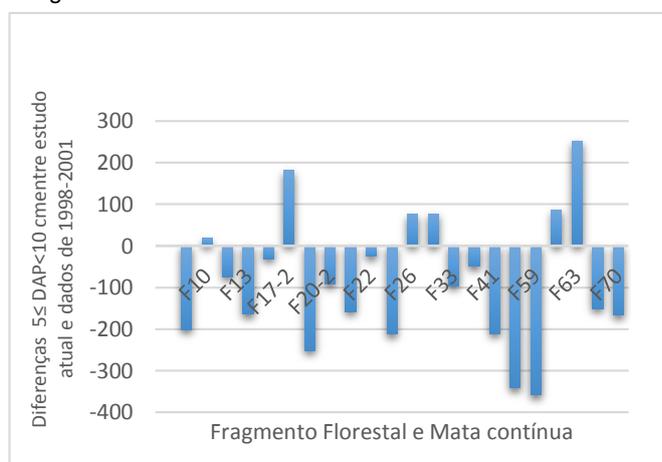
A classe diamétrica entre  $10 \leq \text{DAP} < 30$  cm teve a média de indivíduos maior em 1998-2001, onde a média = 386,59, sendo o desvio padrão=126,13. Em nosso estudo atual essa média diminuiu para 300,72, sendo o desvio padrão=85,66. Analisando estatisticamente essa diferença foi significativo (teste t;  $t=2,55$ ;  $p=0,018$ ) (Figura 12). Observadas as diferenças entre os dois estudos para o  $10 \leq \text{DAP} < 30$  cm o F09, F13 F20-1, F21, F23, F41, F42, F59, MC63 e a MC70 tiveram uma maior quantidade de indivíduos em 1998-2001. Já o F10, F12, F17-1, F20-2, F22, F26, F32, F40 e F61 praticamente não alteraram o número de indivíduos. No nosso estudo atual tiveram aumento significativo apenas o F17-2 e F63 (Figura 13).

**Figura 12** – Nº de indivíduos por ha, onde  $10 \leq \text{DAP} < 30$  cm foi maior no levantamento realizado entre 1998-2001



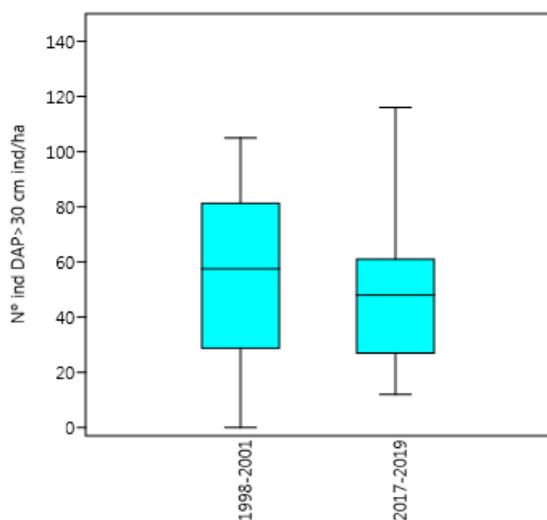
Fonte: Lobato (2019)

**Figura 13**- Diferenças no NI/ha com  $10 \leq \text{DAP} < 30$  cm entre o primeiro levantamento 1998-2001 e o segundo levantamento 2017-2019



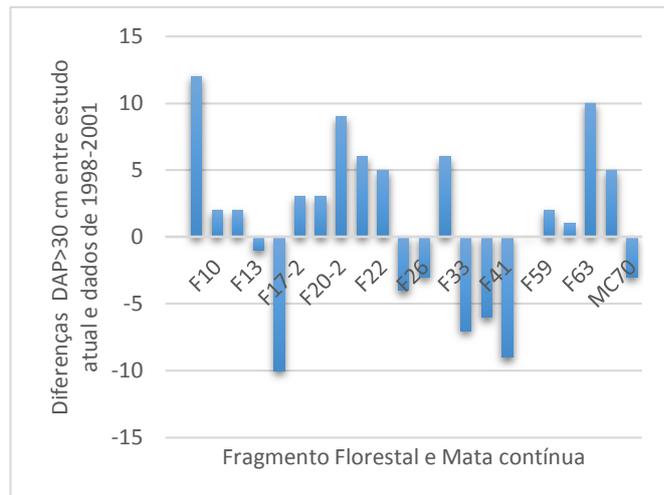
Ao compararmos a média de indivíduos por cada classe diamétrica encontramos os seguintes resultados: classe diamétrica  $\text{DAP} > 30$  cm obtivemos em 1998-2001 a média maior de indivíduos, a média foi 56,13, sendo o desvio padrão de 29,39. No estudo atual essa média diminuiu para 49,09, sendo o desvio padrão=23,78. (Figura 14). No entanto, estatisticamente, não houve diferença significativa (teste t;  $t=1,20$ ;  $p=0,24$ ) (Figura 15).

**Figura 14** – Nº de indivíduos por ha, onde DAP>30 cm foi maior no levantamento realizado entre 1998-2001



Fonte: Lobato (2019)

**Figura 15** - Diferenças no NI/ha com DAP>30 cm entre o primeiro levantamento 1998-2001 e o segundo levantamento 2017-2019



### Resultado do efeito do fogo na estrutura da vegetação de 2017-2019

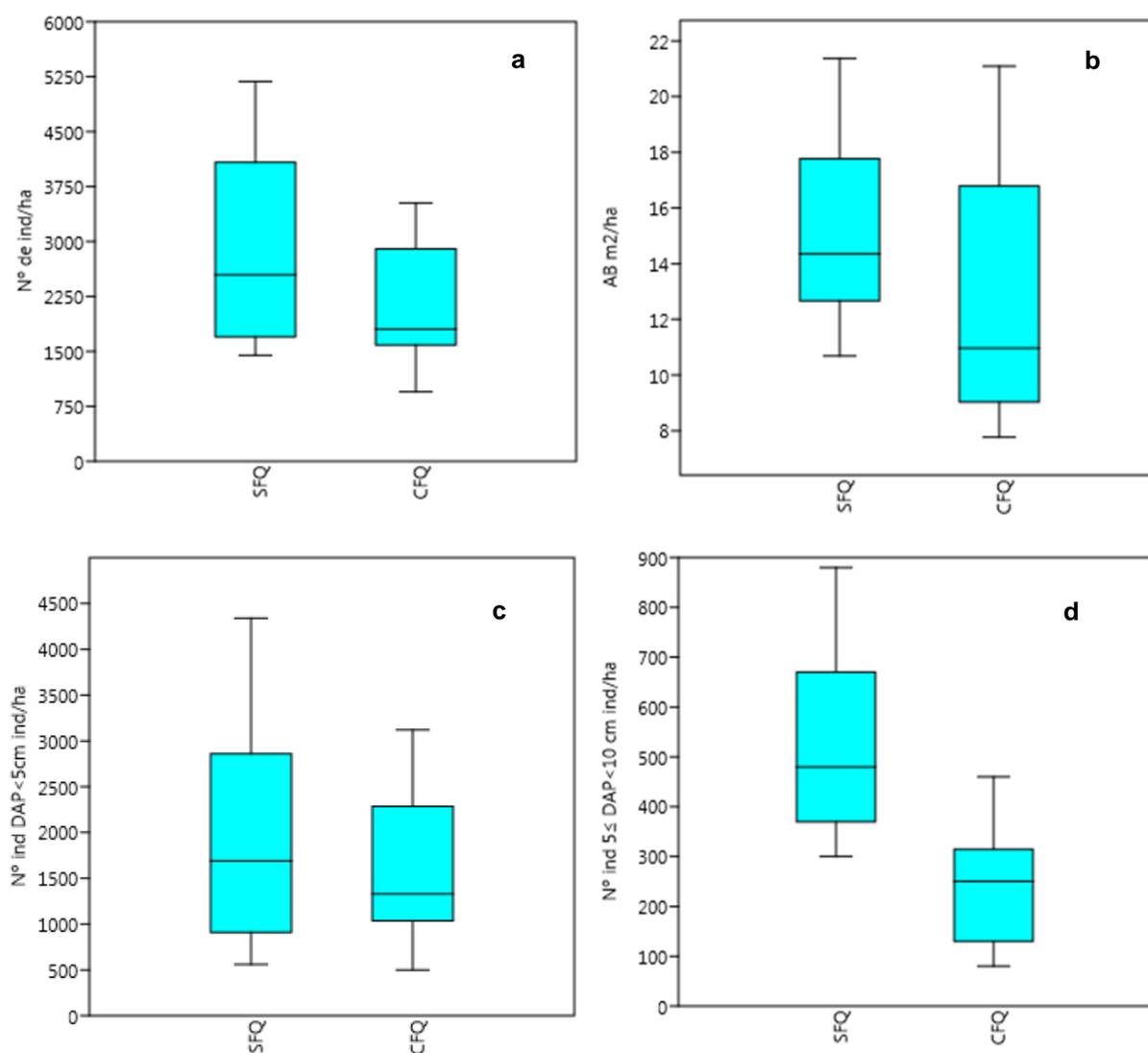
Os dados coletados foram divididos em fragmentos sem focos de queimadas (SFQ) e fragmentos com focos de queimadas (CFQ). Os dados sobre AB, abundância e classes diamétricas foram relacionados entre esses dois grupos para verificar se os focos de queimadas interferiram nessas variáveis.

