

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA**  
**PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

**HELIO BRITO DOS SANTOS JUNIOR**

**FITOSSOCIOLOGIA E PROPRIEDADES FÍSICAS DA LITEIRA EM**  
**ECOSSISTEMA SUCESSIONAL DE FLORESTA ALTERADA**  
**NA AMAZÔNIA ORIENTAL**

**BELÉM-PA**

**2020**

**HELIO BRITO DOS SANTOS JUNIOR**

**FITOSSOCIOLOGIA E PROPRIEDADES FÍSICAS DA LITEIRA EM  
ECOSSISTEMA SUCESSIONAL DE FLORESTA ALTERADA  
NA AMAZÔNIA ORIENTAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia-UFRA, como parte das exigências do curso de mestrado em ciências florestais, área de concentração ecologia e ecofisiologia de árvores, para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais

**Orientador: Professor Francisco de Assis Oliveira**

BELÉM-PA

2020

---

SANTOS JUNIOR, H. B.

Fitossociologia e propriedades físicas da liteira em ecossistema sucessional de floresta alterada na Amazônia Oriental/ Helio Brito dos Santos Junior. – Belém, 2020.  
58 f.

Dissertação (Mestrado em ciências florestais) – Universidade Federal Rural da Amazônia, 2020. Orientador: Prof. Francisco de Assis Oliveira.

1. Manejo da liteira; 2. Florestas secundárias; 3. Biogeoquímico; 4 Amazônia Oriental, I. Título.  
CDD-

---

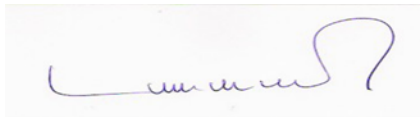
**HELIO BRITO DOS SANTOS JUNIOR**

**FITOSSOCIOLOGIA E PROPRIEDADES FÍSICAS DA LITEIRA EM  
ECOSSISTEMA SUCESSIONAL DE FLORESTA ALTERADA  
NA AMAZÔNIA ORIENTAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia-UFRA, como parte das exigências do curso de mestrado em ciências florestais, área de concentração ecologia e ecofisiologia de árvores, para obtenção do título de Mestre em Ciências.


Aprovado em 20 de dezembro de 2020

**BANCA EXAMINADORA**



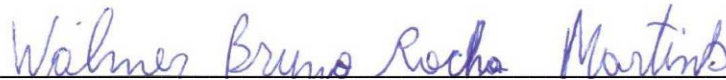
---

Professor Francisco de Assis Oliveira - Orientador  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA



---

Dr. Gustavo Schwartz – 1º Examinador  
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL



---

Dr. Walmer Bruno Rocha Martins – 2º Examinador  
PESQUISADOR EXTERNO



---

Professor Manoel Tavares de Paula – 3º Examinador  
PESQUISADOR EXTERNO

## RESUMO

As propriedades físicas são analisadas para entender o papel da liteira em regime de manipulação experimental no ecossistema sucessional de floresta (ESF). Neste ecossistema foi avaliados três tratamentos CTL=Controle, REM=Remoção de liteira e IRR=Irrigação. Desta forma, a questão foi: Existem diferenças em magnitude das propriedades físicas entre os tratamentos, após 12 anos?. E a hipótese (h): Se as manipulações de REM e IRR, alterou o metabolismo dos ecossistemas, logo nesses sistemas biológicos poderão ter ocorrido diferenças nas propriedades físicas da liteira. Com isso, o objetivo foi avaliar as propriedades físicas da liteira, 12 anos após o término do experimento de REM e IRR. O estudo foi realizado nas parcelas experimentais do Projeto MANFLORA, UFRA de Castanhal, nordeste do Pará. Cada tratamento apresentava 4 parcelas de 20x20m e com auxílio de um coletor metálico foi coletado 40 amostras/tratamento durante quatro meses. Nos tratamentos foi realizado a caracterização fitossociológica (CAP>5). As variáveis analisadas das propriedades físicas foram: o armazenamento de liteira ( $Mg\ ha^{-1}$ ), densidade ( $g\ cm^{-3}$ ), espessura (cm) e a capacidade de retenção hídrica (%). O delineamento utilizado foi o inteiramente causalizado 3x4. Os resultados da fitossociologia mostraram valores mais expressivos para *Lacistema pubescens* nos tratamentos CTL e REM, enquanto que *Pourouma guianensis* no tratamento IRR. Nos grupos ecológicos, CTL e IRR apresentaram predomínio de espécies secundárias e pioneiras, enquanto que REM foi secundárias e clímax, sendo essas características os fatores determinantes para o entendimento do armazenamento de liteira. As análises das magnitudes de valores médios das propriedades físicas constatou-se que à hipótese foi aceita (ANOVA,  $p < 0,05$ ), ou seja, após 12 anos do fim dos tratamentos ainda existe diferença entre os tratamentos. Além disso, houve a recuperação e o equilíbrio entre REM e IRR, ambos com maiores valores, compreendendo que o efeito do REM favoreceu sua evolução ecológica.

Palavras-chave: Manejo da liteira; Floresta secundária; biogeoquímico; Amazônia oriental

## ABSTRACT

The physical properties are analyzed to understand the role of litter in experimental manipulation regime in the successional ecosystem of forest (ESF). In this ecosystem, three treatments: CTL=Control, REM=Litter removal and IRR=Irrigation were evaluated. Thus, the question was: Is there a difference in magnitude of physical properties between treatments after 12 years?. And the hypothesis (h): If the manipulations of REM and IRR altered the metabolism of ecosystems, so in these biological systems there may have been differences in the physical properties of litter. Therefore, the objective was to evaluate the physical properties of litter 12 years after the end of the REM and IRR experiment. The study was carried out in the experimental plots of the MANFLORA Project, UFRA of Castanhal, northeastern Pará. Each treatment presented 4 plots of 20x20m and with the help of a metallic collector, 40 samples/treatment were collected during four months. Phytosociologic characterization (CAP>5) was performed in the treatments. The variables analyzed of physical properties were: litter storage ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ), density ( $\text{g cm}^{-3}$ ), thickness (cm) and water retention capacity (%). The design used was fully causalized 3x4. The results of phytosociology showed more expressive values for *Lacistema pubescens* in the treatments CTL and REM, while *Pourouma guianensis* in the IRR treatment. In the ecological groups, CTL and IRR showed a predominance of secondary and pioneer species, while REM was secondary and climax, and these characteristics were the determining factors for understanding litter storage. The analyses of the magnitudes of mean values of the physical properties found that the hypothesis was accepted (ANOVA,  $p < 0.05$ ), that is, after 12 years of the end of the treatments there is still a difference between the treatments. In addition, there was the recovery and balance between REM and IRR, both with higher values, understanding that the effect of REM favored its ecological evolution.

Keywords: Litter management; secondary forest; biogeochemical processes, estern Amazonia

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1**– Representação vetorial do município de Castanhal, nordeste o Estado do Pará, com ênfase na área de estudo das parcelas experimentais do projeto MANFLORA, situada no planalto interfluvial na margem direita do rio Praquiçara ( $1^{\circ} 19' 16''$  S,  $47^{\circ} 57' 50''$  W), afluente da margem direita do rio Apeú na Estação de Piscicultura de Castanhal (EPC) - UFRA, CASTANHAL, PARÁ. ....19
- Figura 2**- Dados climatológicos convencional do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET: ESTAÇÃO METEOROLÓGICA A202-CASTANHAL (Latitude:  $-1.3$  S, Longitude:  $-47.95$  W), referente ao período de janeiro a dezembro de 2019 (INMET, 2019). ....20
- Figura 3**- Design das parcelas experimentais do projeto MANFLORA (CTL= controle; REM= remoção de liteira; IRR= irrigação), situado no planalto interfluvial na margem direita do rio Praquiçara ( $1^{\circ} 19' 16''$  S,  $47^{\circ} 57' 50''$  W), afluente da margem direita do rio Apeú na Estação de Piscicultura de Castanhal (EPC) - UFRA, CASTANHAL, PARÁ. ....22
- Figura 4**- Ordem cronológica da área de estudo com ênfase nas parcelas experimentais (CTL= controle; REM= remoção de liteira; IRR= irrigação) do projeto MANFLORA situada no planalto interfluvial na margem direita do rio Praquiçara ( $1^{\circ} 19' 16''$  S,  $47^{\circ} 57' 50''$  W), afluente da margem direita do rio Apeú na Estação de Piscicultura de Castanhal (EPC) - UFRA, CASTANHAL, PARÁ. ....23
- Figura 5**- Procedimento de determinação de propriedades físicas da liteira: a) espessura da liteira (cm), e b) coleta da matriz biogeoquímica da liteira (massa da liteira) no ecossistema sucessional de floresta (ESF), no planalto interfluvial na margem direita do rio Praquiçara ( $1^{\circ} 19' 16''$  S,  $47^{\circ} 57' 50''$  W), afluente da margem direita do rio Apeú na Estação de Piscicultura de Castanhal (EPC)-UFRA, CASTANHAL, PARÁ. ....25
- Figura 6**- Procedimento laboratorial de determinação de armazenamento de liteira ( $Mg\ ha^{-1}$ ) A) Frações da liteira (folhosa e lenhosa); B) Secagem das amostras na estufa com circulação e renovação de Ar (SL-102); C) Determinação da massa seca da liteira na balança analítica (Ohaus – ARA 520), UFRA, Belém, Pará, 2019. ....26
- Figura 7**- Procedimento laboratorial de determinação da capacidade de retenção hídrica (%) da massa de liteira coletada nas parcelas dos tratamentos CTL= controle; REM= remoção de liteira; IRR= irrigação. A) massa de liteira submersas em águas por 90min; B) retirada do excesso de água por 30min, UFRA, Belém, Pará, 2019. ....27
- Figura 8**- Distribuição em (%) dos grupos ecológicos das espécies encontradas no inventário amostral dos tratamentos CTL= Controle; REM= Remoção de liteira; IRR= Irrigação, situada nos experimentos do projeto MANFLORA, no planalto interfluvial na margem direita do rio

Praiquara (1° 19' 16" S, 47° 57' 50" W), afluyente da margem direita do rio Apeú na Estação de Piscicultura de Castanhal (EPC)-UFRA,CASTANHAL,PARÁ. .... 30

**Figura 9-** Média  $\pm$  EP do armazenamento de liteira ( $Mg\ ha^{-1}$ ) em quatro meses avaliados no ano de 2019, nos tratamentos CTL= controle, REM= remoção de liteira e IRR= irrigação; situada nos experimentos do projeto MANFLORA, no planalto interfluvial na margem direita do rio Praiquara (1° 19' 16" S, 47° 57' 50" W), afluyente da margem direita do rio Apeú na Estação de Piscicultura de Castanhal (EPC) - UFRA, CASTANHAL, PARÁ. Médias seguidas de seus respectivos erros padrões com letras maiúsculas mostram a relação entre os tratamentos no mesmo mês; e letras minúsculas mostram a relação de cada tratamentos nos meses avaliados, testado estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). .... 31

**Figura 10-** Quantidade total coletada em ( $Mg\ ha^{-1}$ ) da matriz biogeoquímica da liteira (massa seca) e a massa das frações folhosa e lenhosa da liteira referentes aos quatro meses avaliados nos tratamentos CTL = controle, REM = remoção de liteira e IRR = irrigação, ano de 2019. situada nos experimentos do projeto MANFLORA, no planalto interfluvial na margem direita do rio Praiquara (1° 19' 16" S, 47° 57' 50" W), afluyente da margem direita do rio Apeú na Estação de Piscicultura de Castanhal (EPC) - UFRA, CASTANHAL, PARÁ. .... 32

