

**Embrapa**

**Amazônia Oriental**



**MG**  
**MUSEU GOELDI**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

**TINAYRA TEYLLER ALVES COSTA**

**RESPOSTA DE PALMEIRAS A ALTERAÇÕES NA PAISAGEM POR CORTE E  
QUEIMA E INCÊNDIOS FLORESTAIS NA AMAZÔNIA ORIENTAL**

**BELÉM – PA  
2024**

RESPOSTA DE PALMEIRAS A ALTERAÇÕES NA PAISAGEM POR CORTE E  
QUEIMA E INCÊNDIOS FLORESTAIS NA AMAZÔNIA ORIENTAL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará (UFPA), Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Amazônia Oriental, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Ciências Ambientais.

Área de concentração: Clima e dinâmica socioambiental na Amazônia.

Linha de pesquisa: Ecossistemas Amazônicos e Dinâmicas Socioambientais.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ima Célia Guimarães Vieira

Coorientador: Prof. Dr. Marcelo Tabarelli

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará**

**Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

- 
- C837r Costa, Tinayra Teyller Alves.  
Resposta de palmeiras a alterações na paisagem por corte e queima e incêndios florestais na Amazônia oriental / Tinayra Teyller Alves Costa.  
— 2024.  
59 f. : il. color.
- Orientador(a): Prof<sup>a</sup>. Dra. Ima Célia Guimarães Vieira  
Coorientador(a): Prof. Dr. Marcelo Tabarelli
- Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,  
Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Belém, 2024.
1. Incêndios florestais. 2. Attalea. 3. Mosaicos florestais. 4. Palmeiras.  
5. Amazônia. I. Título.

CDD 632.1809811

---

**TINAYRAYRA TEYLLER ALVES COSTA**

**RESPOSTA DE PALMEIRAS A ALTERAÇÕES NA PAISAGEM POR CORTE E QUEIMA E INCÊNDIOS FLORESTAIS NA AMAZÔNIA ORIENTAL**

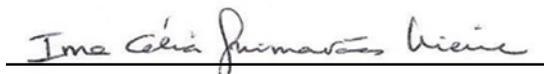
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará (UFPA), Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) e Embrapa Amazônia Oriental, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Ciências Ambientais.

Área de concentração: Clima e dinâmica socioambiental na Amazônia

Linha de pesquisa: Ecossistemas Amazônicos e Dinâmicas Socioambientais

Data da Defesa: 30/04/2024

Banca Examinadora:



Dr<sup>a</sup>. Ima Célia Guimarães Vieira – Orientadora  
Doutora em Ecologia  
Museu Paraense Emílio Goeldi



Dr<sup>a</sup>. Joice Nunes Ferreira – Membro Interno  
Doutora em Ecologia  
Embrapa Amazônia Oriental

Documento assinado digitalmente

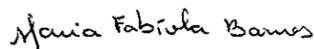


CLAUDIO MOISES SANTOS E SILVA

Data: 25/06/2024 16:31:46-0300

Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Cláudio Moisés Santos e Silva – Membro Interno  
Doutor em Meteorologia  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte



Dr<sup>a</sup>. Maria Fabíola Gomes da Silva de Barros-  
Membro Externo  
Doutora em Biologia Vegetal  
Museu Paraense Emílio Goeldi

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por estar comigo em todas as etapas da pós-graduação, por ter me dado forças e ter me motivado em momentos de dificuldades e de desgaste mental, obrigada por sentir sua doce presença que muitas vezes confortou meu coração. A ti Pai, toda Honra e Gloria! Sem o senhor ao meu lado eu nunca conseguiria e nada seria. Ao meu esposo Wenderson Ferreira, meus pais, Tereza Alves e José Roberto e ao meu irmão Israel, pelo apoio, amor e o incentivo de vocês foi fundamental pra mim.

Aos meus orientadores Dr<sup>a</sup>. Ima Célia Guimarães Vieira e Dr. Marcelo Tabarelli, pela oportunidade, pelas orientações, pelo acolhimento, pelos ensinamentos, pela parceria, sem vocês eu verdadeiramente não conseguiria ter chegado até aqui. Vocês foram benção de Deus e bons orientadores para mim nesse processo. Obrigada por tudo!

Agradeço ao Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) pela oportunidade, ao Museu Paraense Emílio Goeldi pelo acolhimento e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro para a realização dos meus estudos.

Agradeço aos meus colegas de trabalho Vynicius Barbosa, Juliana Mendes, Lene, Madson Freitas, Cássio Pereira, o técnico Carlos Alberto Silva, Fabíola Barros, as pessoas das comunidades da Resex Tapajós Arapiuns, por todo o apoio no campo e em vários momentos de ajuda nos estudos.

Para concluir agradeço aos amigos que conheci durante a pós-graduação, obrigada pela companhia, ajuda nas disciplinas, a presença e o convívio com vocês fizeram a caminhada ser mais leve. Obrigada a todos que de alguma forma contribuíram para esse trabalho.

## RESUMO

As florestas tropicais desempenham um papel crucial no controle climático, além de proverem outros serviços ecossistêmicos de relevância local, como a oferta de produtos florestais para populações tradicionais. No entanto, estas florestas têm enfrentado níveis crescentes de degradação devido às atividades humanas, incluindo os incêndios florestais acidentais. Nesse contexto, algumas espécies de palmeira, especialmente aquelas do gênero *Attalea*, proliferam em habitats perturbados, enquanto outras são afetadas negativamente pela a criação de paisagens antrópicas, o que deve afetar a dinâmica de regeneração e, talvez, a inflamabilidade da floresta. Neste contexto, esta dissertação examina a resposta das palmeiras à formação de mosaicos florestais e à ocorrência de incêndios florestais acidentais na Resex Tapajós-Arapiuns, leste da Amazônia. As palmeiras foram inventariadas em quatro habitats do mosaico florestal: floresta madura, floresta queimada, florestas secundária (floresta em regeneração) e roças ativas produzidas pela agricultura de corte e queima, totalizando 61 parcelas de 500 m<sup>2</sup>. Para examinar a contribuição do curuá (*Attalea spectabilis*), a palmeira mais abundante na paisagem, à inflamabilidade da floresta, foi caracterizado as folhas desta palmeira e a serrapilheira da floresta sem material de curuá (controle), em relação a quatro atributos: 1) tempo de chama; 2) tempo de brasas e 3) altura da chama. Outros atributos foram analisados, como o teor de materiais voláteis, teor de cinzas e teor de carbono fixo, de forma a entender o padrão de inflamabilidade do curuá. Foram identificadas 10 espécies de palmeiras nos quatro habitats, tanto palmeiras heliófilas (pioneiras), quanto espécies tolerantes à sombra, típicas do sub-bosque da floresta. Ocorreu uma grande variação em termos de riqueza e abundância de palmeiras dentro e entre cada habitat; em média duas espécies por habitat, mas sem diferença entre os habitats. Várias espécies não responderam a criação de habitats perturbados, mas as duas espécies de *Attalea* foram mais abundantes na roça e nas florestas queimadas, em comparação com a floresta madura. Estimou-se que a floresta madura pode conter  $21,2 \pm 43,4$  folhas de curuá/ha, enquanto a floresta queimada pode ter  $259,8 \pm 124,6$  folhas de curuá/ha, a roça pode ter  $437,8 \pm 428,2$  folhas de curuá/ha e as florestas secundárias podem conter  $179,5 \pm 225,6$  folhas de curuá/há. Estes números fornecem um indicativo do potencial do curuá adicionar material inflamável nos diferentes habitats da floresta social. A folha do curuá apresentou menor tempo de brasa, temperatura da chama e teor de carbono, mas um maior teor de voláteis. Os resultados indicam que as espécies de palmeiras respondem de forma diferencial à transformação da floresta madura de terra firme em floresta social e aos incêndios acidentais. Algumas espécies têm resposta neutra, enquanto as espécies pioneiras de

*Attalea* proliferam nos habitats perturbados, embora ocorra uma grande variação na frequência e na abundância destas espécies. Embora o curuá não apresente maior poder calorífico que a serrapilheira da floresta, esta espécie pode adicionar grande quantidade de material com baixo teor de carbono e alto teor de voláteis, o que permite uma ignição rápida e possivelmente a disseminação do fogo.

**Palavras-chave:** incêndios florestais; *Attalea*; palmeiras; mosaicos florestais; Amazônia.

## ABSTRACT

Tropical forests play a crucial role in climate control, in addition to providing other ecosystem services of local relevance, such as the supply of forest products to traditional populations. However, these forests have faced increasing levels of degradation due to human activities, including accidental forest fires. In this context, some palm species, especially those of the genus *Attalea*, proliferate in disturbed habitats, while others are negatively affected by the creation of anthropic landscapes, which should affect the dynamics of regeneration and, perhaps, the flammability of the forest, in this context, this dissertation examines the response of palm trees to the formation of a forest mosaic and the incidence of wildfires in a landscape of the Tapajós-Arapiuns Resex, eastern Amazon. Palm trees were inventoried in four habitats of forest mosaic; mature forest, burnt forest, secondary forests (regenerating forest) and active fields produced by slash-and-burn agriculture, totaling 61 plots of 500 m<sup>2</sup>. To examine the contribution of curuá (*Attalea spectabilis*), the most abundant palm tree in the landscape) to forest flammability, leaf litter from the leaves of this palm tree and leaf litter from the forest floor without curuá material (control) were characterized in relation to four attributes: 1) flame time; 2) ember time and 3) flame height. Other attributes were analyzed, such as dry mass content, moisture content, volatile materials content, ash content and fixed carbon content, in order to understand the flammability pattern of curuá. Ten species of palm trees were identified in the four habitats, both heliophilous palms (pioneers) and shade-tolerant species typical of the forest understory. There was great variation in terms of richness and abundance of palm trees within and between each habitat; on average two species per habitat, but with no difference between habitats. Several species did not respond to the creation of disturbed habitats, but the two *Attalea* species were more abundant in the field and burned forests compared to the mature forest. It was estimated that the mature forest may contain  $21.2 \pm 43.4$  curuá leaves/ha, while the burned forest may have  $259.8 \pm 124.6$  curuá leaves/ha, the farmland may have  $437.8 \pm 428.2$  curuá leaves/ha and secondary forests can contain  $179.5 \pm 225.6$  curuá leaves/ha. These numbers provide an indication of the potential of the curuá to add flammable material to the different habitats of the social forest. Curuá leaf litter had a shorter burning time, flame temperature and carbon content, but a higher volatile content. Our results indicate that palm species respond differently to the transformation of mature dryland forest into social forest and to accidental fires. Some species have a neutral response while the pioneer species of *Attalea* proliferate in disturbed habitats, although there is great variation in the frequency and abundance of these species. Although curuá does not

have a higher calorific value than forest leaf litter, this species can add a large amount of material with a low carbon content and high volatile content, which allows rapid ignition and possibly the spread of fire.

**Keywords:** Forest fires; *Attalea*; palm trees; forest mosaics; Amazon.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1- Mapa da localização onde a pesquisa foi desenvolvida, indicando os habitats de coleta: Floresta Não Queimada (Controle) (FC), Floresta Queimada (FQ), Floresta Secundária (FS) e Roça (RC) na Resex Tapajós-Arapiuns, Santarém – Pará..... 28
- Figura 2- Habitats onde foram realizados os inventários florísticos, Roça (A), Floresta Secundária (B), Floresta Queimada (C) e Floresta Não Queimada - Controle (D). Resex Tapajós-Arapiuns, Santarém – Pará. .... 30
- Figura 3- Abundância e riqueza de palmeiras em diferentes habitats na Resex Tapajós-Arapiuns, Santarém – Pará. .... 33
- Figura 4- Abundância de palmeiras identificadas em diferentes habitats de uma floresta antropizada. Resex Tapajós-Arapiuns, Santarém – Pará..... 34
- Figura 5- Palmeiras *Attalea spectabilis* Mart. encontradas no habitat de floresta secundária da floresta social. Resex Tapajós-Arapiuns, Santarém – Pará. .... 36
- Figura 6- Atributos de inflamabilidade de da folha de *A. spectabilis* e serrapilheira, coletadas nos habitats de uma floresta social. Resex Tapajós-Arapiuns, Santarém – Pará. .... 37
- Figura 7- Atributos que avaliam a composição química do material inflamável em diferentes habitats de uma floresta social. Resex tapajós-Arapiuns, Santarém – Pará..... 38

## SUMÁRIO

<b>CAPITULO 1 INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	11
<b>1.1 Importância das florestas tropicais, conservação da biodiversidade e seus serviços ecossistêmicos para populações tradicionais</b> .....	11
<b>1.2 Mudanças do uso da terra e estabelecimento de mosaicos florestais</b> .....	12
<b>1.3 Incêndios florestais e mudanças climáticas</b> .....	14
<b>1.4 Proliferação de plantas adaptadas às perturbações e possíveis relações com incêndios florestais</b> .....	16
<b>1.5 Flamabilidade experimental e características de espécies tropicais</b> .....	18
<b>1.5 Objetivos</b> .....	20
1.5.1 Objetivo Geral.....	20
1.5.2 Objetivos específicos: .....	20
<b>1.6 Interdisciplinaridade da pesquisa</b> .....	20
<b>1.7 Estrutura da Dissertação</b> .....	21
<b>CAPÍTULO 2 RESPOSTA DE PALMEIRAS A ALTERAÇÕES NA PAISAGEM POR CORTE E QUEIMA E INCÊNDIOS FLORESTAIS NA AMAZÔNIA ORIENTAL</b> ...	22
<b>CAPÍTULO 3 CONCLUSÕES FINAIS</b> .....	44
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	45
<b>APÊNDICE A</b> .....	56

## CAPITULO 1 INTRODUÇÃO GERAL

### 1.1 Importância das florestas tropicais, conservação da biodiversidade e seus serviços ecossistêmicos para populações tradicionais

As florestas tropicais possuem um rico reservatório de diversidade vegetal, já que abrigam, pelo menos dois terços da biodiversidade mundial e uma parte considerável dos estoques globais de carbono, principal indicador de serviços ecossistêmicos (Ferraz *et al.*, 2014; Gardner *et al.*, 2009). Os benefícios aportados por essas florestas, por meio da prestação de serviços ecossistêmicos, também envolvem a regulação climática, a proteção de bacias hidrográficas e provisão de produtos florestais madeireiros e não madeireiros, explorados para fins de subsistências e comerciais (Gardner *et al.*, 2009).

Ao buscar compreender as ações das atividades humanas e suas possíveis consequências para os bens e serviços das florestas tropicais, Malhi e Grace (2000) evidenciam o seu papel importante no ciclo do carbono na terra. As florestas tropicais e as savanas lenhosas cobrem 50% das áreas florestais do planeta e são responsáveis por 60% da produtividade de biomassa mundial. Essas vegetações armazenam carbono tanto na biomassa quanto no solo, contribuindo para que os gases de efeito estufa não permaneçam na atmosfera (Gibbs *et al.*, 2007). Em relação aos serviços hídricos, as florestas tropicais da Amazônia possuem grandes sistemas fluviais, fornecendo água para embarcações, fonte de alimento, energia elétrica e servindo de habitat para plantas e animais. Essas florestas desempenham um papel essencial na regulação do volume e do fluxo de água e nutrientes no sistema hidrológico (Foley *et al.*, 2007). Além disso, em termos climáticos, as florestas da Amazônia desempenham um papel fundamental na regulação do fluxo de umidade para a atmosfera por meio da convecção tropical, que influenciam nas células de circulação global, por exemplo, de Hadley e Walker (Gibbs *et al.*, 2007).

Com base nestes serviços ecossistêmicos, especialmente os serviços de provisão, as comunidades tradicionais, que historicamente habitam nas florestas, têm elas como fonte de matéria-prima para construções, ferramentas, combustível, carne de caça, pesca, frutas, produtos medicinais, além de nutrientes para a agricultura (Cummings; Red, 2016). Neste contexto, a agricultura de corte e queima (*shifting cultivation*) e a exploração de produtos florestais combinam-se como formas de exploração das florestas por populações tradicionais,

resultando na formação das “florestas sociais”, que são território antigos, possuidores de um histórico de exploração e manejo por populações tradicionais, que se beneficiam dos serviços da floresta mediante o modelo de subsistência, ou seja, como se a área da floresta fosse a extensão de suas casas e quintais (Pereira *et al.*, 2023), ocupando uma parte significativa dos territórios tradicionais (Montúfar *et al.*, 2011; Herawati; Santoso, 2011).

## 1.2 Mudanças do uso da terra e estabelecimento de mosaicos florestais

Ao longo da história, o uso da terra na Amazônia passou por diversas transformações, influenciadas por interesses políticos e pelo contexto econômico em níveis regional, nacional e até mesmo internacional (Silva *et al.*, 2013). O espaço amazônico no início de sua ocupação, por influência europeia, foi utilizado principalmente como fonte de recursos para atividades extrativistas de cacau, especiarias, urucu e madeira (Arenz, 2022). Posteriormente, projetos voltados ao desenvolvimento regional resultaram na implantação de plantações de cacau, arroz, café, cana, algodão, tabaco e mandioca (Silva *et al.*, 2013). Em 1839, teve início outra fase extrativista muito antiga na Amazônia, conhecida como ciclo da borracha, que, entretanto, teve um ciclo curto devido à concorrência com países Asiáticos. Além dessas atividades, a floresta amazônica, a partir dos anos 60, também foi desmatada para a expansão da pecuária, extração de madeira e garimpagem de ouro (Burger, 1986).