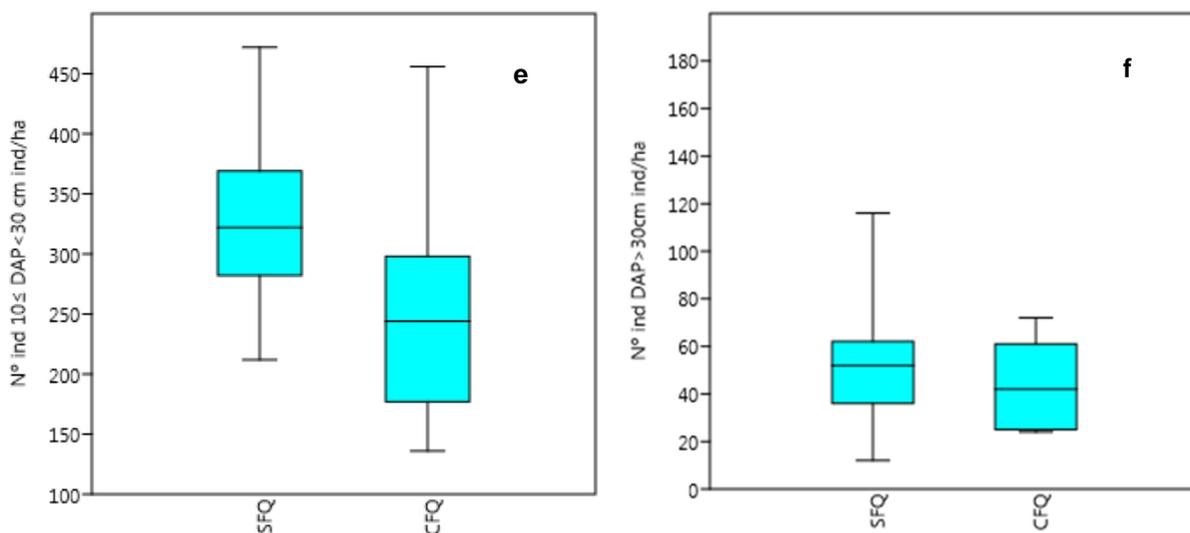
Na análise da área basal a média obtida foi de 15,196 e 12,63, o desvio padrão de 3,20 e 4,65, nos grupos SFQ e CFQ, respectivamente. Estatisticamente as diferenças não foram significativas (teste-t = 1,53 e o  $p=0,14$ )(F16a). Em relação a abundância a média obtida foi de 2851,7 e 2091,5, o desvio padrão 1229,36 e 850,69, nos grupos SFQ e CFQ, respectivamente. Estatisticamente também não houve diferença significativa (teste-t = 1,54 e o  $p= 0,13$ )(F16b).

Em relação aos intervalos das classes diamétricas, obtivemos os seguintes resultados: DAP<5 a média obtida foi de 1951,4 e 1555, o desvio padrão de 1137,95 e 860,14, nos grupos SFQ e CFQ, respectivamente. Estatisticamente não houve diferença significativa (teste-t = 0,85 e o  $p = 0,40$ )(F16c); na classe diamétrica entre  $5 \leq \text{DAP} < 10$  cm a média obtida foi de 518,5 e 242,5, o desvio padrão de 183,04 e

125,32, nos grupos SFQ e CFQ, respectivamente. Neste intervalo de classe, a diferença foi significativa (teste-t = 3,77 e o p = 0,0001), o grupo CFQ tem, em média, um número menor de indivíduos do que o grupo SFQ (Fig16d). Na classe diamétrica entre  $10 \leq \text{DAP} < 30$  cm a média obtida foi de 329,43 e 250,5, o desvio padrão de 63,62 e 99,82, nos grupos SFQ e CFQ, respectivamente. Neste intervalo a diferença foi estatisticamente significativa (teste-t = 2,27 e o p = 0,03), o grupo CFQ tem, em média, um número menor de indivíduos do que o grupo SFQ (Fig.16e). Na classe diamétrica de  $\text{DAP} > 30$  cm a média obtida foi de 52,28 e 43,5, o desvio padrão 26,55 e 18,19 nos grupos SFQ e CFQ, respectivamente. Estatisticamente não houve diferença significativa (teste-t = 0,82 e o p = 0,41) (Fig.16f).

**Figura 16** – estudo atual 2017-2019, os fragmentos foram divididos em sem focos de queimadas (SFQ) e com focos de queimadas (CFQ); **a** – diferença na abundância; **b** – diferença na área basal; **c** – diferença no  $\text{DAP} < 5$  cm; **d** – diferença no  $5 \leq \text{DAP} < 10$  cm; **e** – diferença no  $10 \leq \text{DAP} < 30$  cm; **f** – diferença no  $\text{DAP} > 30$  cm.



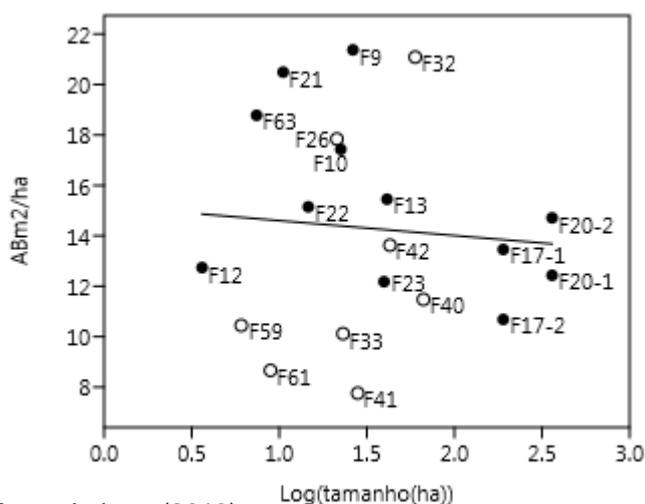


Fonte: Lobato (2019)

### Relação entre a estrutura da vegetação do amostragem atual (2017-2019) e o tamanho do fragmento.

Área Basal: A relação entre as variações da área basal e o tamanho do fragmento ( $y = -0,59x + 15,19$ ) foi negativa. Estatisticamente o resultado não foi significativo ( $t=0,35$ ;  $p=0,72$ ). A força da relação pode ser observada na linha de tendência e os fragmentos amostrados. A quantia da variação explicada foi de  $R^2=0,006$  mostrando que a relação entre as duas variáveis é fraca (Figura 17).