**Figura 11-** Densidade ( $g\ cm^{-3}$ ) e espessura (cm) do armazenamento de liteira em quatro meses avaliados no ano de 2019, nos tratamentos CTL= controle, REM= remoção de liteira e IRR= irrigação. situada nos experimentos do projeto MANFLORA, no planalto interfluvial na margem direita do rio Praiquara (1° 19' 16" S, 47° 57' 50" W), afluyente da margem direita do rio Apeú na Estação de Piscicultura de Castanhal (EPC) - UFRA, CASTANHAL, PARÁ. Médias seguidas de seus respectivos erros padrões com letras maiúsculas mostram a relação entre os tratamentos no mesmo mês; e letras minúsculas mostram a relação de cada tratamentos nos meses avaliados, testado estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). .... 33

**Figura 12-** Capacidade de retenção hídrica (%) em quatro meses avaliados no ano de 2019, nos tratamentos CTL= controle, REM= remoção de liteira e IRR= irrigação. situada nos experimentos do projeto MANFLORA, no planalto interfluvial na margem direita do rio Praiquara (1° 19' 16" S, 47° 57' 50" W), afluyente da margem direita do rio Apeú na Estação de Piscicultura de Castanhal (EPC) - UFRA, CASTANHAL, PARÁ. Médias seguidas de seus respectivos erros padrões com letras maiúsculas mostram a relação entre os tratamentos no mesmo mês; e letras minúsculas mostram a relação de cada tratamentos nos meses avaliados, testado estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). .... 33



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1-</b> Análise bibliométrica do armazenamento da matriz biogeoquímica ( $Mg\ ha^{-1}$ ) de liteira, encontrada nas cidades e estados brasileiros, e seus respectivos ecossistemas sucessionais florestais (Secundária Inicial, Secundária Média e Secundária Avançada). .....	15
<b>Tabela 2-</b> Análise bibliométrica da retenção hídrica (%) da massa seca de liteira, encontrada nas cidades/Pais e seus respectivos ecossistemas sucessionais florestais (Secundária Inicial, Secundária Média e Secundária Avançada). .....	16
<b>Tabela 3-</b> Análise bibliométrica das concentrações químicas ( $g\ Kg^{-1}$ ) presente na massa seca de liteira, encontrada nas cidades e estados brasileiros, e seus respectivos ecossistemas sucessionais florestais (Secundária Inicial, Secundária Média e Secundária Avançada). .....	18
<b>Tabela 4-</b> Fitossociologia das dez espécies com maiores índices de valores de importância (IVI), verificadas no inventário amostral das parcelas CTL= controle, REM= remoção de liteira e IRR= irrigação, situada nos experimentos do projeto MANFLORA, no planalto interfluvial na margem direita do rio Praquiara ( $1^{\circ}\ 19'\ 16''\ S$ , $47^{\circ}\ 57'\ 50''\ W$ ), afluenta da margem direita do rio Apeú na Estação de Piscicultura de Castanhal (EPC) - UFRA, CASTANHAL, PARÁ. ....	29

## LISTA DE EQUAÇÕES

- Equação 1** -  $DR_i$  = Densidade relativa da  $i$ -ésima espécie (%);  $DA_i$  = densidade absoluta da  $i$ -ésima espécie (ind./hectare);  $N_i$  = número de indivíduos amostrados da  $i$ -ésima espécie;  $A$  = área total amostrada, em hectare;  $DT$  = densidade total (soma das densidades de todas as espécies amostradas).....23
- Equação 2** -  $FR_i$  = Frequência relativa da  $i$ -ésima espécie (%);  $FA_i$  = frequência absoluta da  $i$ -ésima espécie;  $P_i$  = número de parcelas com ocorrência da  $i$ -ésima espécie;  $P$  = número total de parcelas. ....24
- Equação 3** -  $DoR_i$  = Dominância relativa da  $i$ -ésima espécie (%);  $DoA_i$  = dominância absoluta da  $i$ -ésima espécie;  $DAP$  = diâmetro a altura do peito (m);  $A$  = área total amostrada, em hectare;  $DoT$  = dominância total, em  $m^2 ha^{-1}$  .....24
- Equação 4** -  $IVI_i$  = Índice de valor de importância (%);  $DR_i$  = densidade relativa da  $i$ -ésima espécie (%);  $DoR_i$  = dominância relativa da  $i$ -ésima espécie (%);  $FR_i$  = frequência relativa da  $i$ -ésima espécie (%).....24
- Equação 5** -  $Et$  = Armazenamento de liteira ( $Mg ha^{-1}$ );  $Msl$  = massa seca da liteira (g);  $A$  = Área ( $m^2$ ) do coletor .....25
- Equação 6** -  $Es$  = Estimativa espessura (cm) da liteira;  $Li$  = leitura da espessura em cada lado do coletor metálico (cm);  $e n$  = número de leituras por amostra .....25
- Equação 7** -  $D$  = Densidade da liteira ( $g cm^{-3}$ );  $Msl$  = massa seca da liteira (g);  $V$  = volume ( $cm^3$ ) do coletor.....27
- Equação 8** -  $CRH$  = Capacidade de Retenção Hídrica (%);  $MU$  = Massa úmida após submersão em água (g);  $MS$  = Massa seca (g). ....27

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>13</b>
2.1. Objeto geral .....	13
2.2. Objetivos específicos .....	13
<b>3. REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>13</b>
<b>4. ÁREA DE ESTUDO</b> .....	<b>19</b>
4.1. Geologia e Geomorfologia (Relevo) .....	19
4.2. Pedologia (Solo).....	20
4.3. Climatologia (Clima).....	20
4.4. Ecossistemas (florística) .....	21
<b>5. MÉTODOS</b> .....	<b>21</b>
5.1. Delineamento experimental e estatística.....	21
5.2. Descrição dos procedimentos experimentais.....	22
5.3. Procedimento de Campo .....	23
5.3.1. Caracterização fitossociológica .....	23
5.3.2. Coleta da Liteira.....	24
5.4. Procedimento laboratorial .....	24
5.4.1. Propriedades físicas da liteira .....	24
<b>6. RESULTADOS</b> .....	<b>28</b>
6.1. Caracterização fitossociológica.....	28
6.2. Propriedades físicas da liteira .....	30
<b>7. DISCUSSÃO</b> .....	<b>34</b>
7.1. Caracterização fitossociológica.....	34
7.2. Propriedades físicas da liteira .....	36
<b>8. CONCLUSÃO</b> .....	<b>39</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>40</b>
<b>Apêndice</b> .....	<b>50</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A liteira é todo material de origem vegetal e animal acumulado sobre o solo florestal, originada dos componentes senescentes das plantas, como as folhas, fragmentos de casca, galhos, flores, inflorescências, frutos, e carcaças de animais mortos (HILLMAN; GOLDING, 1981; LONGHI et al., 2011). Dentro de um ecossistema, ela atua como um sistema de entrada e saída no ciclo biogeoquímico, a entrada é marcada pelo fluxo dos materiais vegetativos e sua decomposição; enquanto que a saída, pelo retorno dos nutrientes contido na liteira ao metabolismo das plantas (KIMMINS, 1987; RODRIGUES; MARTINS; LEITE, 2010; VENDRAMI et al., 2012).

Os atributos físicos da liteira no ecossistema florestal, possui um potencial de modificação ecológica, pois uma vez estocada favorece a germinação de espécies intolerantes a luminosidade. Além disso, reduz as elevadas temperaturas do solo, beneficiando a atividade da fauna decompositora e contribui na diminuição da erosão e lixiviação através da sua capacidade de retenção hídrica (FACELLI; PICKETT, 1991; LIMA et al., 2015). Com isso, a análise das propriedades físicas como do armazenamento, espessura, densidade e capacidade de retenção hídrica, contribui para o entendimento do ecossistema florestal (OLIVEIRA, 2005; SANTOS et al., 2017; MENDOZA et al., 2018).

A quantificação das propriedades físicas da liteira é afetada por fatores abióticos como temperatura e precipitação pluviométrica, e biótico como a composição florística do ecossistema (ZHANG et al., 2014). As diferenças no armazenamento da liteira estão relacionadas a intensidade de distúrbio da floresta (PARTON; STEWART; COLE, 1988; FERNANDES et al., 2006). Por isso, suas análises são indicadores de níveis ecológicos, podendo ser utilizados para mostrar o equilíbrio e o funcionamento ecológico do ecossistema.

Neste contexto, estudos do projeto MANFLORA foram elaborados como forma de mostrar a importância da liteira no entendimento do ecossistema, especialmente em áreas que apresentaram manejo da liteira (VASCONCELOS et al., 2004; ARAÚJO et al., 2005; RANGEL-VASCONCELOS et al., 2005; VASCONCELOS et al., 2007; VASCONCELOS et al., 2008; FORTINI et al., 2010; LIMA; MIRANDA; VASCONCELOS, 2010; LIMA; MIRANDA; VASCONCELOS, 2012; VASCONCELOS et al., 2012). Esse projeto foi iniciado em 1999 e constituía de três tratamentos que foram realizados durante 8 anos, 1º) Testemunha-controle; 2º) Processo de retirada total da liteira armazenada no solo - remoção de liteira e 3º) Sistema de irrigação na liteira em períodos de estiagem - irrigação. Os estudos acima mostraram diferenças entre os tratamentos e com base nisto esta dissertação visa avaliar os tratamentos

através das propriedades físicas da liteira, afim de verificar como encontrasse esses experimentos 12 anos após o termino.

Assim, as questões científicas que nortearam a presente pesquisa foram: (q) Existem diferenças em magnitude das propriedades físicas entre os tratamentos, após 12 anos?

Com isso, a seguinte hipótese testada foi: (h) Se as manipulações de remoção da liteira e irrigação, alterou o metabolismo dos ecossistemas, ao nível das parcelas manipuladas, logo nesses sistemas biológicos poderão ter ocorrido diferenças detectáveis nas propriedades físicas da liteira.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

Avaliar as propriedades físicas da liteira, 12 anos após o término do experimento de remoção e irrigação de liteira.

### **2.2. Objetivos específicos**

- a) Caracterizar a fitossociologia (FR%, DR%, DOM% e IVI%) de cada tratamento e classificar quanto aos grupos ecológicos (Pioneiras, Secundárias e Clímax);
- b) Comparar as propriedades físicas da liteira (armazenamento, densidade e capacidade de retenção hídrica) entre os tratamentos e entre os meses de coleta;

## **3. REVISÃO DA LITERATURA**

A Amazônia brasileira tem um grande potencial faunístico e florístico; no entanto, a crescente redução das florestas causadas por incêndios, corte de árvores para o comércio e devastação de terras para o uso da agropecuária vem afetando diretamente essa biodiversidade (ARRAES; MARIANO; SIMONASSI, 2012). A agricultura de corte e queima constitui um dos principais componentes de subsistência e degradação florestal causado pelas populações rurais (PEDROSO JÚNIOR; MURRIETA; ADAMS, 2008).