Dentre as várias formas de uso da terra na Amazônia, a agricultura de subsistência se destaca, sendo praticada por agricultores em pequena escala através do método de corte e queima da floresta primária ou secundária para fins agrícolas (Hurienne, 2005). Esse tipo de uso da terra remonta os primórdios do surgimento da agricultura e persiste de forma predominante em regiões de floresta tropical, particularmente entre populações tradicionais, incluindo indígenas e caboclos, e deve ser reconhecida como traço cultural de agricultores familiares, indígenas e populações tradicionais que vivem em seus territórios coletivos dominados por floresta tropical (Jesus *et al.*, 2020). Esse tipo de agricultura tem sido considerada uma prática de uso da terra de baixo impacto, quando praticada em regiões de baixa densidade populacional, sem uso de biocidas e respeitando o tempo de pousio de forma que a regeneração da floresta possa ocorrer e recuperar a fertilidade do solo (Padoch; Pinheiro-Vasquez, 2010). Todavia, se a agricultura de pousio for praticada de forma intensiva

(período curto ou ausência de pousio), pode degradar o solo, particularmente o esgotamento de nutrientes no solo, reduzindo a produtividade agrícola, e a velocidade de regeneração, diminuindo a resiliência da floresta (Pedroso; Murrieta; Adams, 2008).

A queimada é umas das práticas culturais mais presentes e difundidas na Amazônia, por ser uma prática de baixo custo e fácil adoção. O fogo é considerado um método eficaz para a limpeza da biomassa das florestas recém desmatadas, e as cinzas resultantes da queimada fornecem nutrientes para fertilizar o solo no primeiro ano. Comunidades que possuem terras agrícolas veem o fogo como uma alternativa para evitar o crescimento da vegetação, isto é, a regeneração florestal, nas áreas agrícolas. Além disso, o fogo atua na redução de pragas, promove o crescimento de forragem para animais domésticos, e em diversas atividades como produção de carvão, redução de montes de lixo e preparo de alimentos (Cochrane, 2003).

É compreensível a necessidade desses povos e populações de utilizar o fogo como uma alternativa de manejo mais econômica. No entanto, o uso do fogo de forma frequente e excessiva, impacta negativamente a biodiversidade e a adaptação evolutiva dos ecossistemas tropicais. Por outro lado, o uso negligente do fogo e os incêndios criminosos podem resultar em incêndios de grande proporção em florestas exploradas e não exploradas, diminuindo a resiliência da floresta (Cochrane, 2003). As florestas tropicais, como a Amazônia e Mata Atlântica, possuidoras de vegetações que não toleram incêndios constantes, são consideradas sensíveis ao fogo (Pivello *et al.*, 2021). Os indivíduos por não serem adaptados a essas condições extremas podem morrer; além disso, a matéria orgânica do solo, que é o reservatório de nutrientes dessas florestas, pode ser destruída (Hardesty *et al.*, 2005). Mediante a esse cenário o arranjo florístico dessas florestas mudam para um ecossistema degradado ou um ambiente análogo a savanas (Cochrane *et al.*, 1999; Nepstad *et al.*, 2001; Bottino *et al.*, 2024).

As constantes alterações do uso da terra estão modificando a dinâmica do fogo na Amazônia. Um ambiente ideal para manter a floresta com alta integridade ecológica, seria caracterizado por elevada umidade do ar e do solo, temperatura moderada, pouca luz, uma copa de floresta densa e um sub-bosque bem ventilado. Esse microclima favorece a proliferação de bactérias, fungos e insetos que decompõem rapidamente a serrapilheira e os

resíduos de madeira fina, reduzindo o potencial de combustão no solo da floresta (Chambers *et al.*, 2000). No entanto, as paisagens alteradas pelo homem, como a exploração madeireira e as queimadas constantes, têm tornado cada vez mais comum o cenário de florestas com copas danificadas, maior abertura, aquecimento excessivo pelo sol e entradas de correntes de ar no interior da floresta. Isso resulta na secagem de serrapilheira e de outras biomassas com potencial combustível aumentando o risco de incêndios. O ritmo acelerado de desmatamento está criando mosaicos florestais e tornando a região mais vulnerável aos efeitos climáticos (Cochrane, 2008). Os mosaicos florestais podem ser considerados como fragmentos de diferentes tipos de uso da terra, com várias áreas desmatadas para fins agrícolas em diferentes níveis de perturbação antrópica dentro de um ambiente florestal (Vale *et al.*, 2020).

### 1.3 Incêndios florestais e mudanças climáticas

Os incêndios naturais em florestas são eventos raros, com intervalo de acontecimentos de centenas a milhares de anos, todavia estão aumentando a frequência e escala desses incêndios em florestas tropicais úmidas historicamente consideradas resistentes, devido a crescente interferência dos impactos humanos e as mudanças climáticas relacionadas a eventos extremos de seca (Dutra *et al.*, 2022). Então, o condicionamento interno da floresta, ou seja, o nível de estresse que ela vem passando em ciclos de desmatamento, manejos totalmente inadequados e no preparo do solo ao lado de áreas que deveriam ser preservadas, gera uma mudança no futuro das florestas amazônicas (Sansevero *et al.*, 2020; Barlow; Peres, 2008). A ausência de árvores reduz a evapotranspiração, reduzindo a precipitação sobre a floresta, a sequência de perdas de áreas de floresta estabelece um clima mais quente e mais seco, simultaneamente, com as estações secas provoca-se então um ambiente perfeito para incêndios florestais, onde o fogo pode mover-se até mesmo no sub-bosque da floresta, matando grandes árvores (Fearnside, 2009).

O *El Niño*, é considerado uma anomalia climática que causa o aquecimento das águas central-leste do Oceano Pacífico Tropical, de modo que os impactos do evento proporcionam ao Sul do Brasil um período de chuvas acima da média e para o Norte/Nordeste do País ocorre circulação de ar quente e uma baixa precipitação, afeta o clima mundialmente, as comunidades de indivíduos marinhos e terrestres, as pescas e as atividades humanas

(Timmermann *et al.*, 2018). O *El Niño* é um fenômeno que sempre ocorreu e com as mudanças climáticas suas ações vem intensificando e ficando mais frequentes, gerando alterações no clima de regiões, por exemplo, as inundações e secas em várias localidades do mundo, as fortes chuvas no litoral do Peru, as enchentes no estado de Santa Catarina, seca na Etiópia, aumento de calor na Europa, já no norte da Amazônia gera condições de seca, e com isso, ambientes de florestas ficam favoráveis aos incêndios (Fearnside, 2009).

A resiliência da floresta está sendo prejudicada em resposta as mudanças climáticas no mundo, o cenário futuro da floresta será pouco a pouco modificado para uma região mais quente e seca, tendo dificuldade para manter as vegetações de grande porte (Nascimento *et al.*, 2019). Por exemplo, a seca extrema de 2005 e 2010 na Amazônia teve um intervalo considerado curto, apenas de 5 anos, mediante ao cenário e histórico de resiliência, com isso, alterou a vazante dos rios, prejudicou a economia, ocasionou a degradação e diminuição da vegetação florestal gerando sequelas para a população e para o funcionamento da floresta (Nascimento *et al.*, 2019).

As alterações de áreas de florestas tropicais úmidas têm relação com as condições climáticas severas (Brando *et al.*, 2014), juntamente com o desmatamento e as atividades de uso da terra, esses fatores aumentam a vulnerabilidade da floresta aos incêndios, cerca de 31% da cobertura do dossel é afetada, ocorrendo uma diminuição de 30% da biomassa acima do solo, propiciando ambiente favorável para invasão de gramíneas em áreas de bordas (Sousa *et al.*, 2017; Medeiros-Sarmento *et al.*, 2021). Os distúrbios florestais naturais, como tempestades de ventos, geram efeitos danosos de morte em árvores depois de quatro anos após o vendaval, com maior proporção em áreas que foram afetadas por incêndios, além dos danos em maior grau, as tempestades provocam um aumento na emissão dos gases do efeito estufa, aumenta as lacunas no dossel da floresta, aumenta o material combustível, conseqüentemente, promovendo um ambiente favorável a maiores frequências de incêndios (Silvério *et al.*, 2019).

Para citar um exemplo, no município de Santarém, cerca de 1 milhão de hectares foram atingidos por incêndios no sub-bosque de floresta, influenciado pelo fenômeno *El Niño* de 2015-2016, apontado como o maior na história, pois gerou a maior e mais severa seca na

região, promovendo uma redução da umidade da massa em decomposição da floresta em todas as classes de área florestal, com isso houve queima em todas as condições de floresta, sem nenhuma diferenciação de microclima entre as florestas não perturbadas e as que sofreram perturbação antrópica (Withey *et al.*, 2018).

#### 1.4 Proliferação de plantas adaptadas às perturbações e possíveis relações com incêndios florestais

O fogo é considerado um dos fatores relevantes que geram mudanças no ecossistema de floresta, que aliado às mudanças do clima global e a cultura de corte e queima, impacta e ocasiona mudanças na dinâmica populacional da floresta, devido a rebrota e proliferação de espécies pioneiras e heliófilas que acabam colonizando e tornando-se dominantes em ambientes perturbados (Liesenfeld e Vieira, 2018).

As atividades de manejo desenvolvidas por pequenos produtores na Amazônia não se restringem a uma categoria de uso do solo específica. Incluem práticas de intensidade variável, em um mosaico agrícola-florestal que segue um gradiente progressivo que vai da roça, manejo cotidiano, à floresta, formas de manejo leves e ocasionais (Gardner *et al.*, 2013). Neste contexto, nota-se que o fogo desempenha um papel fundamental nas comunidades e está inserido a diversas práticas agrícolas e sociais. Embora o fogo esteja associado a usos da terra tradicionais, atualmente os regimes de fogo estão mudando em todo o mundo, como na Amazônia, devido as mudanças climáticas globais e anomalias climáticas (Barlow *et al.*, 2021). De fato, a principal conversão do uso da terra na Amazônia é a prática de corte e queima da vegetação, sendo cada vez mais comum que o fogo escape das áreas de queimada para o sub-bosque da floresta.

Com a crescente onda de incêndios florestais atingindo Terras Indígenas e Unidades de Conservação na Amazônia (Nóbrega-Spindola *et al.*, 2020), incluindo as de manejo sustentável, as preocupações socioambientais aumentaram. Dentro destas áreas, a população depende da agricultura de roça e queima para produzir mandioca e outros produtos, utilizando práticas tradicionais. Essas práticas, embora raramente conduzam a incêndios florestais em contextos climáticos normais, tornam-se cada vez mais arriscadas, devido as mudanças climáticas e o contexto ambiental local (Carmenta *et al.*, 2016). Visando os riscos de

incêndios do presente e futuros, estudos avaliam em área de floresta, o potencial de flamabilidade de espécies mediterrâneas que são por natureza inflamáveis, e contribuem na propagação de incêndios, juntamente com as mudanças climáticas, essas avaliações buscam caracterizar o material combustível mediante suas propriedades e elementos químicos favoráveis a combustão, para saber o quanto são perigosos e ariscados, podendo agravar incêndios florestais (Essaghi *et al.*, 2017).

Os incêndios florestais impactam as comunidades vegetais de maneira diferente, dependendo do ecossistema, tipo de solo e características das plantas. As palmeiras da família Arecaceae apresentam alta capacidade de rebrotação quando submetidas a impactos ambientais (Barot *et al.*, 2005; Gehring *et al.*, 2011) e resistem após o impacto do fogo (Liesenfeld *et al.*, 2018). Assim, populações de determinadas espécies de palmeiras podem tornar-se dominantes em ambientes alterados na Amazônia, como o babaçu (*Attalea speciosa* Mart. ex Spreng) e o inajá (*Attalea maripa* Aubl. Mart.), que regeneram em áreas de pastagens ativas e abandonadas da Amazônia (Rocha *et al.*, 2016; Liesenfeld e Vieira 2020).

As palmeiras são plantas pioneiras e competitivas, a densidade e abundância de sua assembleia na floresta está relacionada a intensidade e ao tipo de perturbação antrópica que ocorreu no local (Hilário; Toledo, 2016). Segundo Mandle, Ticktin e Zuidema (2015) as populações de palmeiras suportam calor, podendo ser favorecidas com a passagem do fogo na floração e na rebrota de indivíduos, sendo importante também na dinâmica populacional desse grupo. De fato, esse grupo de espécies apresenta uma distribuição regular na floresta tropical (Salm, 2005) e suas populações podem aumentar em densidade nas bordas das florestas afetadas pelo fogo ou em áreas abertas adjacentes (Liesenfeld e Vieira 2020). Em especial, a espécie *Attalea spectabilis*, objeto de estudo, é uma palmeira da Amazônia que ocorre em áreas abertas, tipo cerrado, no estado do Pará e Amapá. Essa espécie apresenta característica de dominar áreas convertidas em pastagem ou áreas que já foram utilizadas em atividade de roçado, é considerada uma das menores espécies de *Attalea* spp., facilmente reconhecida pelas folhas amareladas, com pinas inseridas em um único ângulo e dispostas uniformemente sobre a raque (Kahn; Castro, 1985; Henderson *et al.*, 2000; Silva *et al.*, 2022). Suas flores estaminadas frequentemente possuem 2 pétalas e 3 sépalas (Lorenzi *et al.*, 2010).

### 1.5 Flamabilidade experimental e características de espécies tropicais

A flamabilidade das plantas, ou a facilidade com que elas pegam fogo, é uma característica essencial que influencia a dinâmica dos incêndios florestais. Este aspecto é particularmente importante em regiões tropicais, onde a biodiversidade é alta e os ecossistemas são delicados. A flamabilidade das folhas é uma medida crítica para a avaliação do risco de incêndio. Em espécies tropicais, a flamabilidade é influenciada por múltiplos fatores, incluindo a morfologia das folhas, o conteúdo de água e a composição química, particularmente a presença de compostos voláteis e óleos essenciais que podem intensificar o fogo (Grootemaat *et al.*, 2015).

Nas espécies tropicais em geral, a estrutura da planta, incluindo a arquitetura vertical e horizontal e a densidade da copa, também influencia a propagação do fogo. A composição química das plantas, incluindo a proporção de compostos voláteis como terpenos e outros hidrocarbonetos, desempenha um papel crucial na intensidade e velocidade da queima. Esses compostos voláteis contribuem para uma ignição mais rápida e um maior tempo de combustão (Fares *et al.*, 2010). O tempo e a altura da chama são fundamentais para entender a severidade dos incêndios, e experimentos em laboratório e em campo fornecem dados precisos sobre como diferentes espécies reagem ao fogo em condições controladas e naturais (Scarff; Westoby, 2006; Read; Bellairs, 1999).

Ao focar especificamente nas palmeiras, nota-se que suas folhas (frondes) são frequentemente grandes e coriáceas, armazenando quantidades significativas de combustíveis secos, especialmente após a senescência. Palmeiras como *Attalea speciosa* e *Attalea maripa* apresentam frondes que podem criar uma considerável carga de combustível em camadas elevadas, aumentando a probabilidade de transporte de fogo para níveis superiores do dossel (Uhl; Kauffman, 1990; Kauffman *et al.*, 1993). Estudos têm mostrado que palmeiras possuem altos níveis de compostos voláteis, o que contribui para uma ignição mais rápida e um maior tempo de combustão (Fares *et al.*, 2010).

Experimentos com palmeiras revelaram ainda que certas espécies podem sustentar chamas longas e prolongadas, aumentando o potencial de propagação de incêndios em dosséis densos (Davenport *et al.*, 2012). Esses experimentos normalmente envolvem a análise da

capacidade de ignição, tempo de combustão e calor liberado, utilizando folhas secas e verdes para avaliar a diferença na resposta ao fogo (Scarff; Westoby, 2006). Estudos de flamabilidade em campo frequentemente monitoram a intensidade e extensão dos incêndios, fornecendo insights mais ecologicamente relevantes ao exemplificar a interação de múltiplas espécies e a variação ambiental (Read; Bellairs, 1999).

Palmeiras são frequentemente encontradas em ecossistemas tropicais e desempenham um papel vital na ecologia do fogo. O acúmulo de biomassa lenhosa e palha em torno das bases das palmeiras, combinado com a baixa decomposição de material morto, pode aumentar significativamente o risco de incêndio. Sabe-se que espécies como *Attalea spectabilis* podem influenciar a dinâmica do fogo devido à alta biomassa e à estrutura densa das suas frondes (Holdsworth; Uhl, 1997).

A análise experimental à flamabilidade das espécies tropicais revela importantes fatores sobre como estas plantas contribuem para a dinâmica dos incêndios. Palmeiras, em particular, demonstram características que podem aumentar a propagação do fogo devido à sua estrutura e composição. Entender estas dinâmicas é essencial para a gestão eficaz e a conservação dos ecossistemas tropicais.