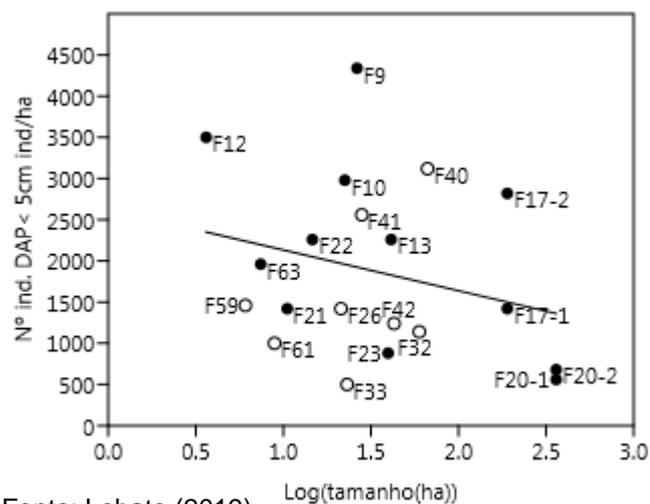
Figura 17 - Regressão entre AB x tamanho da fragmento (2017-2019). Pontos vazios - fragmento CFQ.



Fonte: Lobato (2019)

DAP<5: A relação entre o número de indivíduos com DAP<5cm e o tamanho do fragmento ( $y = -494,63x + 2627,3$ ) foi negativa. Estatisticamente o resultado não foi significativo ( $t=1,16$ ;  $p=0,26$ ). A quantia de variação explicada foi de  $R^2=0,06$ , mostrando que a relação entre as duas variáveis é fraca (Figura 18).

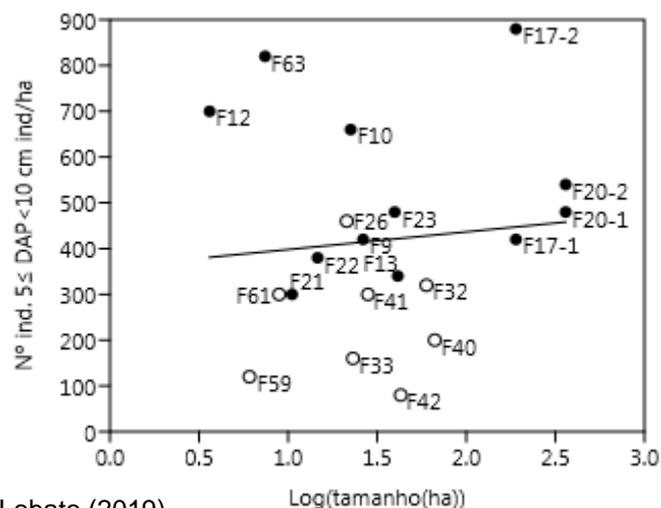
**Figura 18** - Regressão entre o número de indivíduos com DAP<5 cm x tamanho da fragmento (2017-2019). Pontos vazios - fragmento CFQ.



Fonte: Lobato (2019)

$5 \leq \text{DAP} < 10$  cm: A relação entre o número de indivíduos com  $5 \leq \text{DAP} < 10$  cm e o tamanho do fragmento ( $y = 38,53x + 359,47$ ) foi positiva, mas não foi estatisticamente significativa ( $t = 0,42$ ;  $p = 0,67$ ). A quantia de variação explicada foi de  $R^2 = 0,01$  indicando que as variáveis não estão correlacionadas (Figura 19).

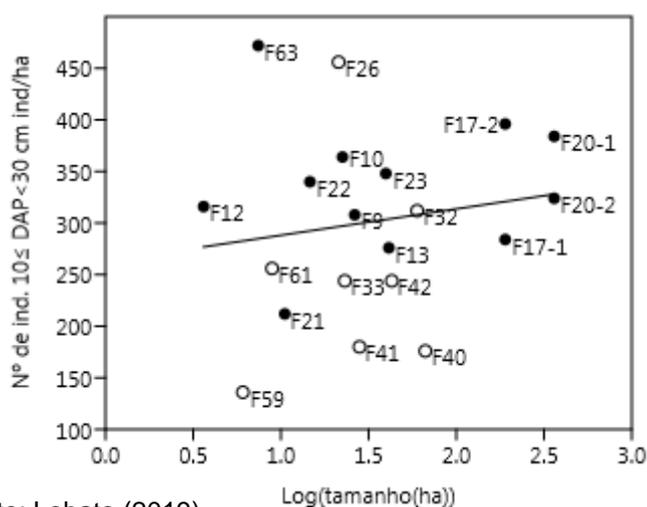
**Figura 19** – Regressão entre o número de indivíduos com  $5 \leq \text{DAP} < 10$  cm x tamanho da fragmento (2017-2019). Pontos vazios - fragmento CFQ.



Fonte: Lobato (2019)

$10 \leq \text{DAP} < 30$  cm: a relação entre o número de indivíduos com  $10 \leq \text{DAP} < 30$  cm e o tamanho do fragmento ( $y = 25,56x + 262,57$ ) foi positiva, mas não foi estatisticamente significativa ( $t = 0,69$ ;  $p = 0,49$ ). A quantia de variação explicada foi de  $R^2 = 0,02$  indicando que a relação entre as duas variáveis é fraca, os pontos estão mais distantes da linha de tendência e não seguindo o ajuste do modelo (Figura 20).

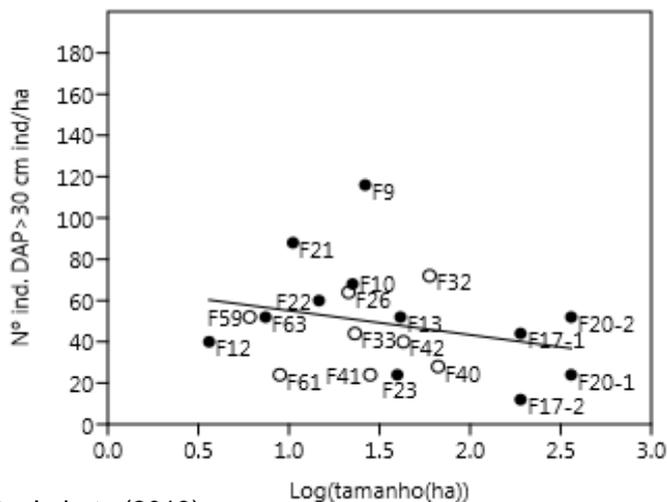
**Figura 20** - Regressão entre o número de indivíduos com  $10 \leq \text{DAP} < 30$  cm x tamanho da fragmento. Pontos vazios - fragmento CFQ



Fonte: Lobato (2019)

$\text{DAP} > 30$  cm: a relação entre o número de indivíduos com  $\text{DAP} > 30$  cm o tamanho do fragmento e ( $y = -11,73x + 66,82$ ) foi negativo. Estatisticamente o resultado não foi significativo ( $t = 1,1$ ;  $p = 0,25$ ). A quantia de variação explicada foi de  $R^2 = 0,07$ , indicando que as variáveis não estão correlacionadas (Figura 21).