Em regiões tropicais, essas áreas são usadas por um período e depois abandonadas para um processo de regeneração; método esse conhecido como sucessão secundária que ocorre através de uma progressão de estágios, nos quais apresentam enriquecimento de espécies no decorrer do tempo (SILVA; OLIVEIRA; SANTANA, 2015); que auxiliam nos serviços ambientais como, por exemplo, a absorção do carbono atmosférico, fixando-o como biomassa durante o crescimento da vegetação; e a proteção dos solos contra a lixiviação e erosão,

contribuindo com a regulação dos ciclos hidrológicos e a qualidade da água nas bacias hidrográficas (MASSOCA et al., 2012).

O ecossistema é formado pela interação em uma determinada área, entre organismos pertencentes a comunidade biótica com o ambiente físico, possuindo um direcionamento podendo ser autorregulado pelos processos presentes em seu ambiente, como o fluxo de energia e a ciclagem de minerais (ODUM, 1988). O conhecimento dos processos, dos indicadores e da estrutura do ecossistema é determinante para o desenvolvimento de modelos de recuperação florestal (ALMEIDA; LUIZÃO; RODRIGUES, 2015).

Os indicadores mais utilizados na avaliação das restauração florestal são os vegetativos, dentre eles: 1) a regeneração natural, 2) crescimento e sobrevivência das mudas, 3) fluxo de sementes, 4) banco de sementes do solo, 5) ciclagem de nutrientes e 6) quantificação da liteira (NETO, 2015; LONDE; SOUSA; KOZOVITS, 2016). Este último contribui no entendimento da matéria orgânica no solo e o retorno dos nutrientes para vegetação. O comportamento da liteira é dinâmico e sofre influência das condições climáticas, estágios sucessionais da floresta e idade das árvores (SANTOS et al., 2017).

Na pesquisa de Mateus et al. (2013), o armazenamento de liteira foi analisado em quatro ecossistemas com diferentes estágios sucessionais. Sendo: (S1) -pastagem perturbada e abandonada com seis anos de idade; (S2) – capoeira com dez anos de idade; (S3) - capoeirão com 15 anos de idade e (S4) - fragmento florestal com 30 anos de idade. Os autores citaram que o maior armazenamento de liteira foi no fragmento florestal ( $5,15 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) quando comparado aos outros ecossistemas; justificado pela maior diversidade de espécies, tipologia mais densa, e estratificação da vegetação (estratos arbóreo, arbustivo e herbáceo), além da presença de lianas. Neste contexto, há vários estudos sobre a quantidade de liteira acumulada em diferentes ecossistemas (Tabela 1).

Dentre os fatores que contribuem para a variação do armazenamento de liteira, o clima é um dos maiores propulsores, principalmente a precipitação. Dados esses mostrados no estudo de Caldeira et al. (2013), onde observaram a diferença do armazenamento de liteira em dois períodos do ano (chuvoso e menos chuvoso) em três ecossistemas de diferentes estágios sucessionais: 1) Reflorestamento de Eucalipto e Acácia, 2) Reflorestamento de Espécies Diversas e 3) Mata Nativa. Em todos os ecossistemas o maior acúmulo de liteira ocorreu na estação menos chuvosa  $14,5 > 11,1 > 9,4$  ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ), respectivamente. Essa sazonalidade está ligada a fenologia das espécies, principalmente aos processos de senescência foliar, bem como, aos estímulos ambientais, tais como fotoperíodo, temperatura e estresse hídrico (CARNEIRO, 2014).

**Tabela 1-** Análise bibliométrica do armazenamento da matriz biogeoquímica (Mg ha<sup>-1</sup>) de liteira, encontrada nas cidades e estados brasileiros, e seus respectivos ecossistemas sucessionais florestais (floresta primária e floresta secundária de estágio inicial, intermediário ou maduro).

Cidade	Estado	Estágio Sucessional	Armazenamento de Liteira (Mg ha <sup>-1</sup> )	Autores
Sebastião da Vargem	Minas Gerais	Secundária Inicial	4,64	(1)
Rio das Ostras	Rio de Janeiro	Secundária Intermediário	5,05	(2)
Vitória da Conquista	Bahia	Secundária Maduro	8,20	(3)
Chapada dos Guimarães	Mato Grosso	Secundária Inicial	4,96	(4)
Belém	Pará	Secundária Intermediário	6,30	(5)
Lago Sul	Distrito Federal	Secundária Maduro	6,08	(6)
Abreu e Lima	Pernambuco	Secundária Intermediário	5,41	(7)
Vitória da Conquista	Bahia	Floresta Primária	6,90	(8)
Mimoso do Sul	Espírito Santo	Secundária Maduro	8,90	(9)
Taquaruçu do Sul	Rio Grande do Sul	Secundária Intermediário	6,50	(10)
Alegre	Espírito Santo	Secundária Intermediário	5,96	(11)
Belém	Pará	Secundária Intermediário	9,80	(12)
Belém	Pará	Secundária Intermediário	5,90	
Manaus	Amazonas	Secundária Intermediário	5,3	(13)
Manaus	Amazonas	Secundária Intermediário	4,1	
Manaus	Amazonas	Secundária Intermediário	5,3	
Maracá	Roraima	Secundária Maduro	6,6	(14)

Nota: <sup>(1)</sup>Silva et al., 2018b; <sup>(2)</sup>Camara et al., 2018; <sup>(3)</sup>Santos; Barreto-Garcia; Scoriza, 2018; <sup>(4)</sup>Santos et al., 2017; <sup>(5)</sup>Costa et al., 2017; <sup>(6)</sup>Matos et al., 2017; <sup>(7)</sup>Costa et al., 2016; <sup>(8)</sup>Pinto et al., 2016; <sup>(9)</sup>Freitas et al., 2015; <sup>(10)</sup>Turchetto e Fortes, 2014; <sup>(11)</sup>Sperandio et al., 2012; <sup>(12)</sup>Oliveira (2005); <sup>(13)</sup>Luizão, 1995; <sup>(14)</sup>Scott; Proctor; Thompson, 1992.

Esses processos influenciam na composição da liteira estocada, sendo a fração foliar a mais representativa, correspondendo a aproximadamente 70% do acúmulo (SANTOS et al., 2017). Esse material não lenhoso foi predominante em três áreas avaliadas por Fernandes et al. (2006), representando 62%, 69% e 75%, para as áreas de floresta de sucessão secundária, plantio de *Mimosa caesalpiniaefolia* e plantio de *Carapa guianensis*, respectivamente. Outros estudos também mostram a maior contribuição da folha no solo para o ecossistema (CAMPOS et al., 2008; TANG et al., 2010; MATEUS et al., 2013). Uma delas está na capacidade de retenção hídrica, no qual favorece o desenvolvimento da macro e meso fauna (MELOS; SATO; NETTO, 2010).

A retenção de umidade pela liteira estocada está relacionada com os fenômenos de absorção e adsorção superficial do material. A absorção depende principalmente de alguns aspectos como: porosidade do material depositado, velocidade de decomposição, variação da precipitação e temperaturas do ambiente. A adsorção depende da área das folhas, estrutura, relevo, forma, relação superfície/peso seco e composição orgânica (MATEUS et al., 2013). As espécies diferem entre si nas suas capacidades de absorção; desta forma, a retenção hídrica varia entre os ecossistemas (CARNEIRO, 2014).

A umidade retida na liteira é liberada gradualmente no sistema ecológico, por meio dos diferentes estágios de decomposição (SANTOS et al., 2017). Neste contexto, a retenção hídrica favorece o desenvolvimento da macro fauna, a qual desempenha um papel fundamental na abertura de bioporos nos primeiros centímetros do solo, contribuindo para a infiltração e disponibilidade hídrica (MELOS; SATO; NETTO, 2010).

Estudo realizado por Tirelli (2007), mostrou a capacidade de retenção hídrica em um ecossistema de estágio inicial e outro avançado, no período chuvoso e menos chuvoso; constatando que o período de maior precipitação apresentou a maior retenção hídrica, sendo 223,72% para o ecossistema inicial e 247,59% para o avançado. Isso evidencia que a retenção de umidade não está relacionada somente com quantidade de material depositado, mas principalmente com o estágio de decomposição. Em outros estudos podemos visualizar a taxas da capacidade de retenção hídrica nos ecossistemas (Tabela 2).

**Tabela 2-** Análise bibliométrica da retenção hídrica (%) da massa seca de liteira, encontrada nas cidades/Pais e seus respectivos ecossistemas sucessionais florestais (floresta primária e floresta secundária de estágio inicial, intermediário ou maduro).

Cidade/Pais	Estágio sucessional	Retenção hídrica (%)	Autores
Paragominas / Brasil	Secundária Inicial	175,50	(1)
Paragominas / Brasil	Secundária Intermediário	223,00	
Paragominas / Brasil	Secundária Maduro	203,00	
Huaxi / China	Secundária Inicial	82,38	(2)
Huaxi / China	Secundária Inicial	115,30	
Chapada dos Guimarães / Brasil	Secundária Inicial	249,58	(3)
Resende / Brasil	Secundária Inicial	235,00	(4)
Pinheiral / Brasil	Secundária Intermediário	343,87	(5)
Pinheiral / Brasil	Secundária Maduro	339,94	

Nota: <sup>(1)</sup>Martins et al., 2018b; <sup>(2)</sup>Zhou et al., 2018; <sup>(3)</sup>Santos et al., 2017; <sup>(4)</sup>Melos; Sato; Netto, 2010; <sup>(5)</sup>Mateus et al., 2013.

A entrada dos nutrientes nos ecossistemas acontece pela deposição úmida (precipitação) e/ou deposição seca (poeira e liteira) (BARBOSA; FARIA, 2006). As interações e as movimentações dos nutrientes intra-ecossistema são denominadas de ciclo biogeoquímico e esse fator de enriquecimento nos ecossistemas ocorre pela entrada dos nutrientes mediante a decomposição da liteira (KIMMINS,1987).

O ciclo biogeoquímico envolve uma troca cíclica contínua de produtos químicos entre a biota e o ambiente físico dentro de um ecossistema (KIMMINS,1987). Os nutrientes minerais são adquiridos na forma de íons inorgânicos e entram no organismo vegetal através do sistema radicular (NUNES et al., 2013).

A taxa de decomposição da liteira nas florestas tropicais úmidas é de 6 a 10 vezes mais rápida que nas florestas temperadas; onde uma folha pode se decompor completamente poucas semanas após cair no solo da floresta (KIMMINS, 1987). A entrada de material através do



aporte e mineralização via decomposição acontece quase que simultaneamente (GIÁCOMO; PEREIRA; MACHADO, 2012).

A decomposição da liteira é realizada pela combinação da macrofauna ( $20 \text{ mm} \geq X > 2 \text{ mm}$ ), mesofauna ( $2 \text{ mm} \geq X > 100 \mu\text{m}$ ) e microfauna ( $100 \mu\text{m} \geq X$ ). A macro e mesofauna como (minhocas, lagartixas, besouros e larvas de insetos) quebram a liteira em frações menores, aumentando a área da superfície, contribuindo para o acesso da microfauna (bactérias e fungos) nos tecidos mais decompostos, ocasionando a transformação dos materiais orgânicos em inorgânicos. De forma geral, a principal contribuição dos animais do solo para a decomposição da liteira é a fragmentação física, onde a combinação ativa das comunidades do solo resulta em uma alta taxa de mineralização do material (KIMMINS, 1987). Além da comunidade decompositora do solo, as condições climáticas e as características dos materiais orgânicos influenciam na decomposição (TIRELLI, 2007). a composição estrutural dos tecidos, como celulose, hemicelulose e lignina, mostram a resistência de cada material decomposto, podendo variar entre as frações dos vegetais e entre as espécies dos estágios sucessionais (CALDEIRA et al., 2013; VIERA; SCHUMACHER; CALDEIRA, 2013).