Assim, em um contexto de mudanças climáticas, são necessários estudos que abordem questões relacionadas à compreensão da interação entre atividades humanas e o emprego do fogo por comunidades tradicionais, tal como observado na Reserva Extrativista Tapajós-Arapiuns. O conhecimento sobre como os usos da terra e as características dos habitats influenciam a flamabilidade pode ajudar na prevenção e gestão de incêndios florestais, protegendo as florestas e as comunidades locais. Além disso, aprofundar o entendimento sobre o estabelecimento e a influência das palmeiras do gênero *Attalea* em habitats florestais afetados pela intervenção humana contribui para o entendimento da dinâmica dos ecossistemas nessas áreas, considerando o papel das palmeiras como componentes-chave e sua resposta às perturbações antrópicas em tempos de mudanças climáticas.

## 1.5 Objetivos

### 1.5.1 Objetivo Geral

Investigar o impacto da criação de mosaicos florestais após a agricultura de corte-e-queima e na proliferação de palmeiras, com ênfase na espécie *Attalea spectabilis*, e o seu papel na flamabilidade, considerando o contexto da Reserva Extrativista Tapajós-Arapiuns, Santarém, Amazônia oriental.

### 1.5.2 Objetivos específicos:

i) caracterizar a comunidade de palmeiras em diferentes habitats que compõem o mosaico florestal na Reserva Extrativista Tapajós-Arapiuns;

ii) quantificar a serrapilheira do chão da floresta e as folhas desramadas da palmeira no chão das áreas de roça na reserva;

iii) examinar o nível de flamabilidade do material combustível produzido pelas palmeiras da reserva.

## 1.6 Interdisciplinaridade da pesquisa

A interdisciplinaridade desta dissertação se manifesta na conexão entre ecossistemas amazônicos e dinâmicas socioambientais ao buscar explorar a complexidade das interações entre atividades humanas, características ambientais e mudanças climáticas na Reserva Extrativista Tapajós-Arapiuns, destacando a interdisciplinaridade necessária para abordar questões de natureza diversificadas. Ao visar entender como a agricultura de corte e queima, uma prática comum em muitas comunidades tradicionais, afeta a proliferação de palmeiras, em especial *Attalea spectabilis*, a abordagem integra conhecimentos de agricultura, ecologia e manejo florestal. A compreensão desses impactos é crucial não apenas para a conservação das florestas, mas também para a sustentabilidade das comunidades locais que dependem desses recursos.

Outro aspecto importante é a quantificação da serrapilheira e da folha (folhiço) produzida pelas palmeiras nos diferentes habitats da reserva. Isso requer o uso de metodologias em ecologia de ecossistemas, ciclagem de nutrientes e métodos de amostragem, evidenciando a interdisciplinaridade entre ecologia, biologia vegetal e estatística. Por fim, a pesquisa examina o nível de inflamabilidade do material combustível produzido pelas palmeiras nos habitats da reserva. Essa análise combina conhecimentos de ecologia do fogo e dinâmica de ecossistemas, destacando a necessidade de uma abordagem interdisciplinar para entender os riscos de incêndios florestais em um contexto de mudanças climáticas.

### **1.7 Estrutura da Dissertação**

Esta dissertação está estruturada em dois capítulos. O primeiro capítulo explana uma breve revisão bibliográfica de áreas de conhecimento que foram abordadas nesta pesquisa, como: a importância das florestas tropicais, conservação da biodiversidade e seus serviços ecossistêmicos para populações tradicionais; as mudanças do uso da terra e estabelecimento de mosaicos florestais; os incêndios florestais e mudanças climáticas e a proliferação de plantas adaptadas às perturbações e possíveis relações com incêndios florestais. Apresenta ainda os objetivos da dissertação e a interdisciplinaridade da pesquisa. O segundo capítulo apresenta uma análise sobre como as espécies de palmeiras respondem à formação de um mosaico de florestas e à incidência de incêndios florestais em uma paisagem alterada pelo homem no leste da Amazônia, mais precisamente na Reserva Tapajós-Arapiuns.

## CAPÍTULO 2 RESPOSTA DE PALMEIRAS A ALTERAÇÕES NA PAISAGEM POR CORTE E QUEIMA E INCÊNDIOS FLORESTAIS NA AMAZÔNIA ORIENTAL

### Resumo

O estudo investigou a resposta das palmeiras em diferentes habitats, incluindo floresta madura, floresta em regeneração, floresta queimada e roça, na Reserva Extrativista Tapajós-Arapiuns. Foram realizados inventários florísticos e análises laboratoriais para avaliar a abundância, riqueza, e inflamabilidade das palmeiras e do folhíço de *A. spectabilis*. As espécies de palmeiras foram amostradas em parcelas de 50 x 10 m (500 m<sup>2</sup>), totalizando 61 parcelas, sendo assim distribuídas: a) Roça (RC) com 19 parcelas - 9500 m<sup>2</sup> amostrados; b) Floresta secundária (FS) com 20 parcelas - 10000 m<sup>2</sup> amostrados; c) Floresta queimada (FQ) com 13 parcelas (queimadas em 2015/16 e em 2017) - 6500 m<sup>2</sup> amostrados; d) Floresta madura ou não queimada (C) com 9 parcelas - 4500 m<sup>2</sup> amostrados. Em cada parcela, indivíduos de todas as espécies de palmeiras de diferentes tamanhos foram identificadas. Para examinar a contribuição do curuá à inflamabilidade das florestas e roça, o folhíço oriundo das folhas desta palmeira e o folhíço do chão da floresta sem material de Curuá (controle) foram caracterizados em relação a quatro atributos: 1) tempo de chama; 2) tempo de brasas e 3) altura da chama. Outros atributos também foram analisados, como o conteúdo de massa seca, teor de umidade, teor de materiais voláteis, teor de cinzas e teor de carbono fixo, do folhíço de todos os habitats. Foi realizada análise de variância (ANOVA) para testar a variação entre os diferentes habitats utilizando o programa R. Foram identificadas 10 espécies de palmeiras, com *A. spectabilis* sendo a mais abundante. A abundância de palmeiras foi significativamente maior em florestas queimadas e em roças. No entanto, a riqueza de espécies não variou significativamente entre os habitats ( $p = 0,521$ ). A análise laboratorial indicou que o folhíço de *A. spectabilis* possui menor inflamabilidade em comparação com outras amostras. Os resultados destacam a resposta diferencial das palmeiras a perturbações antrópicas na paisagem da floresta social amazônica. Embora *A. spectabilis* seja abundante em áreas perturbadas da Resex, sua folha (folhíço) demonstrou menor potencial de inflamabilidade. Isso sugere a complexidade das interações entre as palmeiras e os processos de perturbação, destacando a necessidade de estudos adicionais para entender melhor esses padrões.

## Abstract

The study investigated the response of palm trees in different habitats, including mature forest, regenerating forest, burned forest and fields, in the Tapajós-Arapiuns Extractive Reserve. Floristic inventories and laboratory analyze were carried out to evaluate the abundance, richness, and flammability of palm trees and *A. spectabilis* leaf litter. The palm species were sampled in plots of 50 x 10 m (500 m<sup>2</sup>), totaling 61 plots, distributed as follows: a) Roça (RC) with 19 plots - 9500 m<sup>2</sup> sampled; b) Secondary Forest (FS) with 20 plots - 10000 m<sup>2</sup> sampled; c) Burnt Forest (FQ) with 13 plots (burned in 2015/16 and 2017) - 6500 m<sup>2</sup> sampled; d) Mature or unburned forest (C) with 9 plots - 4500 m<sup>2</sup> sampled. In each plot, individuals of all palm species of different sizes were identified. To examine the contribution of curuá to the flammability of forests and fields, leaf litter from the leaves of this palm tree and leaf litter from the forest floor without Curuá material (control) were characterized in relation to four attributes: 1) flame time; 2) ember time and 3) flame height. Other attributes were also analyzed, such as dry mass content, moisture content, volatile material content, ash content and fixed carbon content, of leaf litter from all habitats. Analysis of variance (ANOVA) was performed to test the variation between different habitats using the R program. 10 species of palm trees were identified, with *A. spectabilis* being the most abundant. The abundance of palm trees was significantly greater in burned forests and in fields. However, species richness did not vary significantly between habitats ( $p = 0.521$ ). Laboratory analysis indicated that *A. spectabilis* leaf litter has lower flammability compared to other samples. The results highlight the differential response of palm trees to anthropogenic disturbances in the Amazonian social forest landscape. Although *A. spectabilis* is abundant in disturbed areas of the Resex, its leaves (foliage) demonstrated lower flammability potential. This suggests the complexity of interactions between palm trees and disturbance processes, highlighting the need for additional studies to better understand these patterns.

## 2.1 Introdução

As florestas tropicais desempenham um papel fundamental no controle climático, exercendo influência sobre os ciclos biogeoquímicos, hidrológicos e a regulação da radiação (Wees *et al.*, 2021). Além disso, fornecem serviços de suporte, abastecimento, regulação e aspectos culturais (Melaku, Ivars e Sahle, 2023; Felipe-Lucia *et al.*, 2018), que beneficiam diversos segmentos sociais e contribuem diretamente para a manutenção das funções ecológicas e o bem-estar humano.

São categorizados como serviços de abastecimento, mediante a extração de produtos madeireiros e não madeireiros para fins comerciais, bem como serviços reguladores, incluindo o sequestro de carbono, e ainda apresentam-se com valor intrínseco da natureza em enriquecer a vida humana por meio de experiências culturais, espirituais, estéticas e recreativas, sendo essenciais para as comunidades tradicionais que habitam e dependem dessas florestas há gerações, utilizando seus recursos para práticas religiosas e como patrimônio cultural. Por fim, funcionam como serviços de subsistência para essas populações, que obtêm sustento por meio da coleta de frutas, extração de madeira para construção e artesanato, caça e uso de plantas medicinais (Daily *et al.*, 2009; Mutoko; Hein; Shisanya, 2015).

No entanto, as florestas tropicais vêm enfrentando níveis alarmantes de perda de habitat devido ao desmatamento e à degradação florestal (Tapia-Armijos *et al.*, 2015). Entre 2001 e 2018, aproximadamente 112% da área da floresta amazônica foi submetida a alguma forma de degradação, resultado de diversas atividades perturbadoras, como a extração de madeira e a expansão agrícola por meio da prática da agricultura de corte-e-queima, que frequentemente desencadeia incêndios florestais (Lapola *et al.*, 2023).

Uma floresta tropical saudável mantém uma estrutura equilibrada e dinâmica, com diferentes fases de desenvolvimento em seus estratos florestais (Fonseca; Rodrigues, 2000). No entanto, intensas perturbações podem comprometer o processo natural de regeneração de árvores, retardando a recuperação da floresta (Bezerra *et al.*, 2021). A modificação das florestas tropicais por atividades antrópicas, como o desmatamento e a prática agrícola, resulta na formação de mosaicos de diferentes idades sucessionais (Chambers *et al.*, 2013). Esses mosaicos experimentam ganhos e perdas variados de espécies, influenciando a

composição florística ao longo do processo sucessional e favorecendo o desenvolvimento de espécies pioneiras e heliófilas, que são altamente adaptadas a ambientes perturbados pelo homem (Filgueiras *et al.*, 2021).

Essas perturbações antrópicas causam perda de biomassa e impactam negativamente a dinâmica climática e os processos atmosféricos das florestas, prejudicando a ciclagem da água e reduzindo as taxas de evapotranspiração (Van de Meer *et al.*, 2019). Além disso, a extração de madeira e a derrubada de áreas para a agricultura influenciam negativamente o microclima das regiões adjacentes, aumentando a temperatura e diminuindo a umidade do sub-bosque, além de promover fortes ventos, resultando em danos às árvores (Lourance *et al.*, 2018; Lapola *et al.*, 2023). Consequentemente, as florestas tornam-se mais suscetíveis a incêndios, especialmente durante períodos de secas prolongadas e severas, o que pode aumentar os episódios de queimadas em até 30% (Aragão *et al.*, 2007). Os impactos dessas perturbações são preocupantes, afetando diretamente a biodiversidade, destruindo ecossistemas e prejudicando a subsistência das comunidades locais que dependem dos recursos das florestas sociais para sua segurança alimentar, saúde e qualidade de vida (Pereira *et al.*, 2023). Isso, por sua vez, afeta a resiliência das florestas (Lauren *et al.*, 2014).

Nesse novo cenário, pode-se notar o crescente aumento de palmeiras, devido sua característica evolutiva de tolerar ambientes que passaram por fragmentações naturais ou oriundas de perturbações antrópicas (Martínez *et al.*, 2016). Palmeiras da família Arecaceae possuem essa característica de tolerância a perturbações antrópicas, são um grupo de plantas encontradas em regiões tropicais e subtropicais, com mais de 2.400 espécies em todo o mundo (Govaerts; Dransfield, 2005). As espécies pertencentes a esse grupo desempenham importantes funções ecológicas para a manutenção da fauna, possuem diversas formas de crescimento simultâneo, que vão desde pequenos arbustos a árvores altas (Balslev, 2011) e tem grande importância econômica nas comunidades rurais, que utilizam praticamente todas as partes das palmeiras, visando sua subsistência e comercialização em baixa escala de produtos economicamente rentáveis para o mercado (Macía *et al.*, 2011; Byg; Balslev, 2006).

No entanto, a densidade populacional das palmeiras pode se tornar prejudicial para o estabelecimento de outras plantas emergentes da floresta, como é o caso da *Attalea spectabilis*

(Curuá), encontrada nas margens do baixo e médio rio Amazonas, principalmente em Santarém, Pará. O Curuá é uma palmeira de sub-bosque, comumente encontrada em áreas perturbadas, como pastagens e florestas secundárias que sofreram ciclos de corte-e-queima. Considerada uma planta invasora resistente, é difícil de manejar devido à sua capacidade de rebrota após o corte ou queima (Lorenzi *et al.*, 2010; Smith, 2015).

Considerando esse contexto, são necessários estudos para compreender o estabelecimento e a influência das palmeiras do gênero *Attalea* em habitats florestais previamente perturbados pela ação humana, especialmente em relação à dinâmica do ecossistema. Neste trabalho, foi estudado como as espécies de palmeiras respondem à formação de um mosaico de florestas e à incidência de incêndios florestais em uma paisagem antropizada no leste da Amazônia, mais precisamente na Reserva Tapajós-Arapiuns. O estudo visa responder as seguintes questões: 1) como a criação de habitats perturbados (e.g. floresta queimada, florestas secundárias e roça) afeta a abundância e a riqueza de espécies de palmeiras, e 2) qual a inflamabilidade da folha produzida por *Attalea spectabilis* (Curuá) e como esta folha pode afetar a inflamabilidade do mosaico florestal. As principais hipóteses são que: (1) algumas espécies de palmeiras respondem positivamente às perturbações (agricultura de corte-e-queima), enquanto outras respondem de forma negativa, (2) a floresta madura é o habitat mais rico em espécies de palmeiras no mosaico florestal, (3) As folhas produzidas por *Attalea spectabilis* é mais inflamável (i.e. tempo de chama, tempo de brasas e altura da chama) do que a serrapilheira produzida pela floresta sem material proveniente de *Attalea*.

## 2.2 Material e métodos

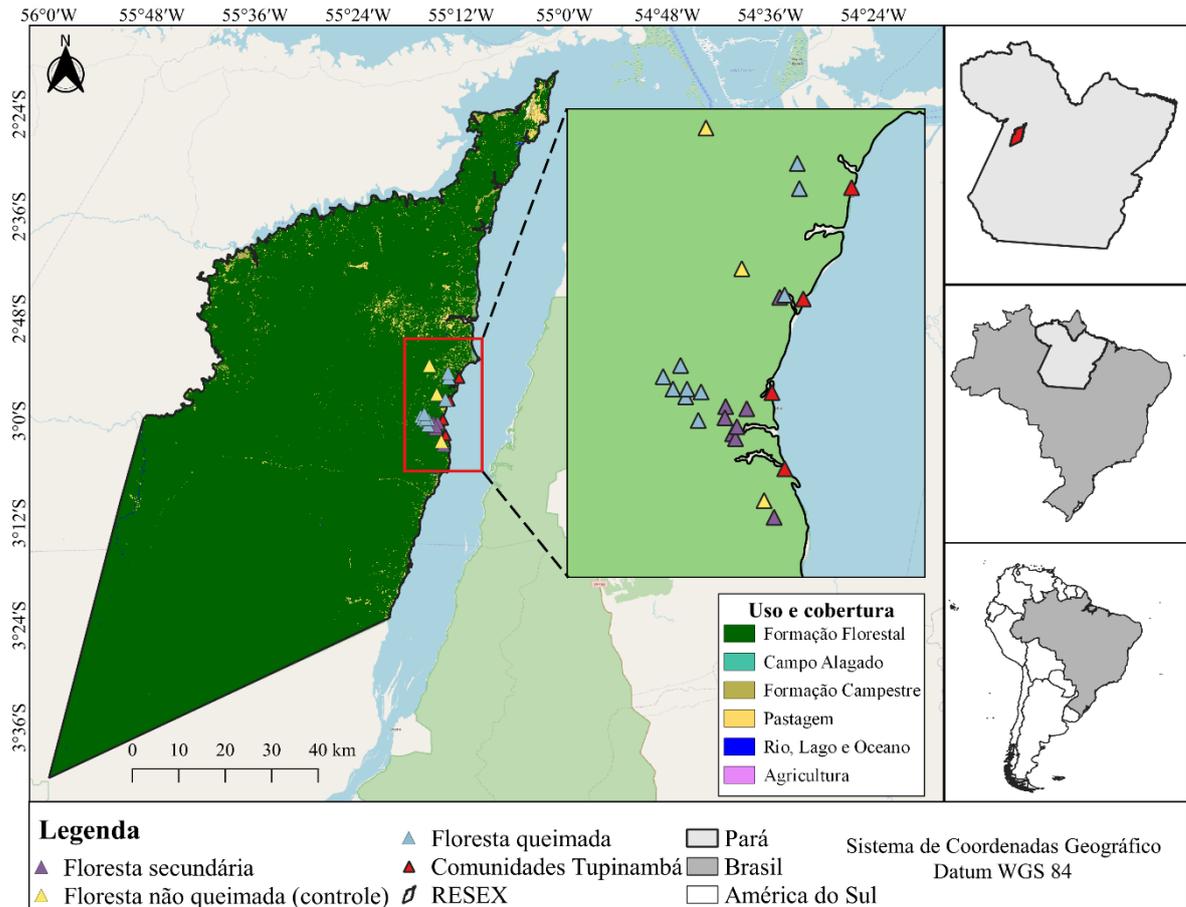
### *Área de estudo*

O estudo foi realizado na Reserva Extrativista Tapajós-Arapiuns (RESEX), situada nos municípios de Santarém e Aveiro, no estado do Pará (Figura 1). A região possui relevo plano e suavemente ondulado e o solo predominante é o Latossolo Amarelo. Na região, o clima é quente e úmido na maior parte do tempo, com a temperatura média anual oscilando entre 25°C e 28°C. De acordo com a classificação climática de Koppen, Santarém possui um clima do tipo Am, apresentando uma estação seca bem definida (agosto a novembro) e outra com

altos acumulados de chuva (dezembro a julho), com média anual de precipitação atingindo 1.920 mm (Andrade; Corrêa, 2014; ICMBIO, 2014). A RESEX é predominantemente coberta por Floresta Ombrófila Densa (i.e. floresta de terra firme), abrangendo cerca de 88% de sua extensão total. Essa floresta é caracterizada por uma elevada riqueza de árvores, particularmente das famílias Fabaceae, Sapotaceae, Moraceae, Annonaceae, Apocynaceae e Lauraceae (Pereira, 2023).