**Figura 21** - Regressão entre o número de indivíduos com  $\text{DAP} > 30$  cm x tamanho da fragmento. Pontos vazios - fragmento CFQ

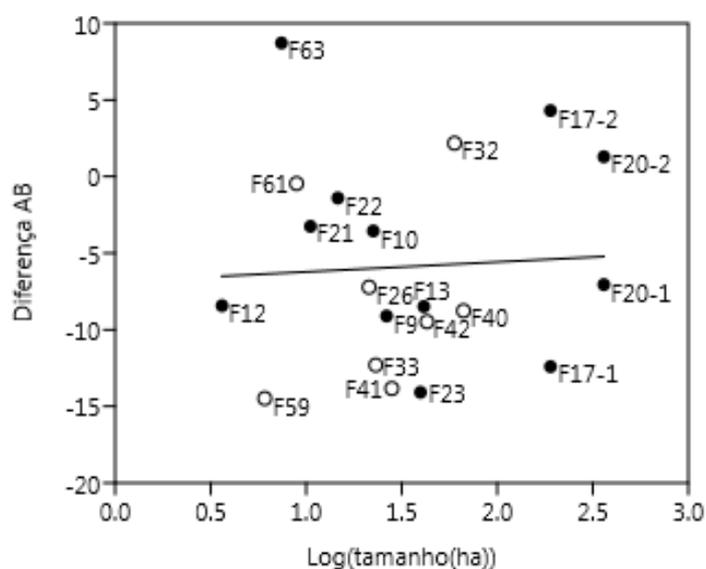


Fonte: Lobato (2019)

**Relação entre as diferenças temporais da estrutura da vegetação versus o tamanho dos fragmentos, entre os períodos da amostragem.**

Área Basal: A relação entre as diferenças da área basal e o tamanho do fragmento ( $y = 0,64x - 6,86$ ) foi positiva (em média, quanto maior for o tamanho maior será a diferença), mas não foi estatisticamente significativa ( $t = 0,24$ ;  $p = 0,81$ ). A força da relação pode ser observada através da linha de tendência e a proximidade dos pontos amostrados. Nesse caso, a quantia da variação explicada foi de  $R^2 = 0,003$  mostrando que a relação entre as duas variáveis é fraca, os pontos estão mais distantes da linha de tendência e não seguindo o ajuste do modelo (Figura 22).

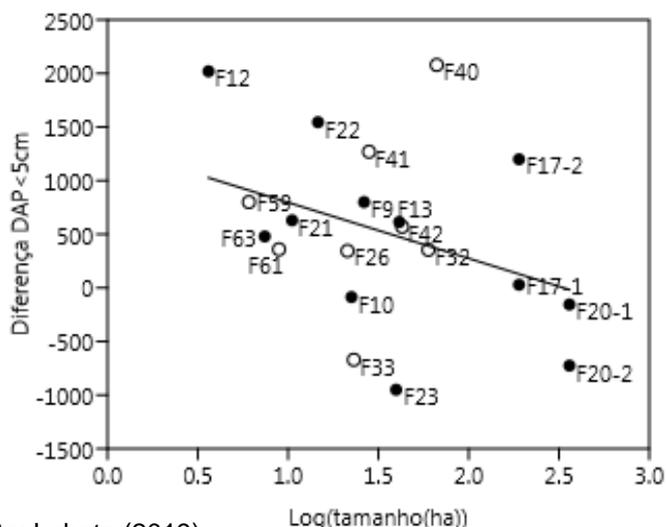
**Figura 22** - Regressão entre a diferença da AB x tamanho da fragmento. Pontos vazios - fragmento CFQ



Fonte: Lobato (2019)

DAP<5: a relação entre as diferenças quantitativas do intervalo com DAP menores de 5cm e o tamanho do fragmento ( $y = -522,12x + 1318,8$ ) foi negativa (em média, quanto maior for o tamanho menor será a diferença), o resultado não foi estatisticamente significativo ( $t = 1,62$ ;  $p = 0,12$ ). A quantia de variação explicada foi de  $R^2 = 0,12$ , mostrando que a relação entre as duas variáveis é fraca. Alguns pontos apresentaram proximidade com a linha de tendência como F59, F21, F9, F13, F42, F32, F17-1 e F20-1. Mas, o ajuste do modelo com  $R^2$  próxima a zero indica que a relação entre as duas variáveis é fraca (Figura 23).

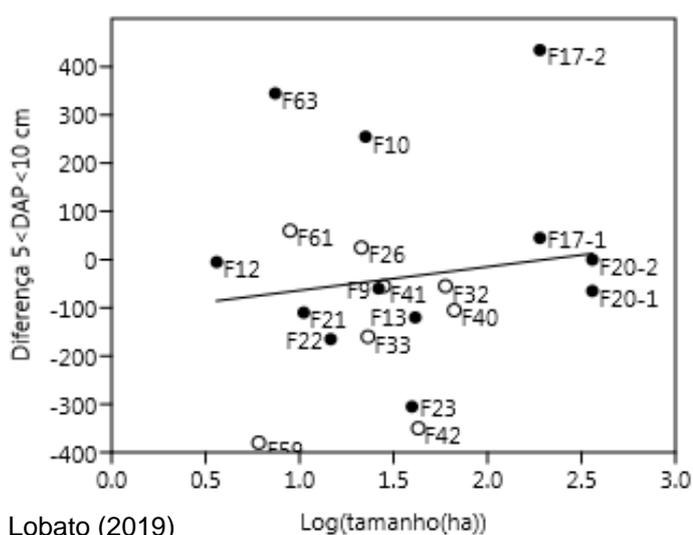
**Figura 23** - Regressão entre a diferença do intervalo DAP < 5 cm x tamanho da fragmento. Pontos vazios - fragmento CFQ



Fonte: Lobato (2019)

$5 \leq \text{DAP} < 10$  cm: a relação entre as diferenças quantitativas do intervalo  $5 \leq \text{DAP} < 10$  cm e o tamanho do fragmento ( $y = 48,949x - 112,85$ ) foi positiva, estatisticamente o resultado não foi significativo ( $t = 0,58$ ;  $p = 0,57$ ). A quantia de variação explicada foi de  $R^2 = 0,018$  indicando que as variáveis não estão correlacionadas. Alguns pontos apresentaram proximidade com a linha de tendência como F09, F41, F17-1 e F20-2 (Figura 24).

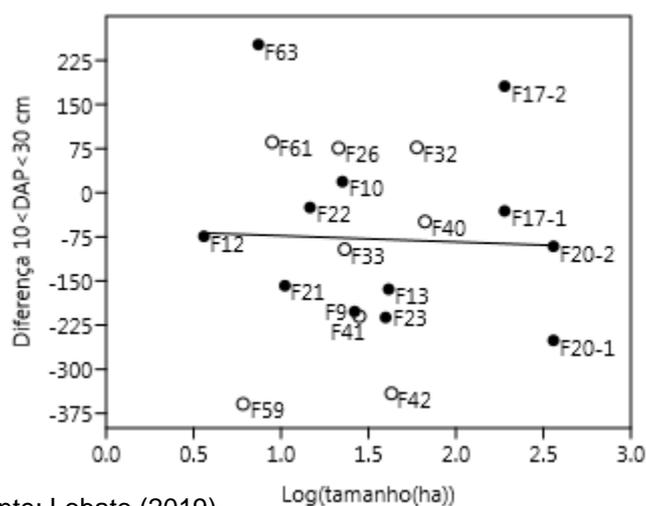
**Figura 24** - Regressão entre a diferença do intervalo  $5 \leq \text{DAP} < 10$  cm x tamanho da fragmento Pontos vazios - fragmento CFQ



Fonte: Lobato (2019)

10 ≤ DAP < 30 cm: a relação entre as diferenças quantitativas do intervalo com 10 ≤ DAP < 30 cm e o tamanho do fragmento ( $y = -10,547x - 62,58$ ) foi negativa, estatisticamente o resultado não foi significativo ( $t = 0,15$ ;  $p = 0,87$ ). A quantia de variação explicada foi de  $R^2 = 0,001$ , indicando que a relação entre as duas variáveis é fraca, os pontos estão mais distantes da linha de tendência e não seguindo o ajuste do modelo. Alguns pontos apresentaram proximidade com a linha de tendência como F12, F33, F40 e F20-2 (Figura 25).