Um estudo desenvolvido em uma área de floresta secundária em estágio inicial, médio e avançado de sucessão, registrou altas taxas de decomposição da liteira, sobretudo na floresta em estágio avançado. Foi também constatada a maior diversidade de espécies florestais o que, possivelmente, influenciou positivamente na atividade da comunidade decompositora (MENEZES et al., 2010). Os autores concluíram que o clima, sob uma formação vegetal mais densa e de natureza mais diversificada do substrato vegetal formador da liteira, favoreceu a melhoria nos índices da fauna e conseqüentemente, beneficiou o processo de mineralização da matéria orgânica.

A transferência de nutrientes para o solo, principalmente N, P, K, Ca e Mg, acompanha a tendência da deposição da liteira (ANDRADE; CALLERO; FARIA, 1999). Uma vez disponibilizados no solo, os nutrientes são absorvidos e distribuídos dentro do vegetal; podendo ocorrer a redistribuição interna dos nutrientes, haja vista que este processo é um importante aspecto de economia dos nutrientes em plantas perenes, sobretudo as que estão em solos de baixa fertilidades (DANIELA et al., 2012).

As alterações naturais ou antrópicas nos ecossistemas podem causar mudanças significativas no balanço de entradas e saídas dos nutrientes no ciclo biogeoquímico (GORHAM; VITOUSEK; REINERS, 1979). Alterações no clima e no ecossistema vão afetar a produtividade da liteira, reduzindo a concentração e a movimentação de nutrientes no ciclo (PARTON; STEWART; COLE, 1988).

Barbosa; Faria (2006) estudaram a ciclagem de nutrientes foliar em três fragmentos florestais, sendo: 1) secundárias de 40 anos; 2) secundária de 20 anos e 3) estágio inicial de 3 anos. Os autores constaram que as concentrações anuais encontradas para todos os nutrientes foram maiores na floresta secundária de 40 anos, devido sua maior biomassa, logo sua maior contribuição e retorno de nutrientes. Alves et al. (2017) constaram que a vegetação da área de preservação apresenta maior quantidade de nutrientes quando comparada a floresta de regeneração. Em outros trabalhos podemos observar as concentrações de nutrientes em diferentes ecossistemas (Tabela 3).

**Tabela 3-** Análise bibliométrica das concentrações químicas ( $\text{g Kg}^{-1}$ ) presente na massa seca de liteira, encontrada nas cidades e estados brasileiros, e seus respectivos ecossistemas sucessionais florestais (floresta primária e floresta secundária de estágio inicial, intermediário ou maduro).

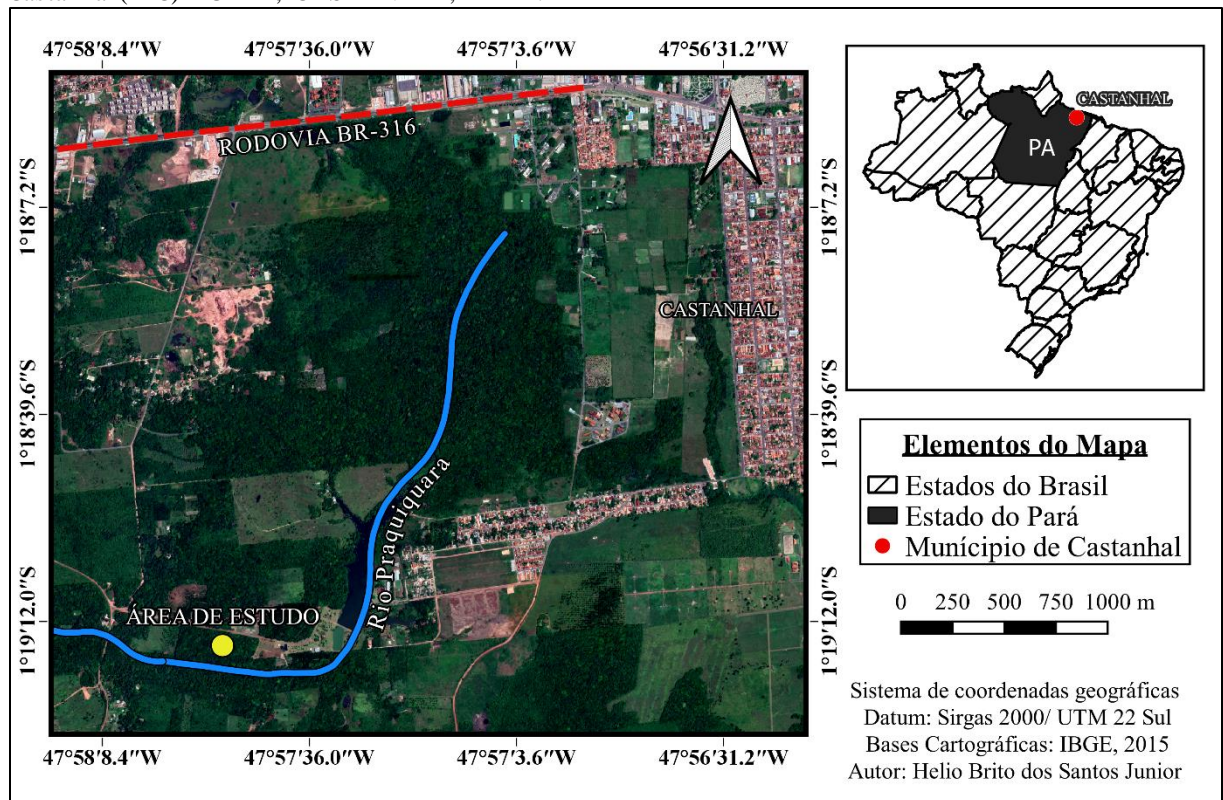
Cidade	Estado	Estágio sucessional	Concentração ( $\text{g Kg}^{-1}$ )						Autores
			N	P	K	Ca	Mg	S	
Paragominas	Pará	Secundária Inicial	88,7	3,9	28,9	89,9	17,6	8,5	(1)
Paragominas	Pará	Secundária Intermed.	132,5	5,0	51,3	115,5	24,0	12,9	
Paragominas	Pará	Secundária Maduro	147,6	5,4	41,4	120,6	25,6	13,5	
Itaara	Rio Grande do Sul	Secundária Maduro	84,8	4,2	19,3	75,1	11,1	5,6	(2)
Pombal	Paraíba	Secundária Intermed.	47,1	6,8	21,3	70,3	10,4	***	(3)
Alegrete	Rio Grande do Sul	Secundária Inicial	42,2	2,8	23,4	71,9	15,9	4,1	(4)
Belterra	Pará	Secundária Maduro	121,8	4,8	29,3	76,7	40,6	***	(5)
Itapemirim	Espírito Santo	Secundária Intermed.	94,9	4,1	14,0	161,0	12,1	7,4	(6)
Blumenau	Santa Catarina	Secundária Inicial	67,5	2,6	11,8	40,2	12,9	7,1	(7)
Blumenau	Santa Catarina	Secundária Intermed.	73,1	2,8	11,7	60,9	13,1	7,3	
Blumenau	Santa Catarina	Secundária Maduro	88,8	2,8	9,0	41,2	13,9	9,4	
Poço das Antas	Rio de Janeiro	Secundária Inicial	32,9	1,9	12,1	38,1	4,8	***	(8)
Poço das Antas	Rio de Janeiro	Secundária Intermed.	39,0	1,4	6,9	24,1	8,4	***	
Poço das Antas	Rio de Janeiro	Secundária Maduro	49,8	2,4	12,0	41,3	12,5	***	
Manaus	Amazonas	Secundária Intermed.	***	***	9,40	14,20	9,10	***	(9)
Manaus	Amazonas	Secundária Intermed.	***	***	5,80	14,30	7,50	***	
Manaus	Amazonas	Secundária Intermed.	***	***	5,60	21,40	6,70	***	
Maracá	Roraima	Secundária Avançada	***	***	48,50	63,70	23,80	***	(10)

Nota: <sup>(1)</sup>Martins et al., 2018a; <sup>(2)</sup>Schumacher et al., 2018; <sup>(3)</sup>Holanda et al., 2017; <sup>(4)</sup>Ludvichak et al., 2016; <sup>(5)</sup>Silva, 2014; <sup>(6)</sup>Godinho et al., 2014; <sup>(7)</sup>Caldeira et al., 2008; <sup>(8)</sup>Barbosa; Faria, 2006; <sup>(9)</sup>Luizão, 1995; <sup>(10)</sup>Scott; Proctor; Thompson, 1992.

#### 4. ÁREA DE ESTUDO

As parcelas experimentais do projeto MANFLORA encontram-se em uma área de ecossistema sucessional de floresta (ESF), conhecido como floresta secundária ou capoeira de 32 anos, localizada na Estação Experimental de Piscicultura de Água Doce (EEPAD), pertencente à Universidade Federal Rural da Amazônia- UFRA ( $1^{\circ} 19' 16''$  S,  $47^{\circ} 57' 50''$  W), estando próximo ao planalto interfluvial do médio rio Praiquara, no baixo rio Apeú; e ao Km 63 da rodovia BR-316, no distrito de Apeú, município de Castanhal, nordeste do Estado do Pará (TENÓRIO et al., 1999, RANGEL-VASCONCELOS et al., 2005) (Figura 1).

**Figura 1**– Representação vetorial do município de Castanhal, nordeste o Estado do Pará, com ênfase na área de estudo das parcelas experimentais do projeto MANFLORA, situada no planalto interfluvial na margem do rio Praiquara ( $1^{\circ} 19' 16''$  S,  $47^{\circ} 57' 50''$  W), afluente da margem direita do rio Apeú na Estação de Piscicultura de Castanhal (EPC) - UFRA, CASTANHAL, PARÁ.



##### 4.1. Geologia e Geomorfologia (Relevo)

Os solos são derivados da evolução diagenética dos sedimentos argilo-arenosos pertencentes à Formação Barreiras, no período Terciário da evolução (TENÓRIO et al., 1999). O relevo da região é em sua maior parte formada por superfície aplainada, dissecada em colinas de topo plano, com pequenas variações altimétricas (TENÓRIO et al., 1999; COELHO et al., 2003).