Atualmente residem nesta unidade cerca de 74 comunidades, com aproximadamente 3.500 grupos familiares. Trata-se de populações tradicionais além de grupos autodeclarados indígenas. O uso da terra envolve agricultura de corte-e-queima (principalmente macaxeira), pesca e exploração de produtos florestais madeireiros e não-madeireiros, principalmente para subsistência. Desta forma, parte da floresta madura foi transformada em um mosaico sucessional, com florestas em regeneração com diferentes idades, roças ativas e trechos de floresta madura, considerada aqui como floresta social (Pereira *et al.*, 2023). Nos últimos anos, principalmente em 2016-2017, durante a estação de secas, as florestas do Tapajós foram atingidas por incêndios de grande escala, devastando 10.000 km<sup>2</sup> de áreas florestais, em decorrência do fenômeno El Niño (Withey *et al.*, 2018; Pereira *et al.*, 2023).

Figura 1- Mapa da localização onde a pesquisa foi desenvolvida, indicando os habitats de coleta: Floresta Não Queimada (Controle) (FC), Floresta Queimada (FQ), Floresta Secundaria (FS) e Roça (RC) na Resex Tapajós-Arapiuns, Santarém – Pará.



### *Habitats e sítios de estudo na floresta social*

A caracterização da comunidade de palmeiras foi realizada em quatro habitats da floresta social da RESEX: floresta madura (controle), floresta secundária, floresta queimada e roça (Figura 2). A área de roça foi caracterizada pela ausência do estrato arbóreo, o qual foi totalmente eliminado para o plantio de espécies alimentícias, predominantemente mandioca. As áreas em regeneração natural inicial (floresta secundária) foram anteriormente ocupadas

por cultivos agrícolas, principalmente mandioca, estando em pousio no momento da coleta nessa área há cerca de quinze anos, informação adquirida mediante conversas com os moradores da RESEX. Neste habitat, ocorre uma vegetação arbustivo-arbórea, com agrupamentos de palmeiras das espécies *Astrocaryum aculeatum* G. Mey., *Astrocaryum gynacanthum* Mart., *Astrocaryum vulgare* Mart., *Attalea maripa* (Aubl.) Mart., *Attalea spectabilis* Mart., *Bactris coccinea* Barb.Rodr., *Oenocarpus distichus* Mart., *Syagrus cocoides* Mart. As espécies mais frequentes são *Attalea spectabilis* Mart., *Astrocaryum vulgare* Mart., *Astrocaryum gynacanthum* Mart. e *Attalea maripa* (Aubl.) Mart. A florestas queimadas se referem a trechos de floresta madura atingidas por incêndios em 2015 e em 2017. Neste habitat, ocorrem espécies de maior porte. As principais espécies encontradas são *Amphiodon effusus* Huber, *Vatairea erythrocarpa* (Ducke) Ducke, *Zygia racemosa* (Ducke) Barneby e J.W.Grimes, *Dialium guianense* (Aubl.), Sandwith, *Inga alba* (Sw) Willd, *Inga paraensis* Ducke e *Inga umbellifera* (Vahl) DC (Pereira, 2023). A floresta madura é dominada por espécies de árvores de grande porte como a castanheira (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), piquiá (*Caryocar brasiliense* Cambess.), dentre outras, mas também por muitas espécies de palmeiras, particularmente aquelas de sub-bosque (Pereira, 2023).

Os sítios de estudo localizam-se em quatro comunidades tradicionais da Resex: Muratuba, Mirixituba, Jauarituba e Jaca, todas inseridas no contexto das florestas sociais (Pereira *et al.*, 2023). As espécies de palmeiras foram amostradas em 61 parcelas de 50 x 10 m (500 m<sup>2</sup>), distribuídas em: a) Roça (RC) com 19 parcelas - 9500 m<sup>2</sup> amostrados; b) Floresta secundária (FS) com 20 parcelas - 10000 m<sup>2</sup> amostrados; c) Floresta queimada (FQ) com 13 parcelas (queimadas em 2015/16 e em 2017) - 6500 m<sup>2</sup> amostrados; d) Floresta madura ou não queimada - Controle (C) com 9 parcelas - 4500 m<sup>2</sup> amostrados. Em cada parcela, indivíduos de todas as espécies de palmeiras de diferentes tamanhos foram identificadas (2.617 indivíduos). As espécies foram identificadas pelo parataxonomista do Museu Goeldi, Sr. Carlos Alberto Silva (participante dos inventários), utilizando-se exsicatas tombadas no Museu Paraense Emilio Goeldi. A nomenclatura botânica foi conferida com o banco eletrônico de dados da Lista de Espécies da Flora do Brasil (BFG, 2021). Todos os inventários foram realizados entre os anos 2019 e 2023.

Figura 2- Habitats onde foram realizados os inventários florísticos, Roça (A), Floresta Secundária (B), Floresta Queimada (C) e Floresta Não Queimada - Controle (D). Resex Tapajós-Arapiuns, Santarém – Pará.



*Quantidade de folhas de Attalea spectabilis e folhiço preso nas palmeiras*

De forma a estimar a quantidade das folhas (ramos) de *Attalea spectabilis* (Curuá) em cada habitat da floresta social, foi mensurado suas folhas para estimar uma quantidade média de material inflamável no chão dos habitats de estudo e em 30 indivíduos de curuá, o folhiço acumulado entre as folhas desta palmeira foi coletado e pesado. Estas medidas foram feitas de forma a estimar a quantidade de material inflamável associado a palmeira, além da produção de desrama das folhas do curuá. O folhiço preso entre as folhas foi composto por folhas e galhos finos das espécies arbóreas locais. O curuá foi a palmeira com maior abundância na

floresta social e, desse modo, foi selecionado para esta investigação avaliando a contribuição do curuá para a inflamabilidade da floresta social devido a produção de material inflamável.

#### *Composição química das folhas de curuá e serrapilheira*

Com o objetivo de entender os atributos de inflamabilidade das folhas do curuá, determinou-se o conteúdo de massa seca das folhas, assim como o teor de voláteis, teor de cinzas e, por diferença, o teor de carbono fixo das mesmas, de acordo com a norma ASTM D1762-84 (ASTM, 2013). Para tal, 10 folhas de 10 indivíduos de curuá foram coletadas, pesadas no local levadas ao Laboratório de Tecnologia da madeira (LTM), da Universidade Federal do Oeste do Pará (sob a coordenação do Dr Fernando Wallase Carvalho). As amostras foram secas em estufa por 44h a 60°C, para medir o teor de umidade conforme Batista (1990).

Para a realização das análises, a serrapilheira e a palha de curuá, foram submetidas à trituração no moinho de facas do laboratório e depois as amostras foram peneiradas e passadas em peneira granulométrica de malha 40 e 60 para uniformizar o tamanho das partículas e aumentar a relação superfície/volume. Depois foram colocadas para secar em estufa a 60°C. Após a secagem em estufa, 10 amostras foram adicionadas em cadinhos de porcelana com tampa e posicionada na porta do forno mufla, previamente aquecida a 950°C, ficando nessa posição durante 2 minutos. Passado esse período, o cadinho foi colocado no interior da mufla a 950°C durante 6 minutos com a porta fechada e em seguida, foi esfriado em dessecador com sílica gel durante 20 minutos. Posteriormente, a amostra foi pesada em balança. Para esta análise foi utilizada aproximadamente 2,0 g da amostra isenta de umidade. O procedimento foi realizado em triplicata.

O teor de materiais voláteis foi determinado pela equação ( $TV = \frac{M2 - M3}{M2} \times 100$ , sendo: TV teor de voláteis, em %; M2 massa final do teor de umidade em gramas; M3 massa final em gramas depois da mufla), conforme proposto pela norma ABNT NBR 8112 (ABNT, 1986). Para a determinação do teor de cinzas foi utilizado o restante do material. As amostras de curuá foram então adicionadas em 10 cadinhos de porcelana. Após atingir 750°C, as amostras ficaram no interior da mufla por um período de 6 horas. Em seguida, os cadinhos foram esfriados em dessecador com sílica gel aproximadamente por 40 minutos, proposto pela norma ABNT NBR 8112 (ABNT, 1986). O teor de carbono fixo refere-se à porção de carvão

após o aquecimento da amostra. Segundo a NBR 8112 (ABNT, 1986), esse teor é calculado subtraindo-se de 100% a soma dos teores de materiais voláteis, cinzas e umidade. Todos os procedimentos foram realizados em triplicatas para garantir maior confiabilidade aos testes. O mesmo procedimento foi realizado para serrapilheira da floresta sem material de palmeiras.

#### *Análise de inflamabilidade do curuá e serrapilheira*

Para examinar a contribuição do curuá à inflamabilidade das florestas e roça, as folhas desta palmeira e a serrapilheira do chão da floresta sem material de Curuá (controle) foram caracterizados em relação a quatro atributos: 1) tempo de chama; 2) tempo de brasas e 3) altura da chama. Estes atributos foram também analisados em cinco tratamentos/habitats focais (floresta madura, florestas em regeneração (floresta secundária), floresta queimada uma vez, floresta queimada duas vezes e roça). As folhas de curuá foram obtidas através da seleção de 10 indivíduos adultos no habitat de roça, onde foi coletado o material cortado e pesado. Para a serrapilheira da floresta, foram coletadas 10 amostras de forma aleatória em vários locais. Toda a serrapilheira solta dentro de um gabarito de madeira de 50 x 50 cm (0,25 m<sup>2</sup>) foi coletado, pesado no local e levado ao laboratório.

Amostras de material combustível/resíduo de 15 g (tirado da serrapilheira da floresta e a folha da palmeira) foram secadas em estufa e depois espalhadas em uma bandeja composta por oito cordas de algodão embebidas em xileno, colocadas sobre uma plataforma de aço. As extremidades das cordas foram inflamadas com um isqueiro padrão, espalhando-se para o interior do resíduo. Assim que iniciou a ignição, com cronômetro, foi registrado o tempo. Os seguintes parâmetros foram medidos: 1) tempo de chama; 2) tempo de brasas e 3) altura da chama. O tempo de chama foi medido como a duração desde a ignição do resíduo até a extinção da chama; o tempo de brasas foi medido como a duração desde a extinção da chama até a extinção das brasas (sem fumaça visível e sem combustão incandescente observada em condições escurecidas). A altura da chama, foi estimada visualmente considerando o centímetro mais próximo, usando uma régua vertical colocada atrás da plataforma em chamas. Tanto o tempo de chama, quanto o tempo de brasas foram registrados até o segundo mais próximo.

### Análise de dados

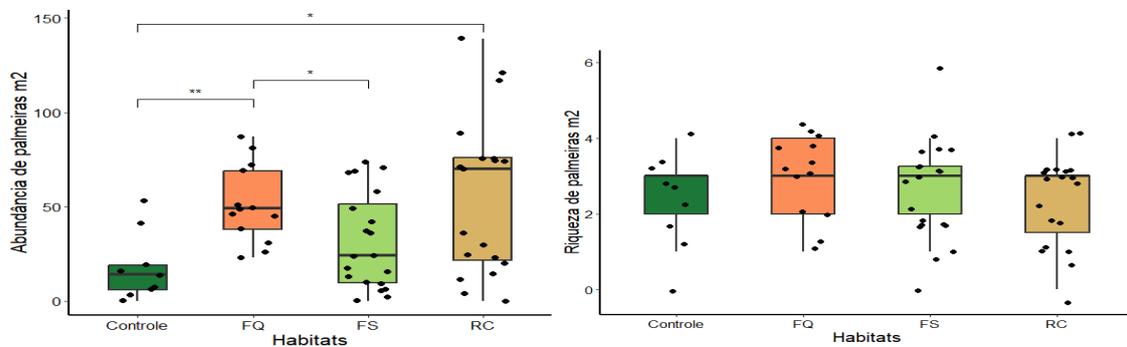
Para testar a variação entre os diferentes tipos de habitats, foi utilizada a análise de variância (ANOVA). Os pressupostos de normalidade de Shapiro-Wilk ( $p > 0,05$ ) e homogeneidade de Levene-Test ( $p > 0,05$ ) foram testados. Quando houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) foi aplicado o teste de Tukey (HSD), quando os pressupostos não passaram pelas exigências, a alternativa foi utilizar o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. As análises de dados foram realizadas utilizando o programa R (R Core Team 2021).

## 2.3 Resultados

### Abundância e riqueza de palmeiras na floresta social

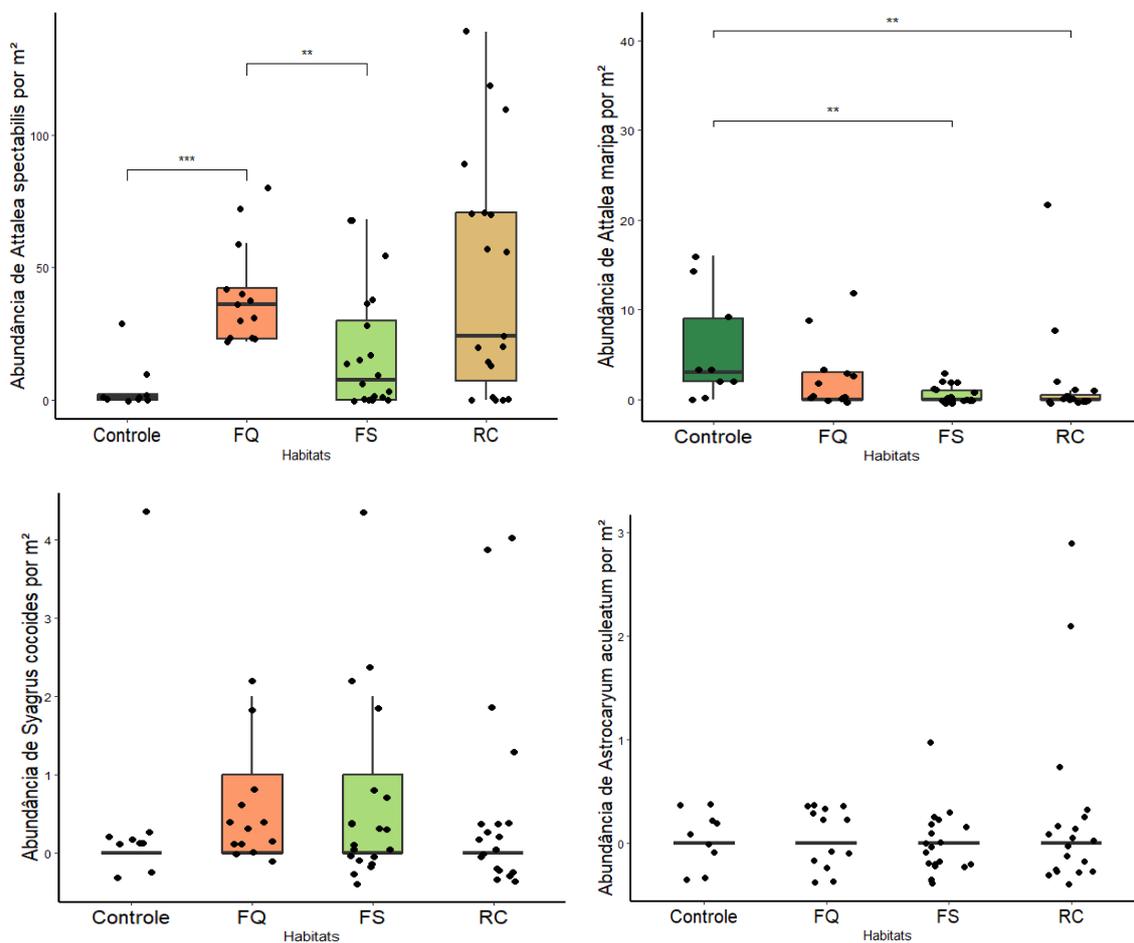
Foram identificados 2.517 indivíduos, 6 gêneros e 10 espécies da família Arecaceae. As espécies que tiveram maior número de indivíduos foram *A. spectabilis* (1.814), *Astrocaryum gynacanthum* (246), *Astrocaryum vulgare* (227), *A. maripa* (118). A abundância de indivíduos de palmeiras foi influenciada pelo fogo ( $p = 0,005$ ), sendo quatro vezes maior nas florestas queimadas e sete vezes maior nas roças em relação ao habitat controle. As florestas queimadas apresentaram uma maior abundância de palmeiras em relação às florestas secundárias. A riqueza de espécies de palmeiras não apresentou diferença significativa entre os habitats ( $p = 0,521$ ), não sendo influenciada pelo efeito do fogo (Figura 3).