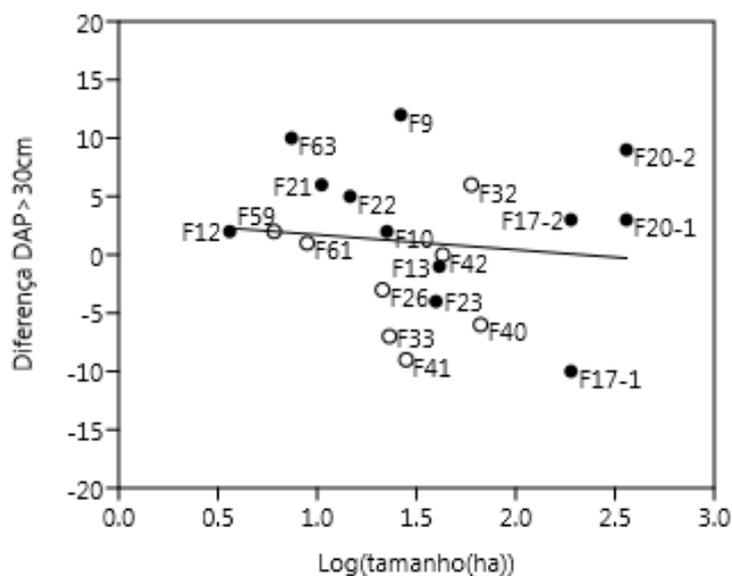
**Figura 25** - Regressão entre a diferença do intervalo 10 ≤ DAP < 30 cm x tamanho da fragmento. Pontos em vermelhos CFQ



Fonte: Lobato (2019)

DAP > 30 cm: a relação entre as diferenças quantitativas do intervalo com DAP > 30 cm e o tamanho do fragmento ( $y = -1,2883x + 3,0068$ ) foi negativo. Estatisticamente o resultado não foi significativo ( $t = 0,51$ ;  $p = 0,61$ ). A quantia de variação explicada foi de  $R^2 = 0,014$ , indicando que as variáveis não estão correlacionadas. Alguns pontos como F12, F59, F61, F10 e F42 estão próximos da linha de tendência (Figura 26).

**Figura 26** - Regressão entre a diferença do intervalo DAP>30 cm x tamanho da fragmento. Pontos em vermelhos CFQ.



Fonte: Lobato (2019)

Tanto as análises da regressão em relação a estrutura da vegetação da amostragem atual (2017-2019) e o tamanho do fragmento, quanto as relacionadas entre as diferenças temporais da estrutura da vegetação e o tamanho dos fragmentos entre os períodos da amostragem, não apresentaram resultados estatisticamente significativos.

#### 4. DISCUSSÃO

##### **Mudanças temporais na área basal e nas distribuições das classes diamétricas**

A área basal é uma variável que depende do número de indivíduos e do DAP. Para compreender esses resultados é preciso analisar a evolução das variáveis que influenciaram: DAP e abundância. Comparando os dados entre 1998-2001 e 2017-2019 tivemos uma diminuição da área basal no estudo atual, mesmo ocorrendo

aumento na quantidade total de indivíduos em relação aos dados de 1998-2001. Assim, apesar da densidade total ser maior, o crescimento ocorreu no número de indivíduos de árvores finas com o DAP médio menor que 5cm, o que não foi suficiente para compensar a diferença na AB. Convém salientar que ao mesmo tempo os DAPs médios das demais classes diamétricas tiveram redução, essa diminuição da AB pode ser uma combinação das duas causas.

Como em outros tipos de florestas tropicais, a maioria dos indivíduos estava concentrada na primeira classe de DAP, tanto em FF quanto em CF. Essa característica das florestas tropicais indica um equilíbrio positivo entre recrutamento e mortalidade, e é característica do conjunto de vegetação que se autorregeneram (SILVA, 1999). Essa autorregeneração pode ser observada em nosso estudo, pois o desenvolvimento da primeira classe diamétrica, onde as árvores de menor diâmetro (1,27 – 4,99 cm DAP) foram quatro vezes mais abundantes que na segunda classe de tamanho (5,0cm<DAP <10,0 cm), seis vezes mais abundante do que na terceira classe de tamanho, trinta e seis vezes mais abundante que a quarta classe diamétrica, mostrando a importância ecológica de árvores pequenas na estrutura e biomassa para as florestas (MEMIAGHE *et al.* 2016).

Em nosso estudo de 2017-2019, inserimos o fator focos de queimadas para analisar se essa ocorrência influenciou na redução da área basal. Comparando as áreas CFQ com as SFQ de 2017-2019, verificamos a redução significativa nos indivíduos da segunda e terceira classe diamétrica, ou seja, teve uma diminuição de árvores com DAPs médios igual e maiores que 5 cm e menores de 30cm.

No estudo de 2017-2019, entre as áreas CFQ e SFQ, as diferenças da AB e DAP<5 não foram significativas, é possível que a longo prazo o fator fogo possa ter influenciado nessas variáveis. A abertura de clareiras causadas pelas queimadas, pode ser local de sementes que permanecem enterradas e são viáveis, podendo ser trazidas à superfície e germinar (DALLING *et al.*, 1997). Vale ressaltar que com o aumento nos focos de queimadas (SOUZA, 2017) o número de clareiras pode ter aumentado a longo prazo (19 anos), o que poderia explicar um aumento das árvores finas. No entanto, além da presença de focos de queimadas outros fatores, que não foram analisados nesse estudo, devem ser considerados, como a presença de roçados históricos, vestígios de corte de árvores e trilhas de caçadores (SILVA, 2019), além das áreas com proximidade de circulação humana.

Estimativas de redução das árvores em incêndios de florestas tropicais mudam muito e o diâmetro mínimo de inclusão e o tempo de avaliação após o incêndio são variáveis importantes nestas avaliações. De modo resumido Cochrane (2003) registrou que o fogo mata 23-44% das árvores com DAP  $\geq 10$  cm em florestas tropicais no prazo de um ano após o incêndio. Outros estudos mostram que essa redução pode sofrer variações, como as mortalidades entre 38 e 55% para árvores com DAP  $\geq 10$  cm no intervalo de um mês a um ano e meio após o fogo, em Paragominas, PA, Holdsworth e Uhl (1998), ou registrar 10,5% de mortalidade de árvores com DAP  $\geq 10$  cm apenas dois meses após o fogo em Roraima, Nascimento *et al.* (2000).

Em nosso estudo, comparados os fragmentos CFQ e SFQ houve uma redução significativa justamente entre os indivíduos com DAP  $\geq 10$ , a longo prazo essa variável pode ser importante fator de redução na área basal. É conhecido que a mortalidade de árvores nos incêndios de florestas tropicais é muito maior entre as de menor porte; as maiores são, em geral, mais resistentes ao contato com o fogo (BARBOSA; FEARNSTIDE, 2000). Em se tratando de incêndio florestal a diminuição da biomassa viva, do número de espécies por unidade de área e do número de árvores, é uma consequência lógica devido à morte das populações em parte ou no todo.

Não foi objetivo desse estudo a análise do comportamento das espécies vegetais em relação as queimadas e mudanças climáticas, nem a evolução da composição florística ao longo desses 19 anos. No entanto, esse fator deve ser considerado para estudo futuro, já que a maior sensibilidade de árvores menores aos impactos do fogo também pode se refletir na mortalidade diferencial entre espécies, segundo Ivanauskas (2003).

Ainda sobre as possíveis alterações na biodiversidade das espécies vegetais, os estudos sobre os efeitos do processo de fragmentação, que ocorreu nas últimas décadas na região Amazônica, mostraram alterações ecológicas e a vulnerabilidade da floresta às mudanças climáticas (TOLLEFSON, 2013) onde a fragmentação causa efeitos diversos e severos sobre o conjunto da vegetação (LAURENCE *et al.* 2002. Desvio nas condições climáticas médias podem resultar no aumento da mortalidade de árvores (WILLIAMSON, 2000), incêndios florestais (NEPSTAD, 2014) e aumento nos níveis de CO<sub>2</sub> atmosférico (CLARK, 2003).

Em relação a propagação do fogo em florestas tropicais, de acordo com Cochrane (2003), seu controle ocorre sobretudo pela umidade relativa do ambiente, porém a modelagem do comportamento e efeitos do fogo é mais difícil nestas florestas devido a heterogeneidade da composição do material combustível. Esta característica dos fogos em florestas tropicais torna ainda mais difícil isolar as correlações entre sua severidade e variáveis do ambiente físico.