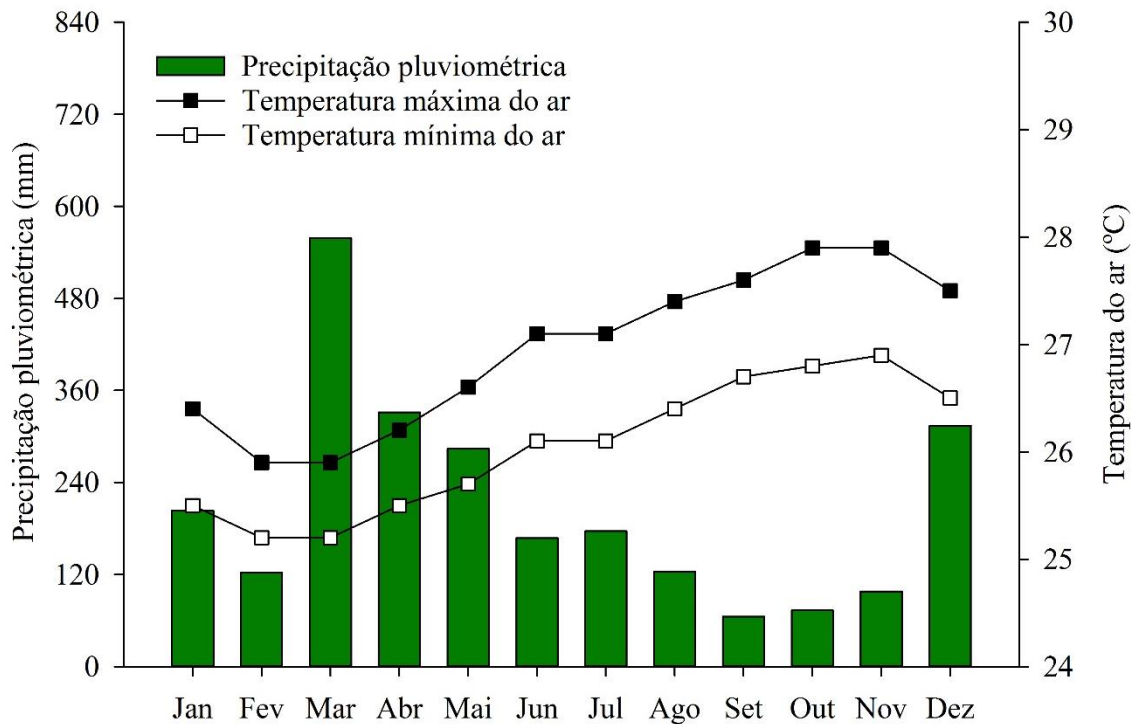
#### 4.2. Pedologia (Solo)

Os solos da região são classificados como Latossolos Amarelos Distróficos de Fase Rochosa I (Concrecionário, Laterítico) apresentando baixa fertilidade natural e leve laminar erosão contendo 20% de argila, 74% de areia e 6% de silte nos primeiros 20 cm do solo (TENÓRIO et al., 1999; VASCONCELOS et al., 2012).

#### 4.3. Climatologia (Clima)

Segundo a classificação de Köppen, o clima na área de estudo é do tipo Af<sub>3</sub>, com precipitação pluviométrica média anual de 2.000 a 2.500 mm, com a época mais chuvosa de dezembro a maio; e menos chuvosa de junho a novembro (MARTORANO; PEREIRA, 1993; RANGEL-VASCONCELOS et al., 2005). No período experimental, a precipitação anual foi de 2.500 mm com mês mais chuvoso em março (558,8mm) e menos chuvoso em setembro (65 mm), a temperatura diária variou de 25,2 a 27,9 °C (INMET, 2019) (Figura 2). A umidade relativa do ar média foi de 81,37% (INMET, 2019).

**Figura 2** - Distribuição das variáveis climatológicas de precipitação pluviométrica e temperatura máxima e mínima do ar, na região da bacia do rio Apeú, no município de Castanhal, período de janeiro a dezembro de 2019, dados da ESTAÇÃO METEOROLÓGICA A202-CASTANHAL (Latitude: -1.3 S, Longitude: -47.95 W) (INMET, 2019).



#### 4.4. Ecossistemas (florística)

Os ecossistemas sucessionais de florestas (ESF) conhecidos como capoeiras ou florestas secundárias dominam nos planaltos interfluviais do médio rio Apeú, Castanhal, Pará. Esses ecossistemas é uma consequência da retirada da floresta primária para implantação de cultivos de subsistência e formação de pastagens ao longo da história da região. Além disso, em menor proporção são encontrados os ecossistemas sucessionais de florestas ripárias ou ribeirinhos (ESF<sub>r</sub>) que ocorrem nas margens do rio Apeú e seus afluentes (EMBRAPA, 1999; TENÓRIO et al., 1999; OLIVEIRA, 2005; PARÁ, 2012).

Nesta região encontra-se espécies como *Myrcia silvatica* Barb. Rodr., *Lacistema pubescens* Mart., *Vismia guianensis* (Aublet.) Pers., *Ocotea guianensis* Aubl., *Miconia ciliata* (Rich.) DC., *Cupania scrobiculata* Rich., *Guatteria punctata* (Aubl.) R. A. Howard, *Banara guianensis* Aubl., *Annona paludosa* Aubl., *Casearia arborea* (Rich.) Urb. e *Annona exsucca* DC. (COELHO et al., 2003).

### 5. MÉTODOS

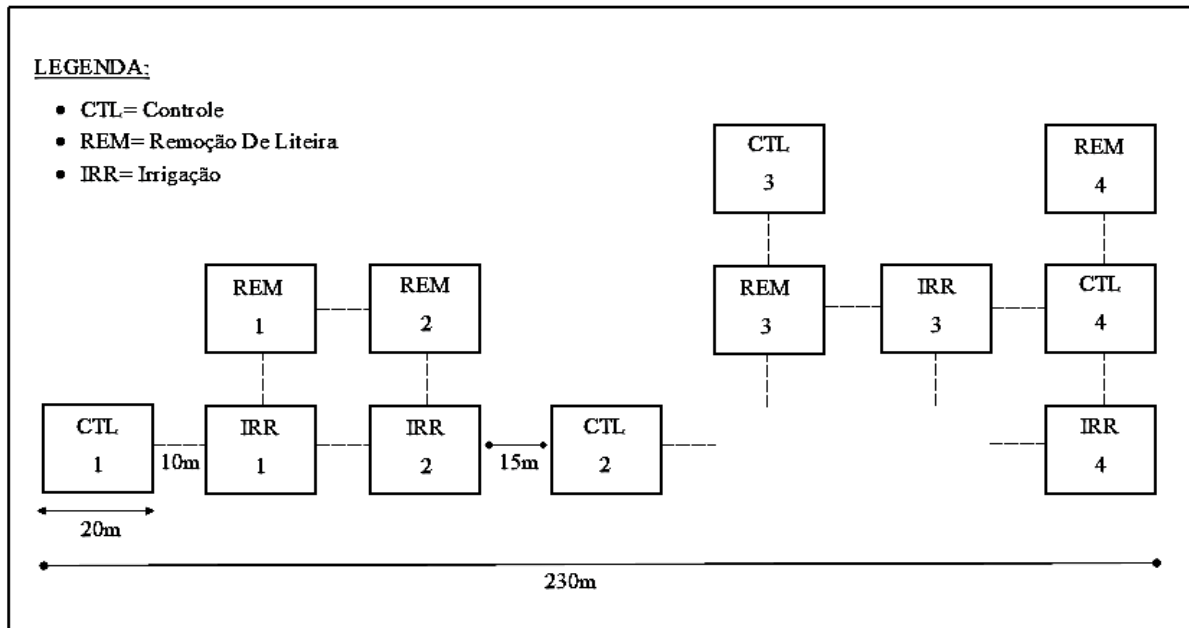
#### 5.1. Delineamento experimental e estatística

Na área de estudo, historicamente, após múltiplos ciclos com plantio de *Zea mays* L. (milho), *Manihot esculenta* Crantz (mandioca) e *Vigna unguiculata* (L.) Walp (feijão caupi) seguido por cultivo itinerante e pousio, iniciou-se a regeneração natural da floresta em estudo no ano de 1987 (LIMA; MIRANDA; VASCONCELOS, 2010). Em 1999 quando a floresta tinha 12 anos de idade foram instaladas 12 parcelas com dimensões de 20 x 20 m, sendo quatro repetições para o tratamento de irrigação (IRR), quatro para o tratamento de remoção de liteira (REM) e quatro para o tratamento controle (CTL) (Figura 3).

Para as variáveis de massa seca do armazenamento ( $Mg\ ha^{-1}$ ), espessura (cm), densidade ( $g\ cm^{-3}$ ) e capacidade de retenção hídrica (%) da liteira foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 3 x 4 (tratamentos x meses) com quatro repetições e 40 pseudo-repetições por tratamento, em cada mês.

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade, com base nos critérios de  $p > 0,05$  no teste de Shapiro-Wilk e o teste de homocedasticidade de variância de Bartlett ( $p > 0,05$ ). Atendido a esses pressupostos, foi realizado a análise de Variância - ANOVA ( $p < 0,05$ ) para verificar se a *Hipótese* foi aceita ou rejeitada, em situação de aceitação da hipótese foi realizado a análise de comparação de média pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Os programas utilizados para as análises e elaboração de gráficos foi o SigmaPlot 14.0.

**Figura 3-** Design das parcelas experimentais do projeto MANFLORA (CTL= controle; REM= remoção de liteira; IRR= irrigação), situado no planalto interfluvial na margem direita do rio Praiquara (1° 19' 16" S, 47° 57' 50" W), afluente da margem direita do rio Apeú na Estação de Piscicultura de Castanhal (EPC) - UFRA, CASTANHAL, PARÁ.



## 5.2. Descrição dos procedimentos experimentais

O tratamento controle não apresentou nenhuma interferência servindo de testemunha no estudo. O tratamento irrigação era utilizada no período da estação menos chuvosa, aplicada por fitas que possuíam aberturas espaçadas a cada 15 cm, sendo que, cada fita distanciava-se inicialmente 4 m entre si; no entanto, visando melhorar a distribuição de água nas parcelas, essa distância foi encurtada para 2 m (VASCONCELOS et al., 2012).

Diariamente, nas parcelas com irrigação, eram aplicados 5 mm de água durante 30 minutos, totalizando na estação menos chuvosa um volume em torno de 630 a 790 mm, representando um aumento de 100-200% da entrada de água durante esta estação. Já nas parcelas do tratamento remoção de liteira, todo material era retirado a cada duas semanas com auxílio de um ancinho (VASCONCELOS et al., 2012).

Os tratamentos foram aplicados entre 1999 a 2007. Em 2019, 12 anos após o término do experimento, foi realizado o estudo das propriedades físicas do armazenamento de liteira nas mesmas parcelas, com o intuito de averiguar possíveis efeitos residuais (Figura 4).

**Figura 4-** Ordem cronológica da área de estudo com ênfase nas parcelas experimentais (CTL= controle; REM= remoção de liteira; IRR= irrigação) do projeto MANFLORA situada no planalto interfluvial na margem direita do rio Praquiwara (1° 19' 16" S, 47° 57' 50" W), afluente da margem direita do rio Apeú na Estação de Piscicultura de Castanhal (EPC) - UFRA, CASTANHAL, PARÁ.



### 5.3. Procedimento de Campo

#### 5.3.1. Caracterização fitossociológica

Dentro de cada parcela foi demarcada uma sub-parcela de 10 m x 10 m para obtenção de uma amostra da comunidade vegetal existente de cada tratamento. Desta forma, foi realizado um inventário, com mensurações de indivíduos que apresentavam circunferência a altura do Peito de (CAP) > 15cm. Os indivíduos foram identificados *in loco* e quando necessário foi coletado material botânico para a identificação por comparação no herbário IAN da Embrapa Amazônia Oriental.