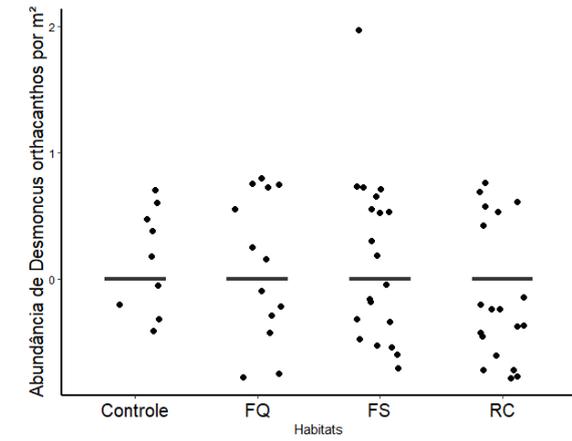
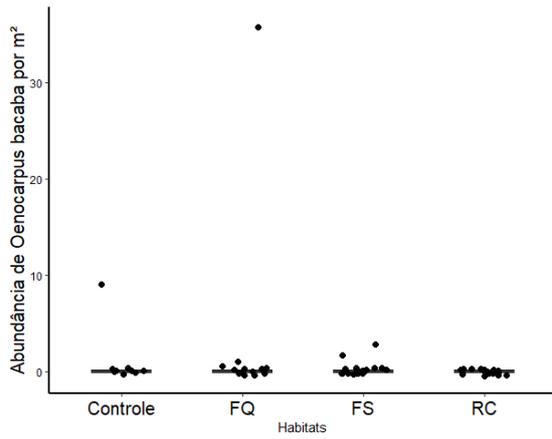
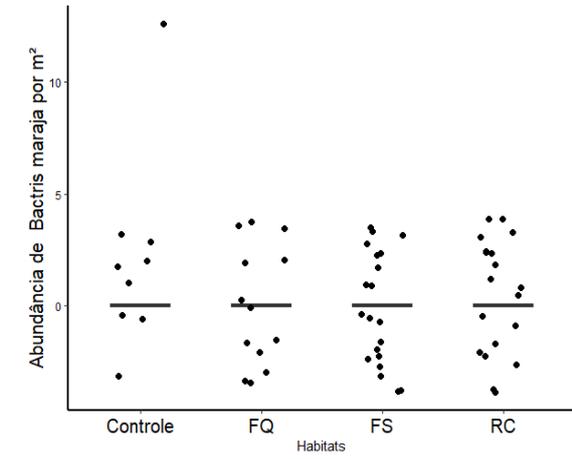
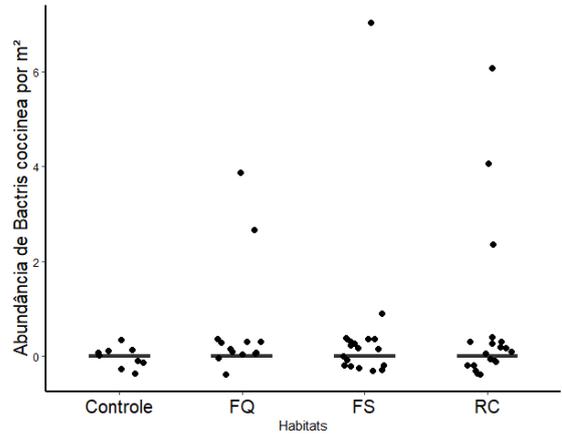
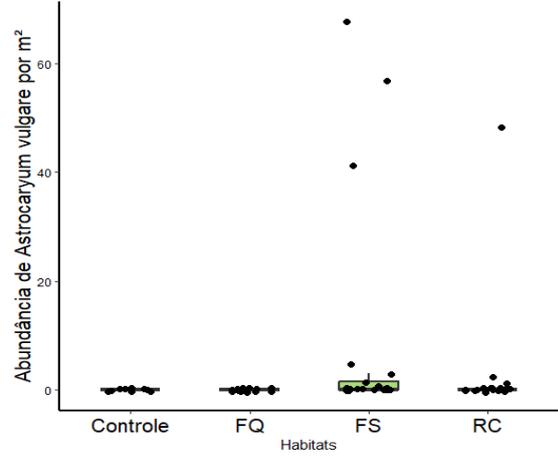
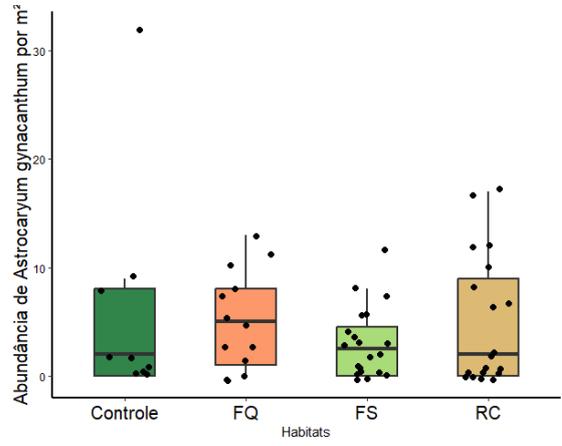
Figura 3- Abundância e riqueza de palmeiras em diferentes habitats na Resex Tapajós-Arapiuns, Santarém – Pará.



Das 10 espécies identificadas nos habitats de estudo apenas as do gênero *Attalea* obtiveram influência sobre os habitats em relação à abundância, que foram a *A. spectabilis* com ( $p = 0,001$ ) e a *A. maripa* com ( $p = 0.014$ ). A palmeira *A. spectabilis* teve diferença entre o tratamento controle/floresta queimada e floresta secundária/floresta queimada no que se refere a abundância. Já a palmeira *A. maripa* apresentou diferença significativa de sua abundância entre os tratamentos controle/floresta secundária e controle/roça (Erro! Fonte de referência não encontrada.).

Figura 4- Abundância de palmeiras identificadas em diferentes habitats de uma floresta antropizada. Resex Tapajós-Arapiuns, Santarém – Pará.





### *Massa seca e composição química das folhas de curuá*

Em média cada palmeira apresentou  $10,03 \pm 3,2$  folhas, com tamanho médio de  $4,7 \pm 0,82$  m. Desta forma, e com base na densidade de palmeiras nas parcelas, estimou-se que a floresta madura pode conter  $21,2 \pm 43,4$  folhas de curuá/ha, enquanto a floresta queimada pode ter  $259,8 \pm 124,6$  folhas de curuá/ha, a roça pode ter  $437,8 \pm 428,2$  folhas de curuá/ha e as florestas secundárias podem conter  $179,5 \pm 225,6$  folhas de curuá/ha, e isso é um indicativo do potencial do curuá adicionar material inflamável nos diferentes habitats da floresta social. Além disso, as palmeiras curuá retiveram em média  $149,3 \pm 56$  g de folhíço preso e acumulado na base das folhas (Figura 5).

Figura 5- Palmeiras *Attalea spectabilis* Mart. encontradas no habitat de floresta secundaria da floresta social. Resex Tapajós-Arapiuns, Santarém – Pará.

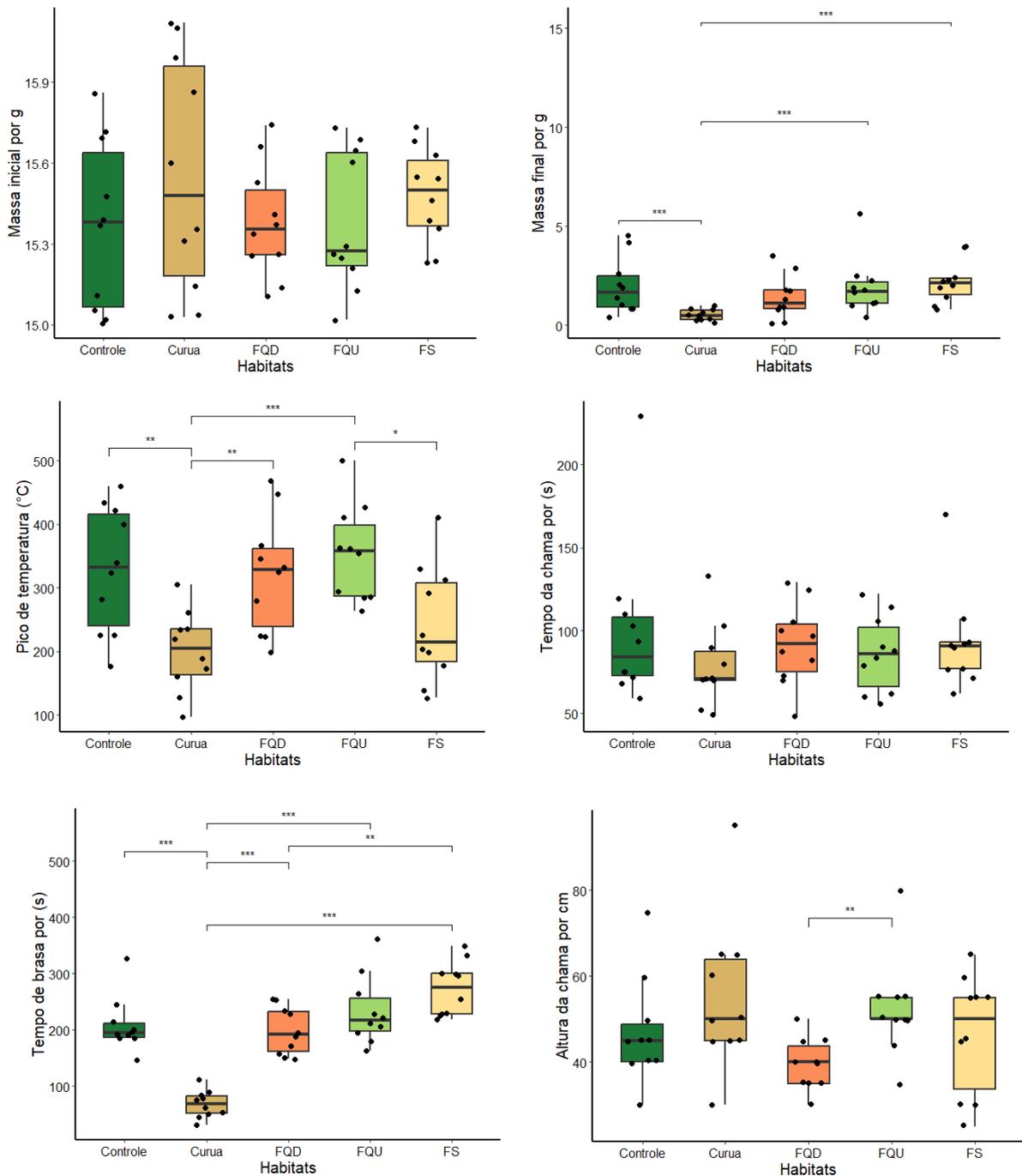


### *Inflamabilidade da folha do curuá e serrapilheira*

Os testes em laboratório de inflamabilidade mostraram que houve diferença significativa para o tempo de brasa entre os tratamentos ( $p < 0,001$ ), foi possível observar que a amostra de *A. spectabilis* obteve poucos testes positivos para o parâmetro tempo de brasa e seu tempo de brasa foi baixo, 6,96% comparado com os outros tratamentos. Observou-se ainda, diferença significativa entre os tratamentos para o parâmetro pico de temperatura ( $p < 0,001$ ) sendo, o pico de temperatura da *A. spectabilis* inferior ao das demais amostras. Em relação à altura da chama, houve diferença significativa ( $p = 0,047$ ) entre as amostras de serrapilheira das

florestas que queimaram uma vez e duas vezes, no critério de avaliação para tempo da chama. Estatisticamente todas as amostras não apresentaram diferença significativa, considerando-se então, que as amostras tiveram um tempo de chama equilibrado (Figura 6).

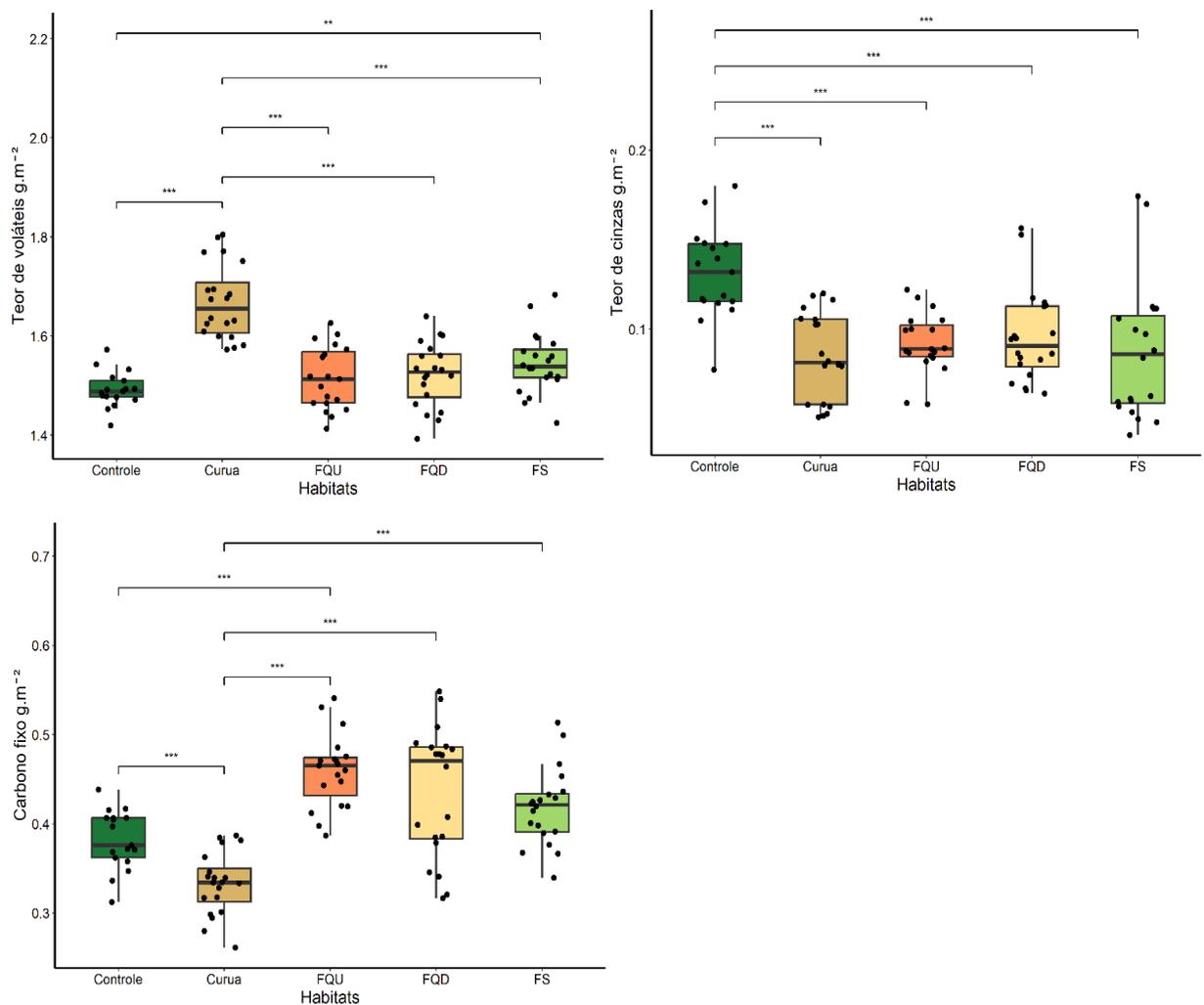
Figura 6- Atributos de inflamabilidade de da folha de *A. spectabilis* e serrapilheira, coletadas nos habitats de uma floresta social. Resex Tapajós-Arapiuns, Santarém – Pará.