A nossa área de estudo apresentou um número significativo de queimadas nos últimos 19 anos. No estudo de Souza (2017), o fenômeno El Niño foi bastante intenso no ano de 2015, período com o maior número de incêndios. Segundo Schroeder (2009), durante as rigorosas estiagens nos anos de El Niño, a umidade do solo na Amazônia brasileira atinge valores alarmantes tornando a floresta suscetível às queimadas. Esse evento são mais recorrentes em paisagens fragmentadas sujeitas às influências das mudanças climáticas causadas pela intensidade do El Niño (ALENCAR, 2011).

As comparações entre 1998-2001 e 2017-2019 mostram contrastes distintos que corroboram perdas líquidas consideráveis na densidade e área basal das árvores e sugerem que incêndios possa influenciar a longo prazo na dinâmica da estrutura florestal. Para corroborar com esses resultados sugerimos em projetos futuros um estudo padronizado que caracterize o regime do fogo (severidade, frequência e extensão) e seus impactos nos sistemas naturais na área estudada, bem como um sistema de monitoramento da composição florística relacionado com fatores climáticos.

#### **Relação entre a estrutura da vegetação e o tamanho do fragmento na amostragem atual (2017-2019), e entre os períodos da amostragem.**

A partir dos dados sobre o tamanho de cada fragmento florestal, analisamos se a área basal e os intervalos das classes diamétricas podiam ser relacionados com o tamanho de cada “ilha”. Para isso neste estudo, a partir de dados quantitativos, analisamos os dados usando a teoria da biogeografia de ilhas.

Na teoria de biogeografia de ilhas de MacArthur e Wilson (1967), a estrutura da vegetação seria influenciada pelo tamanho da ilha. As ilhas maiores teriam maior tamanho médio das espécies e teriam maior colonização pois são maiores para dispersão.

Estudos em florestas tropicais indicam que quanto menor o fragmento maior a influência teria dos efeitos de borda (TERBORGH, 1992). Assim, no estudo de 2017-2019 esperávamos que os fragmentos menores tivessem menor densidade e conseqüentemente uma menor área basal. Por serem de tamanho menor, seriam teoricamente mais susceptíveis a fatores externos, como ao fogo, influenciando assim na abundância das classes diamétricas e tivessem diminuição na sua densidade por estarem mais vulneráveis ao efeito de borda. No entanto, essa condição não aconteceu.

Nas florestas, as espécies respondem as mudanças evoluindo, migrando, tornando-se extinta ou adaptando-se a novas alterações locais. Por exemplo, a diminuição da umidade do solo e um clima mais quente podem aumentar a intensidade do fogo e a chance de iniciação do fogo. Nas áreas afetadas pelo fogo o terreno pode ser repovoado por espécies que se beneficie com a alteração no clima. Também existe a probabilidade de surtos de insetos que pode mudar como resultado de uma densidade alterada de predadores ou parasitas (DALE; RAUSCHER, 1994), influenciando assim na polinização das espécies e na dispersão das sementes.

Em nosso estudo não foram encontrados valores estatísticos significativos, nem nos dados de 2017-2019, nem comparados esses dados com 1998-2001. Desse modo, nenhuma das variáveis estudadas apresentaram perfis que mostrassem o seu crescimento ou diminuição relacionados ao tamanho dos fragmentos. Entretanto, além do fogo outros agentes de perturbação deverão ser considerados futuramente como as atividades antrópicas de cortes árvores, roçado e presença de estradas próximas aos fragmentos.

## 5. CONCLUSÕES

Comparando os dados entre 1998-2001 e 2017-2019 foi observado alterações nos perfis estruturais dos fragmentos florestais relacionados a abundância, área basal e distribuição das classes diamétricas. As mudanças da estrutura da vegetação ocorreram com aumento da abundância total de árvores, principalmente pelo número de indivíduos de classe diamétricas de DAP < 5cm e redução das demais classes. Esse processo sugere uma atividade de regeneração e recrutamento de árvores finas, ocasionadas por possíveis perturbações nas áreas estudadas.

Ao analisamos o fator fogo e o tamanho dos fragmentos como influenciadores de perfis estruturais, este último não apresentou correlação com as variações da abundância, AB e classes diamétricas. No entanto, ao estudamos o fator focos de queimada no estudo de 2017-2019, como um agente dessa perturbação, e comparando dados entre fragmentos CFQ e SFQ, observamos a diminuição significativa nos DAP > 10 cm, porém as árvores de maiores porte se mostraram resistentes ao fogo. Esses resultados repetiram os padrões já mencionados em outros estudos. Ainda assim, estudos devem ser feitos periodicamente, pois a modelagem do comportamento a efeitos do fogo é mais difícil nas florestas tropicais devido a sua heterogeneidade e resiliência. Outros fatores que não foram objetos de estudos desse projeto, devem ser considerados em investigações futuras, como a composição florísticas, efeitos antropogênicos e mudanças climáticas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, A. *et al.* Temporal variability of forest fires in eastern Amazonia. *Ecological applications: a publication of the Ecological Society of America*, v.21, n. 7, p. 2397-412, 2011

AMARAL, L. I. **Desvendando padrões estruturais, efeito do tamanho e isolamento de fragmentos florestais na florística, na riqueza e diversidade em Alter do Chão, na Amazônia Oriental Brasileira.** Tese de doutorado – INPA, Manaus. 2017.

BATES, H.W. **The Naturalist on the River Amazons:** A record of adventures, habits of animals, sketches of Brazilian and Indian life and aspects of nature under the Equator, during eleven years of travel. John Murray, London, 1892, 460p.

BARBOSA, R.I.; FEARNSIDE, P.M. As lições do fogo: O grande incêndio de Roraima. **Ciência Hoje**: v. 27, p. 27-43, 2000.

BOND, W.J., MIDGLEY, G.F. & WOODWARD, F.I. What controls South African vegetation – climate or fire? **South African Journal of Botany**. *J. Bot.*: v. 69, p. 79-91. 2003.

BRAGA, P.I.S. Subdivisão fitogeográfica, tipos de vegetação, conservação e inventário florístico na Amazônia. **Acta Amazonica**, v. 9, p. 53-80, 1979.

CARVALHO, D. W., MUSTIN, K. The highly threatened and little known Amazonian savannahs. **Springer Nature**. v 1. 2017.

CASTELLANI, T.T., STUBBLEBINE, W.H. Sucessão secundária inicial em mata tropical mesófila, após perturbação por fogo. **Revta Brasil. Bot.** 16, 181–203. 1993

CASTILHO, C.; SCHIETTI, J.; FREITAS, M. A.; ARAÚJO, M. C.; COELHO, F.; MAGNUSSON, W.; COSTA, F. **Manual para Medição e Marcação de Árvores em grades e módulos RAPELD do PPBio.** Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia/Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio), Manaus, 2014.

CERQUEIRA, R.; BRANT, A.; NASCIMENTO, M.T.; PARDINI, R. 2003. Fragmentação: alguns conceitos. In: Rambaldi, D.M.; OLIVEIRA, D.A.S. (Org.). **Fragmentação de Ecossistemas:** Causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas. Brasília: MMA/SBF, 2003. 100 p.

CLARK, D. A.; PIPER, S. C.; KEELING, C. D.; CLARK, D. B. Tropical rain forest tree growth and atmospheric carbon dynamics linked to interannual temperature variation during 1984– 2000, **Proc. Natl. Acad. Sci.** 100, 5852–5857. 2003.

COCHRANE, M.A. Fire science for rainforests. **Nature**: v. 421, fev 2003.

CONSTANTINO, R.; BRITZ, R.M.; CERQUEIRA, R.; ESPINDOLA, E.L.G.; GRELLE, C.E.V.; LOPES, A.T.L.; *et al.* **Causas da fragmentação**: Naturais. In: RAMBALDI, D.M, OLIVEIRA, D.A.S (Org.). **Fragmentação de Ecossistemas: Causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. Brasília: MMA/SBF. ISBN – 87166-48-4. 2003. 100 p.