Os dados foram digitados e posteriormente analisados através dos seguintes parâmetros fitossociológicos: densidade relativa (DR), frequência relativa (FR), dominância relativa (DoR), e índice de valor de importância (IVI) (KUCHLER; MUELLER-DOMBOIS; ELLENBERG, 1976; SOUZA; SOARES, 2013; MARTINS, 2016), conforme as equações de 1 a 4, respectivamente. Além disso, todos os indivíduos foram classificados quanto ao grupo ecológico sendo: Pioneiras, Secundárias e Clímax (BUDOWSKI, 1965, COELHO et al., 2003).

$$DR_i = \frac{DA_i}{DT} \times 100 \quad \rightarrow \quad DA_i = \frac{N_i}{A} \quad \text{(Equação 1)}$$

Onde: DR<sub>i</sub> = Densidade relativa da i-ésima espécie (%); DA<sub>i</sub> = densidade absoluta da i-ésima espécie (ind./hectare); N<sub>i</sub> = número de indivíduos amostrados da i-ésima espécie; A = área total amostrada, em hectare; DT = densidade total (soma das densidades de todas as espécies amostradas).

$$FRi = \frac{FAi}{\sum FAi} \times 100 \quad \text{Onde } FAi = \frac{Pi}{P} \times 100 \quad \text{(Equação 2)}$$

Onde: FRi = Frequência relativa da i-ésima espécie (%); FAi = frequência absoluta da i-ésima espécie; Pi = número de parcelas com ocorrência da i-ésima espécie; P = número total de parcelas.

$$DoRi = \frac{DoAi}{DoT} \times 100 \quad \text{Onde } DoAi = \frac{(\pi * DAP^2) / 4}{A} \quad \text{(Equação 3)}$$

Onde: DoRi = Dominância relativa da i-ésima espécie (%); DoAi = dominância absoluta da i-ésima espécie; DAP = diâmetro a altura do peito (m); A = área total amostrada, em hectare; DoT = dominância total, em m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>.

$$IVLi (\%) = \frac{DRi + FRi + DoRi}{3} \quad \text{(Equação 4)}$$

Onde: IVLi = Índice de valor de importância (%); DRi = densidade relativa da i-ésima espécie (%); DoRi = dominância relativa da i-ésima espécie (%); FRi = frequência relativa da i-ésima espécie (%).

### 5.3.2. Coleta da Liteira

Em cada parcela foram coletadas, trimestralmente durante o período de um ano, 10 amostras de liteira aleatoriamente, totalizando 40 amostras por tratamento. Para a coleta, foi utilizado um coletor metálico de 0,25 x 0,25 m (0,0625m<sup>2</sup>) com 8 cm de altura e volume de coleta de 5000cm<sup>3</sup> (SCORIZA et al., 2012).

Além disso, foi utilizada uma régua para medir a espessura da liteira nos quatro lados do coletor (Figura 5-A) e, um facão e uma espátula que contribuíram para uma melhor delimitação no coletor, a fim de facilitar a retirada do material (Figura 5-B). Todo o material coletado foi aloçado em sacos plásticos, identificados e transportados para o laboratório de manejo de ecossistemas e bacias hidrográficas (LABECOS).

## 5.4. Procedimento laboratorial

### 5.4.1. Propriedades físicas da liteira

#### a) Armazenamento

Toda liteira coletada no interior do gabarito metálico foi separada em duas frações: Folhoso (folhas, frutos, sementes e flores); e lenhoso (galhos) (Figura 6A). Posteriormente, as amostras foram acondicionadas em estufa com circulação e renovação de Ar (SL - 102) a uma

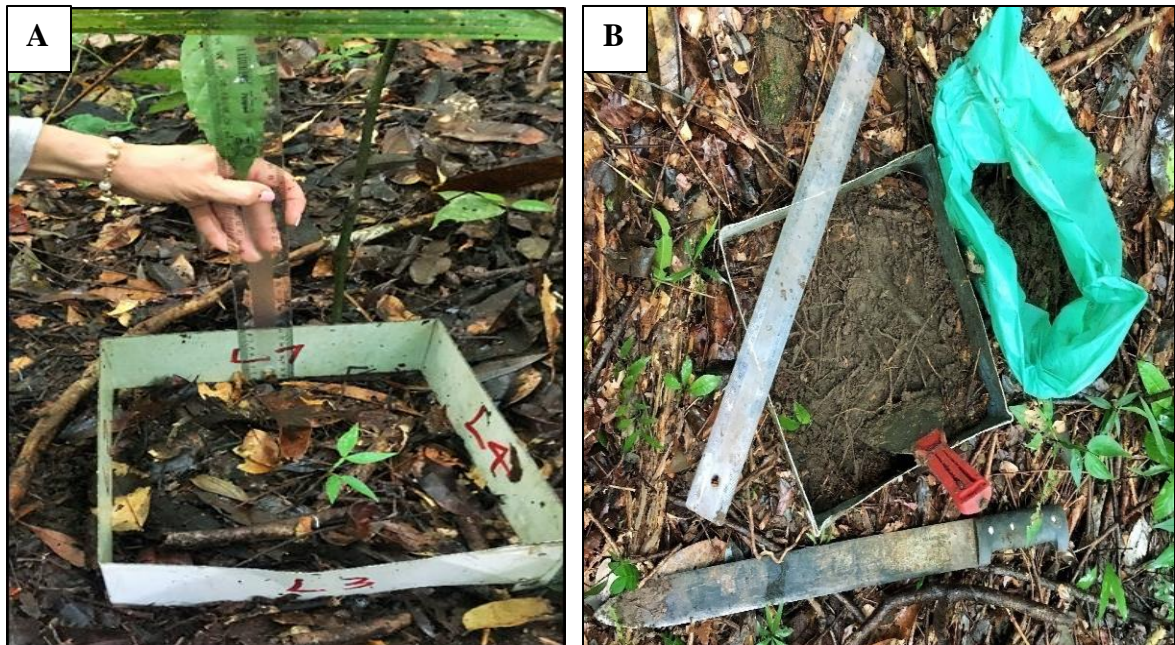


temperatura de 70 °C durante 36 h (Figura 6B); e em seguida foram pesadas em balança analítica (Ohaus – ARA 520) com precisão de 0,01 g (Figura 6C). A quantificação do armazenamento de liteira foi determinada pela razão total entre a massa seca e a área do coletor (Equação 5) (HILLMAN; GOLDING, 1981).

$$Et = \frac{M_{sl}}{A} \times 0,01 \quad \text{(Equação 5)}$$

Onde: Et = Armazenamento de liteira (Mg ha<sup>-1</sup>); M<sub>sl</sub> = massa seca da liteira (g); A = Área (m<sup>2</sup>) do coletor.

**Figura 5-** Procedimento de determinação de propriedades físicas da liteira: a) espessura da liteira (cm), e b) coleta da matriz biogeoquímica da liteira (massa da liteira) no ecossistema sucessional de floresta (ESF), no planalto interfluvial na margem direita do rio Praquiquara (1° 19' 16" S, 47° 57' 50" W), afluente da margem direita do rio Apeú na Estação de Piscicultura de Castanhal (EPC)-UFRA, CASTANHAL, PARÁ.



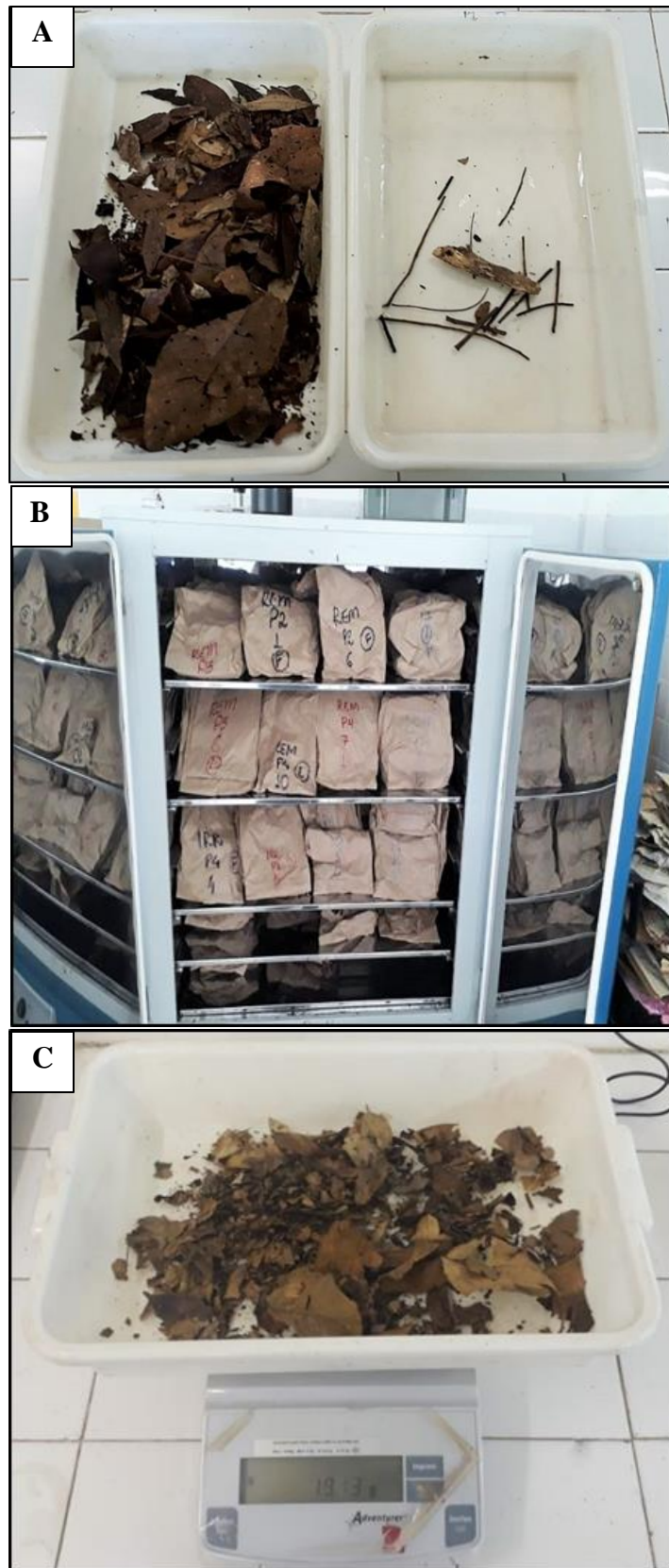
#### b) Espessura

A espessura da liteira foi calculada pela média aritmética da altura das quatro leituras por amostra (Equação 6) (HILLMAN; GOLDING, 1981).

$$E_s = \frac{\sum_{i=1}^4 L_i}{n} \quad \text{(Equação 6)}$$

Onde: E<sub>s</sub> = Estimativa espessura (cm) da liteira; L<sub>i</sub> = leitura da espessura em cada lado do coletor metálico (cm); e n = número de leituras por amostra.

**Figura 6-** Procedimento laboratorial de determinação de armazenamento de liteira ( $Mg\ ha^{-1}$ ) A) Frações da liteira (folhosa e lenhosa); B) Secagem das amostras na estufa com circulação e renovação de Ar (SL-102); C) Determinação da massa seca da liteira na balança analítica (Ohaus – ARA 520), UFRA, Belém, Pará, 2019.



*c) Densidade*

A densidade da liteira foi calculada pela razão entre a massa seca (g) e o volume (cm<sup>3</sup>) do coletor (Equação 7) (PLAMONDON, 1968; HILLMAN; GOLDING, 1981).

$$D = \frac{M_{sl}}{V} \quad \text{(Equação 7)}$$

Onde: D= Densidade da liteira (g cm<sup>-3</sup>); M<sub>sl</sub>= massa seca da liteira (g); V= volume (cm<sup>3</sup>) do coletor.