### Análise imediata da folha do curuá e serrapilheira

Referente ao teor de voláteis, a amostra de *A. spectabilis* teve diferença significativa com todas as outras amostras com ( $p < 0,001$ ). Quanto ao teor de cinzas, no tratamento controle (floresta madura), as amostras de serrapilheira foram significativamente maiores em relação aos demais tratamentos com ( $p < 0,001$ ), já nas análises de carbono fixo, as amostras de *A. spectabilis* tiveram diferença significativa ( $p < 0,001$ ) dos outros tratamentos (Figura 7).

Figura 7- Atributos que avaliam a composição química do material inflamável em diferentes habitats de uma floresta social. Resex tapajós-Arapituns, Santarém – Pará.



## 2.4 Discussão

Os resultados deste estudo sugerem que a transformação da floresta madura em mosaicos sucessionais florestais — que incluem roças, florestas secundárias e maduras — junto com a ocorrência de incêndios florestais acidentais, influencia significativamente a abundância de palmeiras. Observou-se que a abundância de palmeiras é maior em áreas que sofreram impactos do fogo (roça e florestas queimadas).

A espécie *Attalea spectabilis* foi identificada como a palmeira mais frequentemente encontrada em todos os habitats que sofreram perturbação pelo fogo ou que estão em processo de pousio. Essa característica permite que *A. spectabilis* seja considerada um indicador de áreas que sofreram perturbação antrópica. As condições de cada habitat não influenciaram na diversidade de espécies de palmeiras. Contudo, o ambiente favoreceu a proliferação de palmeiras mais adaptáveis às condições climáticas, como *A. spectabilis* e *A. maripa*.

Este cenário inclui a presença de palmeiras na forma de indivíduos jovens, inclusive nas roças de macaxeira em pleno uso. Especificamente, somente as espécies heliófilas de *Attalea* responderam de forma consistente, beneficiando-se da criação dos mosaicos e até da ocorrência de incêndios. No contexto de proliferação, o curuá (*A. spectabilis*) é potencialmente capaz de adicionar enormes quantidades de material combustível via a queda de folhas, particularmente na floresta queimada e nas florestas secundárias (florestas em regeneração). Contudo, as folhas do curuá não apresentam maior flamabilidade em relação aos atributos temperatura da chama, tempo de brasa e pico de temperatura. Isso pode ser consequência do menor conteúdo de carbono das folhas em comparação à serrapilheira produzida por outras espécies da floresta. A flamabilidade dessas folhas acaba aumentando devido à composição química das mesmas, que possuem um maior teor de compostos voláteis. Estudos indicam que a presença de compostos voláteis como terpenos intensifica a ignição e o tempo de combustão, tornando o curuá um componente significativo na dinâmica do fogo em áreas perturbadas (Fares *et al.*, 2010).

Não é novidade que as florestas de terra firme na Amazônia, de forma geral, abriguem uma riqueza grande de espécies de palmeiras, tanto em escala local, como em escala de

paisagem; até 36 espécies (Scariot, 1999). Basicamente estas florestas abrigam sempre um grupo diversificado de espécies no que se refere ao porte/forma de crescimento, ciclo de vida, ocupação de habitats, estratégia de regeneração e de dispersão de sementes (Anderson, 2002). No contexto deste estudo é importante reconhecer a ocorrência de espécies tolerantes à sombra de pequeno porte (*Bactris*, *Geonoma*), espécies tolerantes à sombra de grande porte (*Oenocarpus bacaba* Mart.) e as espécies pioneiras de grande porte, como as do gênero *Attalea*. Há o registro para 11 espécies de palmeiras na Resex e 34 na Flora Tapajos (Chaves, 2018; Pimentel *et al.*, 2018), ambas paisagens em grande parte dominadas por florestas de terra firme, com uma parte convertida em paisagens antrópicas ou florestas sociais.

Além da elevada riqueza em múltiplas escalas espaciais na floresta Amazônica (151 espécies no total incluindo todos os habitats florestais), algumas espécies de palmeira estão entre as espécies superdominantes nesta região, exemplo, *Astrocaryum chambira*, *Euterpe precatoria*, *Iriartea deltoidea*, *Oenocarpus bataua*, (Ter steege *et al.*, 2013). especificamente assembleias de palmeiras entre 2000-5500 indivíduos ha<sup>-1</sup> (Reis *et al.*, 2022) e onde palmeiras no dossel da floresta podem representar mais de 5% da cobertura florestal; 1,26% em média (Reis *et al.*, 2022).

No contexto da criação de paisagens antrópicas nas florestas neotropicais (região onde as palmeiras são mais diversificadas e abundantes em escala global (Muscarella *et al.*, 2020), os resultados suportam a ideia de que algumas espécies se beneficiam da criação de pastagens, pequenos fragmentos dominados por efeitos de borda, bordas florestais, florestas em regeneração, mas também florestas submetidas à incêndios (Scariot, 1999; Reis *et al.*, 2022). Trata-se, por exemplo, de espécies de *Attalea*: *A. oleifera* na floresta Atlântica nordestina (Tabarelli *et al.*, 2010), *Attalea humilis* na floresta Atlântica no sudeste do Brasil (De Souza, 2000), *A. butyracea* em florestas do Panamá (Mertzluff *et al.*, 2020). Particularmente na região Amazônica é importante mencionar a *Attalea speciosa* (babaçu), talvez o modelo mais frequente em ambiente de floresta das palmeiras pioneiras/heliófilas associadas a florestas degradadas por perturbações antrópicas, mas também a regeneração natural/invasão em áreas agrícolas/pastagem (Mertzluff *et al.*, 2020; Hilário; Toledo, 2016; Hernández- Ruedas *et al.*, 2018). há fortes evidências evidências que as florestas dominadas por babaçu (incluindo o dossel da floresta), particularmente no leste da Amazonia, sejam um produto das perturbações

antrópicas (Anderson; May; Balick, 1991). É importante mencionar que algumas espécies de palmeiras também respondem positivamente a perturbações naturais, como é caso de *Prestoea montana*, espécie dominante de florestas perturbadas por furacões no Caribe (Lugo; Frangi, 2016).

No caso do curuá, e diferente do babaçu, não há dominância do dossel, pois trata-se de uma espécie de pequeno porte de sub-bosque, pois é uma palmeira acaulescente, não tem caule acima do solo (Kahn, 1985; Balslev *et al.*, 2011), embora heliófila, a qual pode ocorrer em elevada densidade nos habitats alterados. Na floresta social analisada, a palmeira de elevada abundância nos habitats alterados cabe a *A. maripa*, embora não com a abundância e a frequência com que o babaçu pode ocorrer em paisagens antrópicas, incluindo a floresta madura/densa (Mitja *et al.*, 2018). Todavia, é preciso ressaltar que nos mosaicos criados pela agricultura de corte-e-queima e, mais recentemente, pela ocorrência de incêndios florestais acidentais, os resultados sugerem que as espécies de palmeiras apresentam uma grande variação na densidade e na frequência, sugerindo que além do tipo habitat/perturbação, outros processos estão afetando a demografia destas espécies em escala de paisagem: solo, disponibilidade hídrica e limitação de dispersão. Esta distribuição as vezes localizada e com populações densas da origem aos “curuazais” conforme denominação local, inclusive em trechos bem delimitados de floresta madura, conforme amostrado neste estudo.

Foram encontradas evidências sugerindo a ocorrência de espécies de palmeiras negativamente afetadas pelo fogo ou a criação de mosaicos florestais decorrentes da agricultura de corte-e-queima. As palmeiras possuem espécies de resposta neutra e, desta forma, são consideradas com elevada resiliência (Montúfar *et al.*, 2011), embora estejam presente em todos os habitats, desde roças em uso até a floresta madura, como acontece com o babaçu (Mitja *et al.*, 2018). Respostas negativas, como redução de densidade, indicam baixa resiliência, sendo que o habitat/porte da espécie (sub-bosque ou espécie de dossel) parece não ser um fator fundamental na determinação do nível de resiliência (Montúfar *et al.* 2011).

Espécies de palmeira sensíveis ao fogo, extração de madeira, efeitos de borda, perda de habitat e/ou pressão de pastejo em florestas neotropicais tem sido reportado na literatura, como *Euterpe precatoria* (Ziccardi *et al.*, 2021), *Euterpe edulis* (Prieto *et al.*, 2014), *Iriartea deltoidea*, *Synechanthus warscewiczianus* (Baez; Balslev 2007), *Attalea princeps* (Hordijk *et*

al. 2019), *Astrocarym aculeatissimum* e *Geonoma schotiana* (Portela; Colmenares-Trejos; Mattos, 2021), envolvendo tanto espécies de dossel quanto de sub-bosque (Baez; Balslev 2007). Em síntese, as palmeiras abrigam tanto espécies negativamente afetadas no contexto de paisagens antrópicas de floresta tropical, como aquela de resposta neutra e outras capazes de proliferar em vários dos habitats florestais e não florestais presentes nestas paisagens (Beard *et al.*, 2005; Arevalo *et al.*, 2016). Respostas neutras e até o momento, espécie-específicas, contrasta com a afirmação que as palmeiras neotropicais são altamente sensíveis às perturbações antrópicas (Anthelme *et al.*, 2011), pelo menos no que se refere as florestas sociais, onde incêndios florestais estão se tornando mais frequentes (Pereira *et al.*, 2023).

Particularmente no caso das *Attalea* em paisagens antrópicas, a proliferação de algumas espécies tem sido creditada a um conjunto de atributos: heliofilia, meristema apical protegido por folhas contra fogo e danos por herbivoria, produção maciça de sementes e formação de banco de sementes, dispersão de sementes por um amplo conjunto de vertebrados de pequeno e médio porte, germinação rápida e intensa em resposta ao fogo moderado, indivíduos jovens acaule, entre outros fatores (Williams-Linera, 1990; Salm, 2005; De Souza, 2000; Tabarelli *et al.*, 2010). Realmente, foi observado centenas de pirênios, vários deles germinando nas roças de macaxeira, além de vários indivíduos jovens danificados pelo fogo, porém vivos. Pode-se considerar que estas espécies de *Attalea* podem ser consideradas como “vencedoras” (Filgueiras *et al.*, 2021), inclusive ampliando os padrões de distribuição geográfica e ecológica ao acompanhar a penetração dos humanos nas florestas tropicais. Por outro lado, neste momento nós não temos como inferir sobre a resposta neutra, em parte decorrente da grande variação na abundância e frequência apresentada por todas as espécies na paisagem focal.

Ao contrário das expectativas, o folhiço seco do curuá não tem um poder calorífico maior que o serrapilheira da floresta, possivelmente pelo baixo conteúdo de carbono, variável positivamente associada a pico temperatura e tempo da chama (Protásio *et al.*, 2011). O baixo conteúdo de carbono é combatível com a estratégia das plantas heliófila e provavelmente aquisitiva e oportunistas. Todavia, existe uma relação positiva entre conteúdo de carbono e a velocidade com que o material pega fogo (Protásio, 2019). Os resultados indicam que uma floresta secundária em regeneração (oriunda de corte e queima) e, em florestas maduras

queimadas por incêndios florestais acidentais, até 580 folhas de curuá podem estar presentes e com um tamanho médio de 4,7 m. Assumindo uma taxa de desrama de 2,0% ao ano (Beard *et al.*, 2005), isto equivale a uma grande quantidade de material de fácil ignição no chão da floresta e que pode ajudar a espalhar o fogo, conforme relato dos moradores locais, os quais associam a presença das folhas secas do curuá à facilidade de ocorrência de incêndios. É sabido que os incêndios florestais estão associados a umidade da serrapilheira, a quantidade e qualidade do material combustível e a presença de fontes de ignição. No caso das florestas, a agricultura de corte-e-queima representa uma fonte chave, pois a queima ocorre na final da estação, todos os anos e na forma de milhares de focos na paisagem focal, assim como na região amazônica (Silva *et al.*, 2018).

Embora as espécies de *Attalea* na paisagem de estudo tenham múltiplos usos para os locais, como as frutas e as próprias folhas, a sua proliferação podem ter implicação básica, como visto no estudo: incremento da vulnerabilidade da floresta social aos incêndios (Tabarelli *et al.*, 2010, Queenborough *et al.*, 2012).

Em síntese, florestas dominadas por palmeiras ocorrem tanto de forma natural, quanto em paisagens antrópicas, geralmente constituídas de mosaicos vegetacionais. A conversão de floresta madura nestes mosaicos, incluído florestas secundárias em regeneração e aquelas degradadas pelo fogo, tem como um dos efeitos a proliferação de *Attalea* e adição de grande quantidade de material com um potencial combustível nas florestas sociais de terra firme no leste da Amazônia. Em contrapartida, muitas espécies parecem não responder a criação das florestas sociais e ocorrer, muitas vezes de forma rara, nos diferentes habitats do mosaico, resultando em uma comunidade de palmeiras de baixa diversidade local. Um *feedback* positivo entre incêndios, devido a criação de áreas abertas e proliferação de *Attalea* aportando grande quantidade de material de fácil combustão merece mais investigações e pode indicar uma transição florestal neste cenário de mudanças climáticas.

### CAPÍTULO 3 CONCLUSÕES FINAIS

A transformação da floresta madura de terra firme em mosaicos florestais, principalmente através da agricultura de corte-e-queima e dos incêndios florestais, afeta de forma diferencial as espécies e a comunidade de palmeiras no leste da Amazônia. Basicamente, espécies pioneiras de *Attalea* proliferam em vários habitats do mosaico florestal, incluindo roças e florestas queimadas, mas também são capazes de ocorrer com elevada abundância em alguns trechos de floresta madura. A maioria das espécies apresenta uma resposta neutra, particularmente espécies de pequeno porte, tolerantes à sombra e típicas da floresta madura, mas também presentes em habitats perturbados, como as florestas secundárias em regeneração. Desta forma, as espécies apresentam enorme variação tanto na frequência de ocorrência, quanto na densidade dentro e entre os habitats.

Os resultados para as espécies de *Attalea* confirmam a capacidade destas espécies pioneiras proliferarem em habitats perturbados nas florestas de terra firme na Amazônia, em muitos casos formando grandes adensamentos, como os “palhais” (folhas secas do curuá) na paisagem de estudo. Espécies como o curuá são potencialmente capazes de produzir uma enorme quantidade de material combustível (folhas secas) em todos os habitats do mosaico, além de acumular serrapilheira nas rosetas formadas pelas folhas acima do solo. Embora as folhas de curuá e, possivelmente, as folhas das demais espécies de *Attalea* tenham um poder calorífero inferior à média da serrapilheira, a enorme quantidade, o baixo teor de carbono e o alto teor de voláteis pode facilitar a ignição dos incêndios e seu alastramento de forma rápida. Em outras palavras, a criação de mosaicos florestais, os incêndios florestais e a proliferação de palmeiras podem gerar uma resposta positiva, contribuindo para uma transição florestal em paisagens afetadas por mudanças climáticas, além de, ter encontrado um mecanismo que facilita o escapamento do fogo para o início de grandes incêndios, devido o curuá ter um possivelmente um potencial que dá um start ao fogo e com isso contribui para os incêndios. Neste sentido, estudos adicionais são necessários para investigar as trajetórias florestais e, assim entender, esses processos para o manejo sustentável e conservação das florestas sociais da Amazônia.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, P. de S. **Diversidade de palmeiras em pequenos fragmentos de Mata Atlântica no Rio de Janeiro**. Orientador Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Alexandra Pires, 2010. ix, 20f. Trabalho de Conclusão de Curso - Curso de Graduação em Engenharia Florestal, Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2010.
- ANDERSON, Anthony Bennett; MAY, Peter Herman; BALICK, Michael J. **The Subsidy From Nature: palm forests, peasantry, and development on an Amazon frontier**. Columbia University Press, 1991.
- ANDERSON, Anthony Bennett. **Esverdeando a Amazônia: comunidades e empresas em busca de práticas para negócios sustentáveis**. [S.l.]: Editora Peirópolis, 2002.
- ANDRADE, S. C. de P.; CORRÊA, J. A. de J. Estimativa do saldo de radiação instantâneo à superfície para a cidade de Santarém-PA, através de imagens do Landsat 5-TM. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 7, n. 4, p. 653-661, 2014.
- ANTHELME, F.; LINCANGO, J.; GULLY, C.; DUARTE, N.; MONTÚFAR, N. How anthropogenic disturbances affect the resilience of a keystone palm tree in the threatened Andean cloud forest. **Biological Conservation**, v. 144, n. 3, p. 1059-1067, 2011.
- ARAGÃO, L. E. O. C. *et al.* Spatial patterns and fire response of recent Amazonian droughts. **Geophysical Research Letters**, v. 34, n. 7, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1029/2006GL028946>.
- ARENZ, K. H. Cassava, cacao and catechesis: agriculture and extractivism in the Jesuit Missions on the Amazon in the Seventeenth and Eighteenth Centuries. *In: GLOBAL Agricultural Workers from the xviii to the xxi Century, 17<sup>th</sup>*, 2022. Brill, 2022. p. 209-235.
- AREVALO, B.; VALLADAREZ J.; MUSCHAMP, S.; KAY, E.; FINKRAL, A.; ROOSPSIND, A.; PUTZ, F. E. Effects of reduced-impact selective logging on palm regeneration in Belize. **Forest Ecology and Management**, v. 369, p. 155-160, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 8112: carvão vegetal: análise imediata**. Rio de Janeiro: 1986. 8p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) **Análise química imediata do carvão vegetal**, NBR 8112. 1986.
- ASTM Standard D1762 – 84. **Standard test method for chemical analysis of wood charcoal**. Philadelphia, USA: American Society for Testing and Materials, 2013.
- BYG, Anja; BALSLEV, Henrik. Palms in indigenous and settler communities in southeastern Ecuador: farmers' perceptions and cultivation practices. **Agroforestry Systems**, v. 67, p. 147-158, 2006.