DALE, V. H., RAUSCHER, H. M.: 'Assessing Impacts of Climate Change on Forests: The State of Biological Modeling', **Climatic Change** 28, 65–90. 1994.

DALLING, J.W., SWAINE, M.D. & GARWOOD, N.C. Soil seed bank dynamics in seasonally moist lowland tropical forest, Panama. **Journal of Tropical Ecology** 13:659-680, 1997.

FERREIRA, A. M. M; SALATI, E. Forças de transformação do ecossistema amazônico Brasileiro. In: SALATI, E.; ABSY, M. L.; VICTORIA, R. L. (Orgs.). **Amazônia: Um Ecossistema em transformação**. Manaus: INPA, p. 67-86, 2000.

FORMAN, R; GODRON, M. Landscape Ecology. **John Wiley & Sons**. p.146-152. New York: 1986.

GASH, J. H. C. C., NOBRE, A., Roberts, J. M.; VICTORIA, R. L. Amazonia Deforestation and Climate. **Science**: v. 247, pp. 79– 99. 1990.

GOLDAMMER, J.G. Rural land-use and wildland fires in the tropics. **Agrofor. Syst.** 6, 235–252. 1988.

HOLDSWORTH, A.; UHL, C. O Fogo na Floresta Explorada e o Potencial para Redução de Incêndios Florestais na Amazônia. **Série Amazônia**: nº 14 - Belém: Imazon, 1998.

HUBER, O.; STEFANO, R.D.; AYMARD, G.; RIINA, R. Flora and vegetation of the Venezuelan Llanos: A Review. In: **Neotropical savannas and seasonally dry forests**: plant diversity, biogeographic and conservation. Taylor & Francis, Boca Raton: p. 95-12. 2006.

HUTYRA, L.R, MUNGER, J.W, NOBRE, C.A, SALESKA, S.R, VIEIRA S.A, WOFSY S.C. Climatic variability and vegetation vulnerability in Amazônia. **Geophys. Res. Lett.** v. 32, p. 2–5.

HOLLING, C. S. Resilience and stability of ecological systems, **Annu. Rev. Ecol. Syst.**, v. 4, p. 1 –23, 1973.

IBGE. 2012. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**: Sistema fitogeográfico. Inventário das formações florestais e campestres Técnicas e manejo de coleções botânicas. Procedimentos para mapeamentos. Nº 1, 2ª Edição ampliada. Centro de Documentação e Disseminação de Informações, Rio de Janeiro, 271p.

IVANAUSKAS, N.M.; MONTEIRO, R.; RODRIGUES, R.R. Alterations following a fire in a forest community of Alto Rio Xingu. **Elsevier: Forest Ecology and Management** v. 184, p. 239–250, 2003.

LAURANCE, W.F., LOVEJOY, T.E., VASCONCELOS, H.L., BRUNA, E.M., DIDHAM, R.K., STOUFFER, P.C., GASCON, C., BIERREGAARD, R.O., LAURANCE, S.G., & SAMPAIO, E. Ecosystem decay of Amazonian forest fragments, a 22-year investigation. **Conservation Biology**, v. 16, p. 605-618. 2002.

LEVINE, N.M. *et al.* Ecosystem heterogeneity determines the ecological resilience of the Amazon to climate change. **Proceedings of the National Academy of Sciences** 113(3), p. 793-797, 2016.

MACARTHUR, R. H.; WILSON, E. O. **The Theory of Island Biogeography**. Princeton, N.J.: Princeton University Press, 203 p. 1967.

MACHADO, S. A. et al. Distribuição diamétrica de *Araucaria angustifolia* (Bert.) em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista. **Scientia Agraria**, v. 10, n. 2, p. 103-110, 2009.

MAGNUSSON, W. E.; LIMA, A. P.; ALBERNAZ, A. L. K., SANAIOTTI, T. M.; e GUILLAUMET, J. L. Composição florística e cobertura vegetal das savanas na região de Alter do Chão, Santarém – PA. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 31, n. 1, p. 165-177, 2008

MAYLE, F. E.; POWER, M. J. Impact of a drier Early-Mid-Holocene climate upon Amazonian forests. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London B**: v. 363: p. 1829-1838. 2008.

MEMIAGHE, H. R.; LUTZ, J. A.; KORTE, L.; ALONSO, A.; KENFACK, D. Ecological Importance of Small-Diameter Trees to the Structure, Diversity and Biomass of a Tropical Evergreen Forest at Rabi, Gabon. **Plos one**. 2016.

MIRANDA, I.S. Estrutura do estrato arbóreo do cerrado amazônico em Alter do Chão, Pará, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, 16: 143-150. 1993.

MONTGOMERY, R.F.; ASKEW, G.P. Soils of tropical savannas. *In*: Bourliere, F. (ed.) Tropical Savannas Ecosystems of the World. **Elsevier**: Amsterdam. p.63-78. 1983.

NASCIMENTO, M.T.; Felfili, J.M.; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; FONTES, M.A.L.; FRANÇA, J.T.; HAY, J.D.; GRIBEL, R. Efeitos do fogo nas florestas - as queimadas em Roraima. **Ciência Hoje**: v. 27, p. 40-43, 2000.

NEPSTAD, D.C.; MORTON, D.C.; PUTZ, F.E.; COE, M.T.; SILVÉRIO, D.; MACEDO, M.N.; DAVIDSON, E.A.; NÓBREGA, C.C.; ALENCAR, A.; SOARES-FILHO, B.S. Abrupt increases in Amazonian tree mortality due to drought–fire interactions. **Proceedings of the National Academy of Sciences**: v. 111, p. 6347–6352, 2014.

OLIVEIRA, J.R.; PASTANA, J.M.; NAVEGANTE, P.S.; SCHALKEN, C.G. Caracterização Hidrogeológica da Cidade de Santarém e das Vilas de Mojuí dos Campos e Alter-DoChão com Proposta Técnica para a Perfuração de Poços Tubulares Profundos. *In*: JOINT WORLD CONGRESS ON São Paulo, UNESP, Geociências, v. 36, n. 3, p. 579 - 587, 2017 587 GROUNDWATER, 1st, 2000, Belém. **Resumos Expandidos...** Pará: Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, 2000

ORELLANA, E. et al. Modelagem da distribuição diamétrica de espécies florestais em um fragmento de floresta ombrófila mista. **Revista Árvore**, v. 38, n. 2, p. 297–308, 2014.

PUYRAVAUD, J.-P., DUFOUR, C.; ARAVAJY, S. Rainforest expansion mediated by successional processes in vegetation thickets in the Western Ghats of India. **Journal of Biogeography**. **30**:1067–1080. 2003.

PRANCE, G.T. The origin and evolution of the Amazon Flora. **Interciencia**, 3: 207-220, 1978.

PIRES O'BRIEN, M.J. **Ecologia e modelamento de florestas tropicais**. FCAP. 1995

SALATI, E., and P. B. VOSE. Amazon Basin: A system in equilibrium. **Science**, 225, 129– 138. 1984

SANAIOTTI, T.M.; MARTINELLI, L.A.; VICTORIA, R.L.; TUMBORE, S.E.; CAMARGO, P.B. Past vegetation in Amazon savannas: determined using Carbon isotopes of soil organic matter. **Biotropica**, v. 34: 2-16. 2002.

SCOLFORO, J. R. S. **Biometria florestal: modelos de crescimento e produção florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2006. 393 p.

SERENA, M. Distribution and habitats of parthenogenetic and sexual *Cnemidophorus lemniscatus*, Sauria:Teiidae in Surinam. *Copeia*, 3: 713-719. 1984. Disponível em: [https://www.jstor.org/stable/1445154?read-now=1&refregid=excelsior%3A13cbdf8df24f8d20a8098a24274906f9&seq=1#page\\_scan\\_tab\\_contents](https://www.jstor.org/stable/1445154?read-now=1&refregid=excelsior%3A13cbdf8df24f8d20a8098a24274906f9&seq=1#page_scan_tab_contents) Acesso em 18 dezembro 2018.