*d) Capacidade de retenção hídrica*

A capacidade de retenção hídrica (CRH) foi analisada em quatro meses do ano, dois no período chuvoso e dois no menos chuvoso, pela metodologia descrita por Blow (1995). Nesta análise, as amostras foram submersas em água por cerca de 90 min (Figura 7A), em seguida depositadas em bandejas inclinadas a 45° por 30min, para a retirada do excesso de água (Figura 7B). As amostras foram pesadas em balança de precisão para obtenção da massa úmida e levadas a estufa a 70°C por 36h para a obtenção da massa seca. O valor da taxa de retenção hídrica (Equação 8).

$$CRH (\%) = \frac{MU - MS}{MS} \times 100 \quad \text{(Equação 8)}$$

Onde: CRH = Capacidade de Retenção Hídrica (%); MU = Massa úmida após submersão em água (g); MS = Massa seca (g).

**Figura 7-** Procedimento laboratorial de determinação da capacidade de retenção hídrica (%) da massa de liteira coletada nas parcelas dos tratamentos CTL= controle; REM= remoção de liteira; IRR= irrigação. A) massa de liteira submersas em águas por 90min; B) retirada do excesso de água por 30min, (LABECOS- UFRA, Belém, Pará, 2019).





## 6. RESULTADOS

### 6.1. Caracterização fitossociológica

Na área que apresentou o tratamento controle (CTL) ocorreram 114 indivíduos distribuídos em 32 espécies em 19 famílias. No ecossistema que apresentou o tratamento remoção de liteira (REM) foram registrados 85 indivíduos divididos em 22 espécies e 15 famílias. Já no ecossistema que apresentou o tratamento irrigação (IRR) foram contabilizados 110 indivíduos distribuídos em 29 espécies em 17 famílias. As informações da fitossociologia referente às dez espécies com maiores índices de valores de importância (IVI) nas parcelas controle, remoção de liteira e irrigação (Tabela 4).

Entre as famílias mais representativas da análise fitossociológica do tratamento CTL; Annonaceae teve destaque ao registrar três espécies, correspondendo a um total de 30%. No entanto, foram as espécies *Lacistema pubescens* Mart. (Lacistemataceae) e *Cupania scrobiculata* Rich. (Sapindaceae) que apresentaram maiores densidades e frequências relativas; com maior ênfase para *L. pubescens*, no qual constatou também resultados relevantes para dominância relativa (14,58%) e índice de valor de importância 16,83% (Tabela 4).

Observa-se que as famílias Annonaceae e Fabaceae somaram juntas 50% das espécies mais valorosas para o tratamento REM. Por outro lado, as espécies *Lacistema pubescens* (Lacistemataceae) e *Ocotea guianensis* Aubl. (Lauraceae) evidenciaram resultados expressivos de densidade e dominância relativa; além disso, as mesmas constatarem juntas 46,63% do IVI. Nesse contexto, *L. pubescens* foi a única que esteve presente em todas as parcelas amostradas, registrando 11,76% de frequência relativa (Tabela 4).

**Tabela 4-** Fitossociologia das dez espécies com maiores índices de valores de importância (IVI), verificadas no inventário amostral das parcelas CTL= controle, REM= remoção de liteira e IRR= irrigação, situada nos experimentos do projeto MANFLORA, no planalto interfluvial na margem direita do rio Praquiquara (1° 19' 16" S, 47° 57' 50" W), afluente da margem direita do rio Apeú na Estação de Piscicultura de Castanhal (EPC) - UFRA, CASTANHAL, PARÁ.

Parâmetros fitossociológicos - controle							
Família	Espécie	N	DR (%)	FR (%)	DoR (%)	IVI (%)	GE
Lacistemaceae	<i>Lacistema pubescens</i> Mart.	33	28,95	6,98	14,58	16,83	S
Sapindaceae	<i>Cupania scrobiculata</i> Rich.	13	11,4	6,98	4,67	7,68	C
Connaraceae	<i>Connarus perrottetii</i> var. <i>angustifolius</i> Radlk.	7	6,14	4,65	9,76	6,85	P
Annonaceae	<i>Annona exsucca</i> DC.	8	7,02	4,65	7,94	6,54	S
Annonaceae	<i>Guatteria punctata</i> (Aubl.) R. A. Howard	3	2,63	4,65	5,61	4,3	C
Annonaceae	<i>Annona paludosa</i> Aubl.	3	2,63	6,98	3,19	4,27	P
Lauraceae	<i>Ocotea guianensis</i> Aubl.	1	0,88	2,33	8,58	3,93	C
Anacardiaceae	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	1	0,88	2,33	8,27	3,82	P
Lecythidaceae	<i>Couratari stellata</i> A.C.Sm.	3	2,63	2,33	5,59	3,52	C
Fabaceae	<i>Stryphnodendron pulcherrimum</i> (Willd.) Hochr.	2	1,75	2,33	5,93	3,34	P

Parâmetros fitossociológicos - remoção de liteira							
Família	Espécie	N	DR (%)	FR (%)	DoR (%)	IVI (%)	GE
Lacistemaceae	<i>Lacistema pubescens</i> Mart.	29	34,12	11,76	32,38	26,09	S
Lauraceae	<i>Ocotea guianensis</i> Aubl.	15	17,65	8,82	35,76	20,74	C
Annonaceae	<i>Guatteria punctata</i> (Aubl.) R. A. Howard	8	9,41	8,82	4,37	7,54	C
Sapindaceae	<i>Cupania scrobiculata</i> Rich.	8	9,41	5,88	2,04	5,78	C
Fabaceae	<i>Inga flagelliformis</i> (Vell.) Mart.	4	4,71	8,82	2,06	5,2	S
Anacardiaceae	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	2	2,35	5,88	3,54	3,93	P
Annonaceae	<i>Annona exsucca</i> DC.	2	2,35	5,88	2,29	3,51	S
Fabaceae	<i>Abarema jupunba</i> (Willd.) Britton & Killip	3	3,53	2,94	3,04	3,17	S
Annonaceae	<i>Xylopia nitida</i> Dunal	1	1,18	2,94	3,68	2,6	C
Vochysiaceae	<i>Vochysia guianensis</i> Aubl.	1	1,18	2,94	3,00	2,37	S

Parâmetros fitossociológicos - irrigação							
Família	Espécies	N	DR (%)	FR (%)	DoR (%)	IVI (%)	GE
Urticaceae	<i>Pourouma guianensis</i> Aubl.	23	20,91	9,09	8,81	12,94	P
Lacistemaceae	<i>Lacistema pubescens</i> Mart.	14	12,73	9,09	5,37	9,06	S
Fabaceae	<i>Amphiodon effusus</i> (Huber)	10	9,09	2,27	15,07	8,81	S
Lauraceae	<i>Ocotea guianensis</i> Aubl.	6	5,45	4,55	13,89	7,96	C
Annonaceae	<i>Annona exsucca</i> DC.	7	6,36	6,82	6,20	6,46	S
Annonaceae	<i>Guatteria punctata</i> (Aubl.) R. A. Howard	6	5,45	6,82	5,93	6,07	C
Fabaceae	<i>Inga flagelliformis</i> (Vell.) Mart.	6	5,45	4,55	2,32	4,11	S
Fabaceae	<i>Abarema jupunba</i> (Willd.) Britton & Killip	5	4,55	2,27	5,32	4,05	S
Vochysiaceae	<i>Vochysia guianensis</i> Aubl.	3	2,73	2,27	6,88	3,96	S
Salicaceae	<i>Casearia arborea</i> (Rich.) Urb.	3	2,73	4,55	4,00	3,76	S

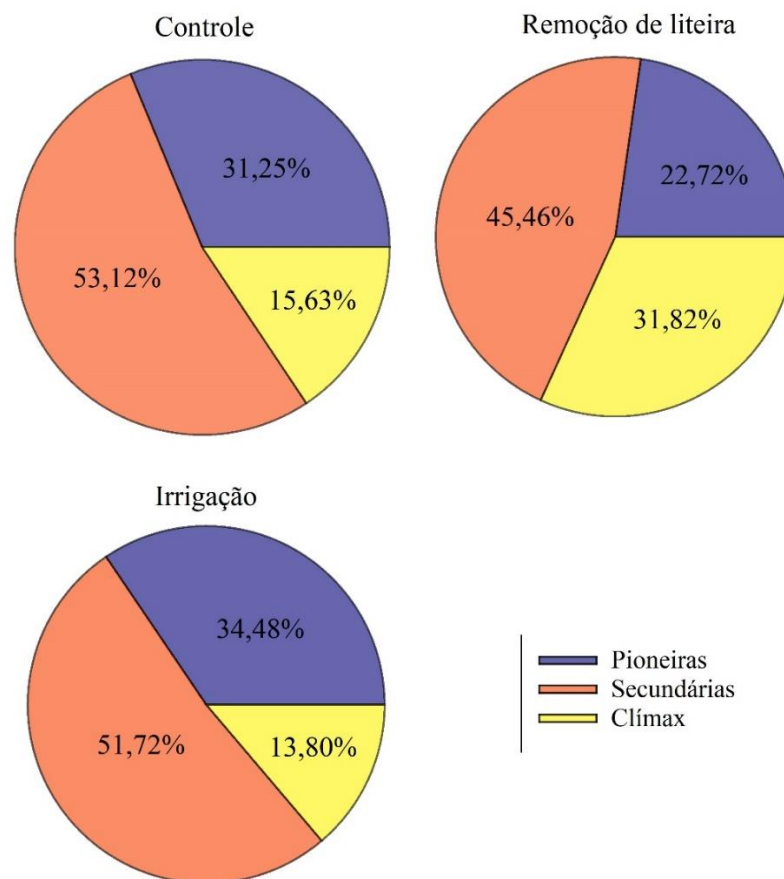
N = número de indivíduos; DR (%) = densidade relativa; FR (%); frequência relativa; DoR = dominância relativa; IVI (%) = índice de valor de importância; GE= grupo ecológico (P= pioneiras; S= secundárias; C = clímax).

Na área que obteve o sistema de irrigação (IRR), a família Fabaceae atingiu os maiores registros de espécies dentre as famílias mais importantes para o ecossistema, com *Amphiodon effusus* (Huber) apresentando melhores porcentagens de ocupação na área (15,07%) comparado

a dominância relativa das outras espécies listadas. Em contrapartida, *Pourouma guianensis* Aubl. da família Urticaceae mostrou resultados superiores para DR(%), FR(%) e IVI com 20,91%, 9,09% e 12,94%, respectivamente (Tabela 4).

Quanto aos grupos ecológicos, percebe-se que todos os três tratamentos apresentaram maiores quantidades de espécies pertencentes aos grupos das secundárias. No grupo das pioneiras, a maior porcentagem esteve nas áreas de IRR. Já as espécies de clímax, esteve mais representada nas de REM. Esse mesmo tratamento teve uma melhor distribuição dos grupos ecológicos (Figura 8).

**Figura 8-** Distribuição em (%) dos grupos ecológicos das espécies encontradas no inventário amostral dos tratamentos CTL= Controle; REM= Remoção de liteira; IRR= Irrigação, situada nos experimentos do projeto MANFLORA, no planalto interfluvial na margem direita do rio Praquiquara (1° 19' 16" S, 47° 57' 50" W), afluente da margem direita do rio Apeú na Estação de Piscicultura de Castanhal (EPC)-UFRA, CASTANHAL, PARÁ.