BALSLEV, H.; FRANCIS, K.; BETTY, M.; SVENNING, J. C.; KRISTIANSEN, T.; BORCHSENIUS, F.; PEDERSEN, D.; EISERHARDT, W. L. Species diversity and growth forms in tropical American palm communities. **The Botanical Review**, v.77, p. 381-425, 2011.

Batista AC. **Incêndios florestais**. Recife: Imprensa Universitária da UFRPE, 1990. 115 p.

BAROT, Sébastien *et al.* Reproductive plasticity in an Amazonian palm. **Evolutionary Ecology Research**, v. 7, n. 7, p. 1051-1065, 2005.

BARLOW, J.; PERES, C. A. Fire-mediated dieback and compositional cascade in an Amazonian Forest. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 363, n. 1498, p. 1787-1794, 2008.

BARLOW, Jos *et al.* Clarifying Amazonia's burning crisis. **Global Change Biology**, v. 26, n. 2, p. 319-321, 2020.

BAEZ, Selene.; BALSLEV, Henrik. Efeitos de borda na diversidade de palmeiras em fragmentos de floresta tropical no oeste do Equador. **Biodiversidade e Conservação**, v. 16, p. 2201-2211, 2007.

BEARD, K. H.; VOGT, K. A.; VOGT, D. J.; SCATENA, F. N.; Covich, A. P.; Sigurdardottir, R.; Siccama, T. G.; Crawl, T. A. Structural and functional responses of a subtropical forest to 10 years of hurricanes and droughts. **Ecol. Monogr.** 75: 345–361, 2005.

BEZERRA, T.; G.; RUSCHEL, A.; R.; EMMERT, F.; NASCIMENTO, R.; G.; M. Changes caused by forest logging in structure and floristic diversity of natural regeneration: Relationship between climate variables and forest dynamics in the eastern Amazon. **Forest Ecology and Management**, v. 482, p. 118862, 2021.

BEZERRA, T. G. **Regeneração natural de uma floresta na Amazônia Oriental: três décadas de dinâmica pós-exploração**. 2019. 88f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2019.

BIZERRA, D. A. U. B. **Avaliação da palha de carnaúba in natura e carbonizada para produção de combustíveis sólidos**: análise imediata, poder calorífico e densificação da biomassa. Orientadora Doutora Maria Alexsandra de Sousa Rios. 2017. 62 f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

BRANDO, Paulo Monteiro *et al.* Aumentos abruptos na mortalidade de árvores na Amazônia devido às interações seca-fogo. **Anais da Academia Nacional de Ciências**, v. 111, n. 17, p. 6347-6352, 2014.

BOTTINO, M.J., NOBRE, P., GIAROLLA, E. *et al.* Amazon savannization and climate change are projected to increase dry season length and temperature extremes over Brazil. **Sci Rep.**, v.14, e 5131, 2024.

- BURGER, Dietrich. **O uso da terra na Amazônia Oriental**. Belém: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1986. 291p. (EMBRAPA -CPATU, Documentos, 40).
- CARMENTA, Rachel *et al.* Does the establishment of sustainable use reserves affect fire management in the humid tropics?. **Plos One**, v. 11, n. 2, p. e0149292, 2016.
- CHAMBERS, J. Q.; HIGUCHI, N.; SCHIMEL, J. P.; FERREIRA, L. V.; MELACK, J. M. Decomposition and carbon cycling of dead trees in tropical forests of the central Amazon. **Oecologia**, v. 122, p. 380-388, 2000.
- CHAMBERS, J. Q.; NEGRON-JUAREZ, R. I.; MARRA, D. M.; HIGUCHI, N. The steady-state mosaic of disturbance and succession across an old-growth Central Amazon forest landscape. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 110, n. 10, p. 3949-3954, 2013.
- CHAVES, M. S. Conservação e uso de plantas alimentícias não convencionais em comunidades tradicionais. **Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade: Icmbio**, Santarém, 2018. 428 p.
- COCHRANE, M. A. Fire science for rainforests. **Nature**, v. 421, n. 6926, p. 913-919, 2003.
- COCHRANE, M. A.; ALENCAR, A.; SCHULZE, M. D.; JUNIOR, C. M. S.; NEPSTAD, D. C.; LEFEBVRE, P.; DAVIDSON, E. Positive feedbacks in the fire dynamic of closed canopy tropical forests. **Science**, v. 284, n. 5421, p. 1832-1835, 1999.
- COCHRANE, M. A.; LAURANCE, W. F. Synergisms among fire, land use, and climate change in the Amazon. **AMBIO: A Journal of the Human Environment**, v. 37, n. 7, p. 522-527, 2008.
- CUMMINGS, A. R.; READ, J. M. Drawing on traditional knowledge to identify and describe ecosystem services associated with Northern Amazon's multiple-use plants. **International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management**, v. 12, n. 1-2, p. 39-56, 2016.
- DAVENPORT, R.; MURPHY, S.; SANKARAN, M. Fire impacts on African ecosystems: Ecosystem responses and vulnerability to exotic grass invasion. **Fire in Tropical Africa**, 2012.
- DAILY, G. C.; STEPHEN, P.; GOLDSTEIN, J.; KAREIVA, M. P.; MOONEY, A. H.; PEJCHAR, L.; RICKETTS, H. T.; SALZMAN, J.; SHALLENBERGER, R. Ecosystem services in decision making: time to deliver. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 7, n. 1, p. 21-28, 2009.
- DUTRA, D. J.; ANDERSON, L. O.; FEARNSIDE, P. M.; GRAÇA, P. M. L. de A.; YANAI, A. M.; DALAGNOL, R.; BURTON, C.; JONES, C.; BETTS, R.; ARAGÃO, L. E. O. C. Fire Dynamics in an Emerging Deforestation Frontier in Southwestern Amazonia, Brazil. **Fire**, [S.l.], v. 6, n. 1, p. 2, 21 dez. 2022.

- ESSAGHI, S.; HACHMI, M.; YESSEF, M.; DEHHAOUI, M.; AMARTY, el F. Assessment of flammability of Moroccan forest fuels: new approach to estimate the flammability index. **Forests**, v. 8, n. 11, e 443, 2017.
- FARES, S.; GOLDSTEIN, A. H.; LORETO, F. Determinants of ozone fluxes and metrics for ozone risk assessment in plants. **Journal of Experimental Botany**, v. 61, n. 3, p. 629-633, 2010.
- FARRIS-LOPEZ, Krista *et al.* Influência de uma palmeira comum, *Oenocarpus mapora*, no estabelecimento de mudas em uma floresta tropical úmida no Panamá. **Journal of Tropical Ecology**, v. 20, n. 4, pág. 429-438, 2004.
- FELIPE-LUCIA, María R. *et al.* Multiple forest attributes underpin the supply of multiple ecosystem services. **Nature Communications**, v. 9, n. 1, p. 4839, 2018.
- FEARNSIDE, Philip Martin. A vulnerabilidade da floresta amazônica perante as mudanças climáticas. **Oecologia Brasiliensis**, v. 13, n. 4, p. 609-618, 2009.
- FERRAZ, S. F.; FERRAZ, K.M.; CASSIANO, C. C.; BRANCALION, P. H. S.; LUZ, D. T.da; AZEVEDO, T. N.; METZGER, J. P. How good are tropical forest patches for ecosystem services provisioning?. **Landscape Ecology**, v. 29, p. 187-200, 2014.
- FILGUEIRAS, B. K.; PERES, C. A.; MELO, F. P; LEAL, I. R.; TABARELLI, M. Winner-loser species replacements in human-modified landscapes. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 36, n. 6, p. 545-555, 2021.
- FONSECA, R. C. B.; RODRIGUES, R. R. Structural analysis and aspects of the successional mosaico a semi-deciduous forest, in Botucatu (São Paulo State, Brazil). **Scientia Forestalis**, v.57, n.1, p.27-43, 2000.
- FOLEY, J. A.; ASNER, G. P.; COSTA, M. H.; COE, M. T.; DEFRIES, R.; GIBBS, H. K.; SNYDER, P. Amazonia revealed: forest degradation and loss of ecosystem goods and services in the Amazon Basin. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 5, n. 1, p. 25-32, 2007.
- FRANCO, Vânia dos Santos *et al.* Prognóstico sazonal da precipitação para o verão e outono austral da Amazônia oriental (Seasonal prognosis for the southern summer and autumn in the Eastern Amazon). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 1, p. 057-070, 2019.
- GARDNER, T. A. *et al.* A social and ecological assessment of tropical land uses at multiple scales: the Sustainable Amazon Network. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 1619, p. 20120166, 2013.
- GARDNER, T. A.; BARLOW, J.; CHAZDON, R. M.; HARVEY, C. A.; PERES, C. A.; SODHI, N. S. Prospects for tropical forest biodiversity in a human- modified world. **Ecology Letters**, v. 12, n. 6, p. 561-582, 2009.

GEHRING, Christoph *et al.* Allometry of the babassu palm growing on a slash-and-burn agroecosystem of the eastern periphery of Amazonia. **Acta Amazonica**, v. 41, n. 1, p. 127-134, 2011.

GIBBS, H. K.; BROWN, S.; NILES, J. O.; FOLEY, J. A. Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: making REDD a reality. **Environmental Research Letters**, v. 2, n. 4, p. 045023, 2007.

GOVAERTS, R.; DRANSFIELD, J. **Lista Mundial de Palmas**. Richmond, Jardim Botânico Real Kew, 2005.

GROOTEMAAT, S.; WRIGHT, I. J.; VAN BODEGOM, P. M.; CORNELISSEN, J. H. C. Seasonal variation in leaf and twig flammability in Australian savanna woody species. **International Journal of Wildland Fire**, 2015.

HARDESTY, J.; MYERS, R.; FULKS, W. Fire, ecosystems, and people: a preliminary assessment of fire as a global conservation issue. In: **The George Wright Forum**. George Wright Society, 2005. p. 78-87.

HERAWATI, H.; SANTOSO, H. Tropical forest susceptibility to and risk of fire under changing climate: A review of fire nature, policy and institutions in Indonesia. **Forest Policy and Economics**, v. 13, n. 4, p. 227-233, 2011.

HENDERSON, A.; FISCHER, B.; SCARIOT, A.; WHITAKER, P. M. A.; PARDINI, R. Flowering phenology of a palm community in a central Amazon Forest. **Brittonia**, v. 52, p. 149-159, 2000.

HERNÁNDEZ- RUEDAS, M. A.; RODRÍGUEZ, A. V.; FILHO, M. C. J.; MEAVE, A. J.; RAMOS, M. M. Fragmentation and matrix contrast favor understory plants through negative cascading effects on a strong competitor palm. **Ecological Applications**, v. 28, n. 6, p. 1546-1553, 2018.

HILÁRIO, R. R.; TOLEDO, J. J. Effects of climate and forest structure on palms, bromeliads and bamboos in Atlantic Forest fragments of Northeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 76, p. 834-844, 2016.

HORDIJK, I.; MEIJER, F.; NISSEN, E.; BOORSMA, T.; POORTER, L. Cattle affect regeneration of the palm species *Attalea princeps* in a Bolivian forest–savanna mosaic. **Biotropica**, v. 51, n. 1, p. 28-38, 2019.

HOLDSWORTH, A. R.; UHL, C. Fire in Amazonian selectively logged rain forest and the potential for fire reduction. **Ecological Applications**, v. 7, n. 2, p. 713-725, 1997.

DOI: [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(1997\)007\[0713:FIASLR\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(1997)007[0713:FIASLR]2.0.CO;2)

HURTIENNE, Thomas. Peter. Agricultura familiar e desenvolvimento rural sustentável na Amazônia. **Novos Cadernos NAEA**, Belém, NAEA/UFPA, v. 8, n. 1, 2005. 71 p.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **Plano de Manejo da Reserva Extrativista Tapajós-Arapiuns**. Santarém: ICMBio, 2014. (v.3, Diagnóstico).

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **Plano de Manejo da Reserva Extrativista Tapajós-Arapiuns**. Santarém: ICMBio, 2014. (v.1 Diagnóstico).

JESUS, Andrielly Gomes de et al. PRÁTICA DA CULTURA DA QUEIMA NAS ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS E SUAS IMPLICAÇÕES NO ESTADO DO TOCANTINS. **Revista de Políticas Públicas**, Maranhão, v. 24, n. 1, p. 205-225, jun. 2020.

KAUFFMAN, J. B.; CUMMINGS, D. L.; WARD, D. E. Relationships of fire, biomass and nutrient dynamics along a vegetation gradient in the Brazilian cerrado. **Journal of Ecology**, p. 519-531, 1993. DOI: <https://doi.org/10.2307/2261261>

KAHN, Francis; CASTRO, Aline de. The palm community in a forest of central Amazonia, Brazil. **Biotropica**, v. 17, n. 3, p. 210-216, 1985.

KENNARD, D. K. *et al.* Effect of disturbance intensity on regeneration mechanisms in a tropical dry forest. **Forest ecology and management**, v. 162, n. 2-3, p. 197-208, 2002.

LAUREN, T. S. *et al.* Drought impacts on children's respiratory health in the Brazilian Amazon. **Scientific reports**, v. 4, n. 1, p. 3726, 2014.

LAURANCE, W. F.; USECHE, D. C.; RENDEIRO, J.; KALKA, M.; BRADSHAW, C. J.; SLOAN, S. P.; SCOTT MCGRAW, W. Preventing biodiversity collapse in protected tropical forest areas. **Nature**, v. 489, n. 7415, p. 290-294, 2012.

LAURANCE, William. F. *et al.* An Amazonian rainforest and its fragments as a laboratory of global change. **Biological reviews**, v. 93, n. 1, p. 223-247, 2018.

LAPOLA, D. M. *et al.* The drivers and impacts of Amazon Forest degradation. **Science**, v. 379, n. 6630, p. eabp8622, 2023.

LIMA, R. A. Structure and regeneration of gaps in Tropical Rain Forests. **Brazilian Journal of Botany**, v. 28, p. 651-670, 2005.

LIESENFELD, M. V. A.; VIEIRA, G. Brote posfuego de la palma en el bosque amazónico: ¿son los tallos subterráneos una ventaja. **Perspectivas Rurales Nueva Época**, [S.l.], v. 16, n. 30, p. 11-23, 1 set. 2018. Universidad Nacional de Costa Rica.

LIESENFELD, Marcus Vinicius Athaydes. Fire Impacts on the Plant Individual Level and Future Directions of Fire Ecology in the Amazon Rainforest. **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, v. 7, n. 1, p. 618-647, 2020.

LUGO, A. E.; FRANGI, J. L. Resposta de longo prazo das florestas de palmeiras do Caribe aos furacões. **Caribe. Nat**, v. 157-175, 2016.

- MACÍA, M. J.; ARMESILLA, P. J.; LARET, C. R.; ZAMBRANA, P. N.; VILLALBA, S.; BALSLEV, H.; SANTAYANA, D. P.M. Palm uses in northwestern South America: a quantitative review. **The Botanical Review**, v. 77, p. 462-570, 2011.
- MALHI, Y.; GRACE, J. Tropical forests and atmospheric carbon dioxide. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 15, n. 8, p. 332-337, 2000.
- MANDLE, Lisa.; TICKTIN, Tamara.; ZUIDEMA, Pieter. A. Resilience of palm populations to disturbance is determined by interactive effects of fire, herbivory and harvest. **Journal Of Ecology**, [S.l.], v. 103, n. 4, p. 1032-1043, 7 maio 2015.
- MARTÍNEZ, R. M; ORTIZ, R. I. A; PIÑERO, D.; DIRZO, R.; SARUKHÁN, J. Distúrbios antrópicos comprometem a conservação da biodiversidade nas reservas de floresta tropical. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 113, n. 19, p. 5323-5328, 2016.
- MEDEIROS-SARMENTO, P. S.; FERREIRA, L. V.; GASTAUER, M. Natural regeneration triggers compositional and functional shifts in soil seed banks. **Science of the Total Environment**, v. 753, p. 141934, 2021.
- MELAKU, Alebel.; IVARS, Juan. Pastor.; SAHLE, Mesfin. The state-of-the-art and future research directions on sacred forests and ecosystem services. **Environmental Management**, v. 71, n. 6, p. 1255-1268, 2023.
- MENDOZA, E.; FAY, J.; DIRZO, R. A quantitative analysis of forest fragmentation in Los Tuxtlas, southeast Mexico: patterns and implications for conservation. **Revista Chilena de Historia Natural**, v. 78, n. 3, p. 451-467, 2005.
- MERTZLUFFT, C.; MADDEN, M.; GOTTDENKER, N.; RUNK, V. J.; SALDAÑA, A.; TANNER, S.; CALZADA, J.; YAO, X. Landscape Disturbance Impacts on Attalea Butyracea Palm Distribution in Central Panama: Implications for Chagas Disease Transmission. 2020. DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-42119/v1>.
- MITJA, D.; DELAÎTRE, E.; SANTOS, A. M.; MIRANDA, I.; COELHO, R. F. R.; MACEDO, D. J.; DEMAGISTRI, L.; PETIT, M. Satellite images combined with field data reveal negative changes in the distribution of babassu palms after clearing off Amazonian forests. **Environmental Management**, v. 61, p. 321-336, 2018.
- MONTÚFAR, R.; ANTHELME, F.; PINTAUD, J. C.; BALSLEV, H. Disturbance and resilience in tropical American palm populations and communities. **The Botanical Review**, v. 77, n. 4, p. 426-461, 2011.
- MORAIS, Tainá Madalena Oliveira de.; BERENGUER, Erika.; BARLOW, Jos.; FRANÇA, Filipe.; LENNOX, Gareth D.; MALHI, Yadvinder.; ROSSI, Liana Chesini.; SEIXAS, Marina Maria Moraes de.; FERREIRA, Joice. Leaf-litter production in human-modified Amazonian forests following the El Niño-mediated drought and fires of 2015–2016. **Forest Ecology And Management**, [S.l.], v. 496, p. 119441, set. 2021.