SILVA, J. G. **Histórico de uso e estrutura da vegetação arbórea das ilhas florestais em Alter do Chão - Pará**. Dissertação de Mestrado em Recursos Naturais da Amazônia. Área de concentração: Estudos e Manejos dos Ecossistemas Amazônicos. Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA, Santarém, 2019.

SOUZA, G. M.; BUCKERIDGE, M. S. **Sistemas complexos: novas formas de ver a Botânica**. Revista Brasileira de Botânica, v. 27, n. 3, p. 407-419, 2004.

SOUZA, A. L.; SOARES, C. P. B. **Florestas nativas: estrutura, dinâmica e manejo**. Viçosa: Editora UFV, 2013, 322p.

SOUZA, M. **Distribuição espaço-temporal dos focos de queimadas na APA de Alter do Chão**. Dissertação de Mestrado em Recursos Naturais da Amazônia. Área de concentração: Estudos e Manejos dos Ecossistemas Amazônicos. Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA, Santarém, 2017

TOLLEFSON, J. Splinters of the Amazon: Decades after Lovejoy isolated fragments of the Brazilian rainforest in a grand experiment, researchers building on his legacy around the world. **Nature**, 496: 286 – 289, 2013

TERBORGH, J. Maintenance of diversity in tropical forests. **Biotropica** 24:283-292, 1992

UHL, C., KAUFFMAN, J.B., SILVA, E.D. Os caminhos do fogo na Amazônia. **Ciência hoje** 11, 25–32. 1990.

VIANA, V.M. Biologia e manejo de fragmentos florestais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, Campos do Jordão, 1990. **Anais**. Curitiba: Sociedade Brasileira de Silvicultura/Sociedade de Engenheiros Florestais, 1990. p. 113-118

WHITMORE, T.C. **An introduction to tropical rain forest**. New York: Oxford University Press, 1990.

WILLIAMSON, G. B.; LAURANCE W. F.; OLIVEIRA, A. A.; DELAMONICA P, GASCON, C.; LOVEJOY,T; POHL, L. Amazonian tree mortality during the 1997 El Nino drought. **Conserv. Biol.**, 14, 1538 – 1542, 2000.

## APÊNDICE

**APÊNDICE A** – Registro geral dos dados: Abundância, AB e Classes diamétricas por m<sup>2</sup>  
Anos 1998-2001

| Cod.  | Nome Fragmento            | 1998-2001 (2000m2) |            |      |       |     | AB(m2/2000m2) |
|-------|---------------------------|--------------------|------------|------|-------|-----|---------------|
|       |                           | NTI                | NI5da<br>p | 5-10 | 10-30 | +30 |               |
| F09   | Miritiapina               | 923                | 708        | 96   | 102   | 17  | 6,09          |
| F10   | Jucá                      | 778                | 613        | 81   | 69    | 15  | 4,19          |
| F12   | Miritapina-Atrás          | 523                | 296        | 141  | 78    | 8   | 4,23          |
| F13   | D. Helena-Tapajós         | 523                | 329        | 92   | 88    | 14  | 4,78          |
| F17-1 | Macaco                    | 437                | 278        | 75   | 63    | 21  | 5,17          |
| F17-2 | Mucaim-D.Helena           | 456                | 324        | 89   | 43    | 0   | 1,27          |
| F20-1 | Caapiranga-Lago           | 382                | 143        | 109  | 127   | 3   | 3,89          |
| F20-2 | Caapiranga-Dentro         | 476                | 281        | 108  | 83    | 4   | 2,68          |
| F21   | Norato                    | 330                | 158        | 82   | 74    | 16  | 4,74          |
| F22   | Saru                      | 335                | 143        | 109  | 73    | 10  | 3,31          |
| F23   | Santa Luzia<br>(Pombal)   | 645                | 366        | 157  | 112   | 10  | 5,25          |
| F26   | Taracua                   | 397                | 215        | 87   | 76    | 19  | 5,01          |
| F32   | Ilha Grande-<br>Palmeiras | 291                | 157        | 75   | 47    | 12  | 3,78          |
| F33   | Seringa                   | 384                | 234        | 64   | 68    | 18  | 4,48          |
| F40   | Paraiso                   | 327                | 208        | 61   | 45    | 13  | 4,04          |
| F41   | Jacu                      | 422                | 258        | 71   | 78    | 15  | 4,32          |
| F42   | Ilha da Roça              | 347                | 134        | 86   | 117   | 10  | 4,62          |
| F59   | Mureta                    | 342                | 132        | 100  | 99    | 11  | 4,98          |
| F61   | Jurucui                   | 215                | 128        | 48   | 34    | 5   | 1,82          |
| F63   | Mucaim-Estrada            | 438                | 296        | 95   | 44    | 3   | 2,01          |
| MC65  | São Vicente               | 396                | 193        | 103  | 94    | 6   | 3,43          |
| F70   | Murajuba                  | 391                | 196        | 91   | 87    | 17  | 5,36          |

**APÊNDICE B** – Registro geral dos dados: Abundância, AB e Classes diamétricas por m<sup>2</sup>  
Anos 2017-2019

| Cod.  | Nome Fragmento        | 2017-1019 (2500m2) |            |      |       |     | AB          |
|-------|-----------------------|--------------------|------------|------|-------|-----|-------------|
|       |                       | NTI                | NI5da<br>p | 5-10 | 10-30 | +30 |             |
| F09   | Miritiapina           | 344                | 217        | 21   | 77    | 29  | 5,343585277 |
| F10   | Jucá                  | 290                | 149        | 33   | 91    | 17  | 4,357490216 |
| F12   | Miritapina-Atrás      | 299                | 175        | 35   | 79    | 10  | 3,18565     |
| F13   | D. Helena-Tapajós     | 212                | 113        | 17   | 69    | 13  | 3,86302     |
| F17-1 | Macaco                | 174                | 71         | 21   | 71    | 11  | 3,36562     |
| F17-2 | Mucaim-D.Helena       | 287                | 141        | 44   | 99    | 3   | 2,67185     |
| F20-1 | Caapiranga-Lago       | 154                | 28         | 24   | 96    | 6   | 3,109       |
| F20-2 | Caapiranga-Dentro     | 155                | 34         | 27   | 81    | 13  | 3,67877     |
| F21   | Norato                | 161                | 71         | 15   | 53    | 22  | 5,123475112 |
| F22   | Saru                  | 232                | 113        | 19   | 85    | 15  | 3,787588063 |
| F23   | Santa Luzia (Pombal)  | 161                | 44         | 24   | 87    | 6   | 3,0466      |
| F26   | Taracua               | 224                | 71         | 23   | 114   | 16  | 4,460114527 |
| F32   | Ilha Grande-Palmeiras | 169                | 57         | 16   | 78    | 18  | 5,271791683 |
| F33   | Seringa               | 105                | 25         | 8    | 61    | 11  | 2,531113316 |
| F40   | Paraiso               | 217                | 156        | 10   | 44    | 7   | 2,869581051 |
| F41   | Jacu                  | 194                | 128        | 15   | 45    | 6   | 1,941292324 |
| F42   | Ilha da Roça          | 137                | 62         | 4    | 61    | 10  | 3,407282294 |
| F59   | Mureta                | 126                | 73         | 6    | 34    | 13  | 2,612779935 |
| F61   | Jurucui               | 135                | 50         | 15   | 64    | 6   | 2,166039968 |
| F63   | Mucaim-Estrada        | 270                | 98         | 41   | 118   | 13  | 4,69477     |
| MC65  | São Vicente           | 153                | 46         | 16   | 80    | 11  | 3,49538     |
| F70   | Murajuba              | 173                | 66         | 26   | 67    | 14  | 0,716197244 |