MUTOKO, M. C.; HEIN, L.; SHISANYA, C. A. Conservação da floresta tropical versus compensações de conversão: Insights da análise dos serviços ecossistêmicos fornecidos pela floresta tropical de Kakamega no Quênia. **Serviços Ecossistêmicos**, v. 14, p. 1-11, 2015.

MUSCARELLA, Robert *et al.* The global abundance of tree palms. **Global Ecology and Biogeography**, v. 29, n. 9, p. 1495-1514, 2020.

NASCIMENTO, Jayne Soares Martins do *et al.* Mudanças no Uso do Solo na Amazônia Ocidental e a Resposta do Microclima à Ocorrência de Eventos Extremos. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, p. 135-145, 2020.

NEPSTAD, D.; CARVALHO, G.; BARROS, C. A.; ALENCAR, A.; CAPOBIANCO, P. J.; BISPO, J.; MOUTINHO, P.; LEFEBVRE, P.; SILVA, L. U.; PRINS, E. Road paving, fire regime feedbacks, and the future of Amazon forests. **Forest Ecology and Management**, v. 154, n. 3, p. 395-407, 2001.

PADOCH, C.; PINEDO-VASQUEZ, M. Saving slash-and-burn to save biodiversity. **Biotropica**, v. 42, n. 5, p. 550-552, 2010.

PEDROSO JÚNIOR, P. N.; MURRIETA, S. S. R.; ADAMS, C. A agricultura de corte e queima: um sistema em transformação. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, Belém, v. 3, n. 2, p. 153-174, ago. 2008.

PEREIRA, C. A.; TABARELLI, M.; BARROS, M. F.; VIEIRA, I. C. G. Restoring fire-degraded social forests via biocultural approaches: a key strategy to safeguard the Amazon legacy. **Restoration Ecology**, v. 31, n. 8, p. e13976, 2023.

PEREIRA, C. A. **Incêndios, Degradação E Restauração Biocultural De Florestas Sociais Na Reserva Extrativista Tapajós-Arapiuns, Oeste Do Pará**. 2023. 134 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) - Instituto de Geociência, Universidade Federal do Pará, Belém, 2023.

PIVELLO, Vânia R. The use of fire in the Cerrado and Amazonian rainforests of Brazil: past and present. **Fire Ecology**, v. 7, p. 24-39, 2011.

PIVELLO, V. R.; VIEIRA, I. C. G.; CHRISTIANINI, A. V.; RIBEIRO, D. B.; MENEZES, L. S.; BERLINCK, C. N.; MELO, F. P. L.; MARENGO, J. A.; TORNQUIST, C. G.; TOMAS, W. M. Understanding Brazil's catastrophic fires: causes, consequences and policy needed to prevent future tragedies. **Perspectives In Ecology And Conservation**, [S.l.], v.19, n.3, p.233-255, 2021.

PIMENTEL, M. S.; MARTORANO, L. G.; MARTINS, A. C. C. T.; WATRIN, O. dos S.; PONTES, A. N.; BARBOSA, A. M. da S.; MORAES, J. R. da S. C. de.; APARECIDO, L. E. de O. Expressões fenológicas de palmeiras em coleções botânicas associadas às condições pluviais na Floresta Tapajós. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v. 9, n. 5, p. 39-50, 2018.

- PRIETO, P. V.; SANSEVERO, J. B. B.; GARBIN, M. L.; BRAGA, J. M. A.; RODRIGUES, P. J. F. P. Edge effects of linear canopy openings on understorey communities in a lowland Atlantic tropical forest. **Applied Vegetation Science**, v. 17, n. 1, p. 121-128, 2014.
- PORTELA, Rita de Cássia Quitete; COLMENARES-TREJOS, Sara Lucía; MATTOS, Eduardo de. Arcoverde. Linking plant functional traits to demography in a fragmented landscape. **Frontiers in Forests and Global Change**, v. 4, e 717406, 2021.
- PROTÁSIO, T. de P.; BUFALINO, L.; TONOLI, G. H. D.; COUTO, A. M.; TRUGILHO, P. F.; GUIMARÃES JÚNIOR, M. Relação entre o poder calorífico superior e os componentes elementares e minerais da biomassa vegetal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, [S. l.], v. 31, n. 66, p. 113, 2011.
- PROTÁSIO, de P. T. *et al.* Assessing proximate composition, extractive concentration, and lignin quality to determine appropriate parameters for selection of superior Eucalyptus firewood. **BioEnergy Research**, v. 12, p. 626-641, 2019.
- QUEENBOROUGH, S. A.; METZ, M. R.; WIEGAND, T.; VALENCIA, R. Palms, peccaries and perturbations: widespread effects of small-scale disturbance in tropical forests. **BMC Ecology**, v. 12, p. 1-15, 2012.
- REIS, C. R.; JACKSON, T. D.; GORGENS, E. B.; DALAGNOL, R.; JUCKER, T.; NUNES, M. H.; OMETTO, J. P.; ARAGÃO, L. E.; RODRÍGUEZ, L. C. E.; COOMES, D. A. Forest disturbance and growth processes are reflected in the geographical distribution of large canopy gaps across the Brazilian Amazon. **Journal of Ecology**, v. 110, n. 12, p. 2971-2983, 2022.
- READ, T. R.; BELLAIRS, S. M. The vascular flora of central Queensland saltmarsh communities. **Proceedings of the Royal Society of Queensland**, 1999.
- RIBEIRO, Luciene *et al.* Zoneamento de riscos de incêndios florestais para a Fazenda Experimental do Canguiri, Pinhais (PR). **Floresta**, v. 38, n. 3, p. 561-57, 2008.
- ROCHA, Gustavo PE; VIEIRA, Daniel LM; SIMON, Marcelo F. Fast natural regeneration in abandoned pastures in southern Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v. 370, p. 93-101, 2016.
- SALM, Rodolfo; JARDIM, Mário Augusto Gonçalves; ALBERNAZ, Ana Luisa Kerti Mangabeira. Abundância e diversidade de palmeiras no Distrito Florestal Sustentável da rodovia BR-163, Pará, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 11, p. 99-105, 2011.
- SALM, Rodolfo; JALLES-FILHO, Euphly; SCHUCK-PAIM, Cynthia. A model for the importance of large arborescent palms in the dynamics of seasonally-dry Amazonian forests. **Biota Neotropica**, v. 5, p. 151-156, 2005.
- SANSEVERO, J. B. B.; GARBIN, M. L.; SÁNCHEZ TAPIA, A.; VALLADARES, F.; SCARANO, F. R. O fogo leva pastagens abandonadas a um estado de savana na Mata Atlântica brasileira. **Perspectivas em Ecologia e Conservação**, 18 (1), 31-36, 2020.

- SILVA, B. C. F. Lima.; VIEIRA, S. C. H.; MATIAS, R.; OLIVEIRA, A. K. M.de. Palm trees native to the Cerrado: the antimicrobial potential of the attalea genus - review. **International Journal of Environmental Resilience Research and Science**, v. 4, n. 3, p. 1-11, 2022.
- SILVA, C. H. L.; ARAGÃO, L. E. O. C.; FONSECA, M. G.; ALMEIDA, C. T.; VEDOVATO, L. B.; ANDERSON, L. O. Deforestation-induced fragmentation increases forest fire occurrence in central Brazilian Amazonia. **Forests**, v. 9, n. 6, 2018.
- SILVA, Maurício *et al.* A transformação do espaço amazônico e seus reflexos na condição atual da cobertura e uso da terra. **Novos Cadernos NAEA**, v. 16, n. 1, 2013.
- SILVÉRIO, Divino. V. et al. Fire, fragmentation, and windstorms: A recipe for tropical forest degradation. **Journal of Ecology**, v. 107, n. 2, p. 656-667, 2019.
- SOUSA, T. R.; COSTA, F. R. C.; BENTOS, T. V.; LEAL FILHO, N.; MESQUITA, R. C. G.; RIBEIRO, I. O. The effect of forest fragmentation on the soil seed bank of Central Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v. 393, p. 105-112, 2017.
- SCARFF, F.; WESTOBY, M. Leaf litter flammability in some semi-arid Australian woodlands. **Functional Ecology**, p. 745-752, 2006.
- SCARIOT, Aldicir. Forest fragmentation effects on palm diversity in central Amazonia. **Journal of Ecology**, v. 87, n. 1, p. 66-76, 1999.
- SMITH, N. *Attalea spectabilis*. **Palms and People in the Amazon**, p. 147-152, 2015.
- SPÍNOLA, Jackeline Nóbrega *et al.* A shared perspective on managing Amazonian sustainable-use reserves in an era of megafires. 2020.DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13690>
- SOUZA, A. F. de. **Aspectos da dinamica de populações da palmeira Attalea humilis Mart. ex. Spreng. em fragmentos de Floresta Atlantica sujeitos a fogo**. 2000. 187f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, 2000.
- TABARELLI, M.; AGUIAR, A. V.; GIRÃO, L. C.; PERES, C. A.; LOPES, A. V. Effects of pioneer tree species hyperabundance on forest fragments in northeastern Brazil. **Conservation Biology**, v. 24, n. 6, p. 1654-1663, 2010.
- TAPIA-ARMIJOS, F. M; HOMEIER, J.; ESPINOSA, I. C.; LEUSCHNER, C.; CRUZ, Ia de. M. Deforestation and forest fragmentation in South Ecuador since the 1970s—losing a hotspot of biodiversity. **Plos One**, v. 10, n. 9, p. e0133701, 2015.
- TER STEEGE, Hans *et al.* Hyperdominance in the Amazonian tree flora. **Science**, v. 342, n. 6156, p. 1243092, 2013.
- TIMMERMANN, A. El Niño—southern oscillation complexity. **Nature**, v. 559, n. 7715, p. 535-545, 2018.
- UHL, C.; KAUFFMAN, J. B. Deforestation, fire susceptibility, and potential tree responses to fire in the eastern Amazon. **Ecology**, v. 71, n. 2, p. 437-449, 1990.

- VAN DE MEER, P. J. *et al.* Compositional response of Amazon forests to climate change. **Global Change Biology**, 2019. DOI: <https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/15323>
- VALE, Igor do. *et al.* Conservation potential of shade-tolerant forest species in agricultural mosaics in the eastern Brazilian Amazon. **Acta Amazonica**, v. 50, p. 124-132, 2020.
- VALE, Igor do. *et al.* Riqueza de plantas em mosaicos rurais na região do arco do desmatamento, Amazônia Oriental, Brasil. **Revista Espacios**, v. 38, n. 36, p. 29, 2017.
- VERNE, J.; I.; LECONTE, R.; ALVAREZ, U. H.; HUMERY, A. S. M.; GALARNEAU, M.; SERVAIS, P.; PRÉVOST, M.; DORNER, S. Impacts of global change on the concentrations and dilution of combined sewer overflows in a drinking water source. **Science of the Total Environment**, v. 508, p. 462-476, 2015.
- WEES, V. D.; VAN DER WERF, G. R., RANDERSON, J. T., ANDELA, N., CHEN, Y., MORTON, D. C. The role of fire in global forest loss dynamics. **Global Change Biology**, v. 27, n. 11, p. 2377-2391, 2021.
- WITHEY, Kieran *et al.* Quantifying immediate carbon emissions from El Niño-mediated wildfires in humid tropical forests. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 373, n. 1760, p. 20170312, 2018.
- WILLIAMS-LINERA, Guadalupe. Vegetation structure and environmental conditions of forest edges in Panama. **The Journal of Ecology**, p. 356-373, 1990.
- ZICCARDI, L. G.; GRAÇA, P. M. L. De A.; FIGUEIREDO, E. O.; YANAI, A. M.; FEARNSIDE, P. M. Community composition of tree and palm species following disturbance in a forest with bamboo in southwestern Amazonia, Brazil. **Biotropica**, v. 53, n. 5, p. 1328-1341, 2021.

## APÊNDICE A

Tabela S1- Resultados das correlações para par do pós-test da análise de variância kruskal-wallis para abundância e riqueza de palmeiras em diferentes de uma floresta antropizada. Resex Tapajós-Arapiuns, Santarém – Pará.

	habitats						kruskal-wallis valor p
	C-Fq	Fq-Fs	Fs-Rc	Fq-Rc	C-Fs	C-Rc	
Abundância de palmeira	1	1	1	0,96	1	1	0,005*
Riqueza de palmeira	0,016*	0,134	0,249	1	1	0,078	0,521

\* Nível de significância de 5%, valor-p  $\leq$  0,05. Controle (C), Floresta queimada (Fq), Floresta secundaria (Fs), Roça (RC).

Tabela S2 - Resultado das correlações para par do pós-test da análise de variância kruskal-wallis para abundâncias de palmeiras em diferentes habitats de uma floresta antropizada. Resex Tapajós-Arapiuns, Santarém – Pará.

	habitats						kruskal-wallis valor p
	C-Fq	Fq-Fs	Fs-Rc	Fq-Rc	C-Fs	C-Rc	
<i>Attalea spectabilis</i> Mart.	0.001	0,02	0.302	1	0.930	0.100	0.001*
<i>Attalea maripa</i> (Aubl.) Mart.	1	1	1	1	0.024	0.045	0.014*
<i>Astrocaryum vulgare</i> Mart.	-	0.10	0.79	0.75	0.26	1	0.024*
<i>Syagrus cocoides</i> Mart.	1	1	1	1	1	1	0.795*
<i>Astrocaryum gynacanthum</i> Mart.	1	1	1	1	1	1	0.764*
<i>Astrocaryum aculeatum</i> G.Mey.	-	1	1	0.75	1	1	0.230*
<i>Bactris coccinea</i> Barb.Rodr.	1	1	1	1	1	1	0.633*
<i>Oenocarpus bacaba</i> Mart.	1	1	1	0.2	1	1	0.217*
<i>Desmoncus orthacanthos</i> Mart.	-	1	1	-	1	-	0.562*
<i>Bactris maraja</i> Mart.	0.80	-	-	-	0.47	0.51	0.122*

\* Nível de significância de 5%, valor-p  $\leq 0,05$ . Contole (C), Floresta queimada (Fq), Floresta secundaria (Fs), Roça (RC).

Tabela S3 - Resultado das correlações para par do pós-test das análises de variância kruskal-wallis e ANOVA para atributos de qualidade de combustão dos materiais coletados de palha e serrapilheira em diferentes habitats diferentes de uma floresta antropizada. Resex Tapajós-Arapiuns, Santarém – Pará.

	habitats						kruskal-wallis	valor p
	C-Cu	Fqd-Cu	Fqd-Fqu	Fqu-Fs	Cu-Fs	Cu-fqu		
Massa inicial	1	1	1	1	1	1	0.757	
Massa final	0.007	1	1	1	0.005	0.004	0.001*	
Tempo da chama	1	1	1	1	1	1	0.622	
Altura da chama	1	1	0.045	1	1	1	0.047*	
	C-Cu	Fqd-Cu	Fs-C	Fqu-Fs	Fs-Fqd	Cu-Fqu	ANOVA	valor p
Pico de temperatura	0.012	0.021	1	0.037	1	0.001	0.000 *	
Tempo de brasa	0.000	0.000	0.023	1	0.005	0.000	0.000*	

\* Nível de significância de 5%, valor-p  $\leq 0,05$ . Contole (C), Floresta queimada uma vez (Fqu), Floresta secundaria (Fs), Floresta queimada duas vezes (Fqd) Cu (Cu).

Tabela 4 - Resultado das correlações para par do pós-test da análise de variância kruskal-wallis para atributos combustão dos materiais coletados de palha e serrapilheira em diferentes habitats de uma floresta social.

	habitats						kruskal-wallis valor p
	C-Cu	Fs-C	Fqd-Cu	Fqu-Cu	Cu-Fs	C-Fqu	
Carbono fixo	0.001	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000*
Materiais voláteis	0.000	0.024	0.000	0.000	0.000	1	0.000*

\* Nível de significância de 5%, valor-p  $\leq 0,05$ . Controle (C), Floresta queimada uma vez (Fqu), Floresta secundaria (Fs), Floresta queimada duas vezes (Fqd) Cu (Cu).