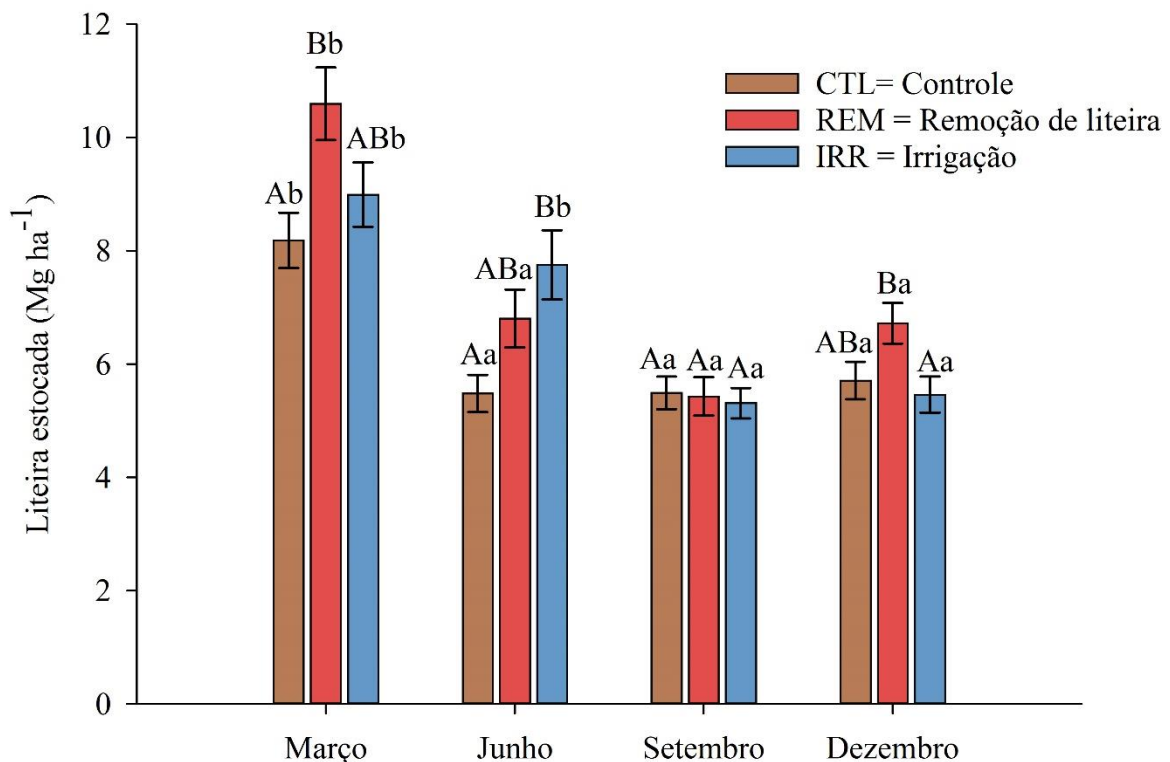


## 6.2. Propriedades físicas da liteira

Os resultados abaixo mostraram que houve diferença entre os tratamentos estudados, porém com maiores valores para o experimento que apresentou remoção de liteira e irrigação, aceitando a hipótese (Figura 9). A liteira estocada entre os três experimentos foi significativamente diferente em três dos quatro meses. Em março ( $F_{5\%;2} = 4,61$ ;  $p\text{-valor} = 0,012$ ) o tratamento que apresentou a maior média foi REM com  $10,59 \pm 0,64 \text{ Mg ha}^{-1}$ , sendo

estatisticamente igual a IRR (Figura 9). Já no mês de junho ( $F_{5\%;2} = 5,29$ ;  $p\text{-valor} = 0,006$ ), foi constatado maiores valores para o tratamento IRR  $7,75 \pm 0,61 \text{ Mg ha}^{-1}$ , comparado ao CTL  $5,48 \pm 0,51 \text{ Mg ha}^{-1}$ ; no entanto, houve similaridade com REM  $6,80 \pm 0,51 \text{ Mg ha}^{-1}$  (Figura 9).

**Figura 9-** Média  $\pm$  EP do armazenamento de liteira ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) em quatro meses avaliados no ano de 2019, nos tratamentos CTL= controle, REM= remoção de liteira e IRR= irrigação; situada nos experimentos do projeto MANFLORA, no planalto interfluvial na margem direita do rio Praquiçara ( $1^\circ 19' 16'' \text{ S}$ ,  $47^\circ 57' 50'' \text{ W}$ ), afluente da margem direita do rio Apeú na Estação de Piscicultura de Castanhal (EPC) - UFRA, CASTANHAL, PARÁ. Médias seguidas de seus respectivos erros padrões com letras maiúsculas mostram a relação entre os tratamentos no mesmo mês; e letras minúsculas mostram a relação de cada tratamentos nos meses avaliados, testado estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

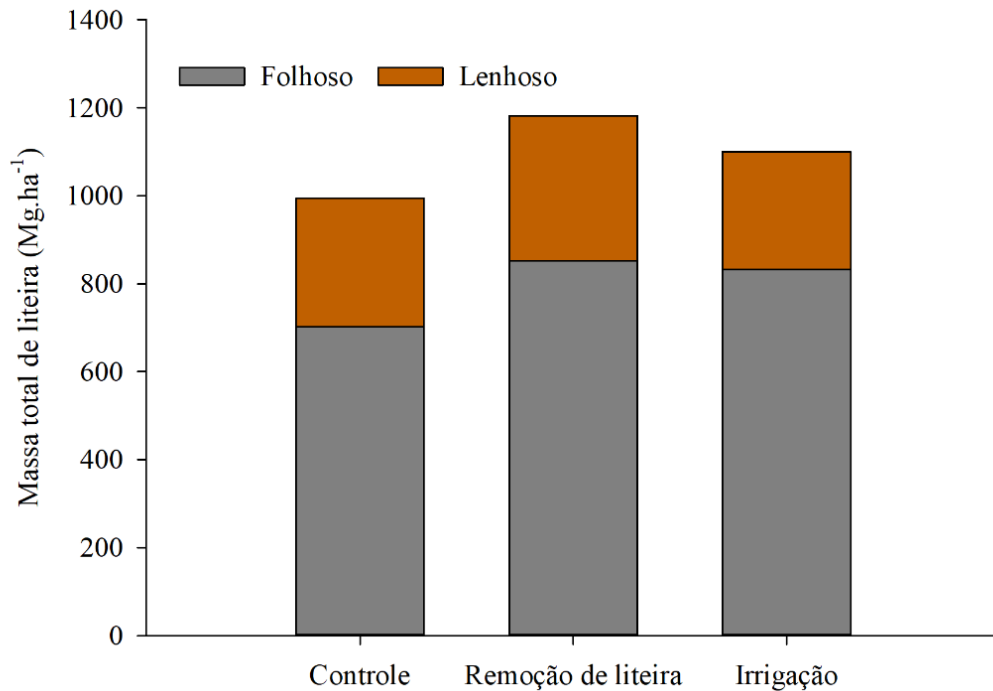


A quantidade de massa total coletada no tratamento REM foi equivalente a  $1.181,90 \text{ Mg ha}^{-1}$ , IRR somou  $1.100,4 \text{ Mg ha}^{-1}$  e CTL  $994,58 \text{ Mg ha}^{-1}$  (Figura 11). Em todos os tratamentos foram observadas a maior representatividade do fragmento folhoso com (75,65%) para IRR, (72,11%) REM e (70,57%) CTL. O material lenhoso atingiu maiores valores no REM com  $329,65 \text{ Mg ha}^{-1}$ , seguido de CTL  $292,68 \text{ Mg ha}^{-1}$  e IRR  $267,92 \text{ Mg ha}^{-1}$  (Figura 10).

A densidade da liteira entre os tratamentos foi significativamente diferente em três dos quatro meses avaliados (Figura 11). Observa-se que apesar do tratamento REM apresentar maior densidade média no mês de março ( $0,013 \pm 0,0008 \text{ g cm}^{-3}$ ), não diferiu estatisticamente do tratamento IRR ( $0,011 \pm 0,0007 \text{ g cm}^{-3}$ ) (Figura 11). No mês de Junho ( $p\text{-valor} = 0,006$ ),

houve maiores médias para IRR com  $0,009 \pm 0,0007 \text{ g cm}^{-3}$ , sendo semelhante a REM  $0,008 \pm 0,0006 \text{ g cm}^{-3}$  (Figura 11).

**Figura 10-** Quantidade total coletada em ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) da matriz biogeoquímica da liteira (massa seca) e a massa das frações folhosa e lenhosa da liteira referentes aos quatro meses avaliados nos tratamentos CTL = controle, REM = remoção de liteira e IRR = irrigação, ano de 2019. situada nos experimentos do projeto MANFLORA, no planalto interfluvial na margem direita do rio Praquiquara ( $1^\circ 19' 16'' \text{ S}$ ,  $47^\circ 57' 50'' \text{ W}$ ), afluente da margem direita do rio Apeú na Estação de Piscicultura de Castanhal (EPC) - UFRA, CASTANHAL, PARÁ.

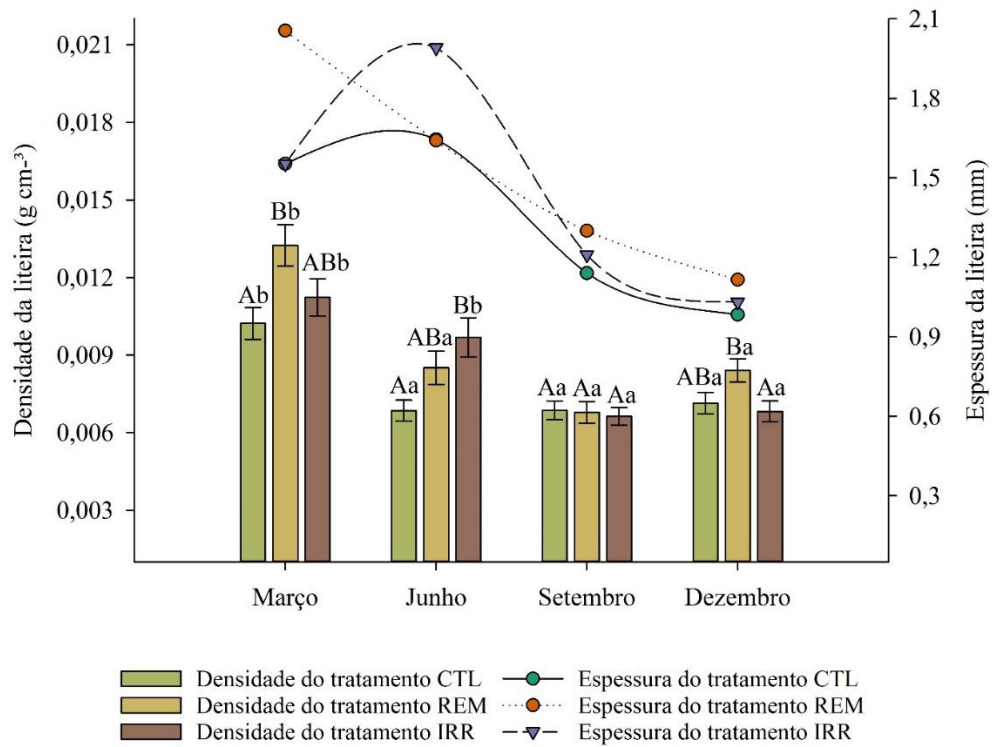


Quanto a relação da densidade de liteira de cada tratamento entre os meses, foi observado que março mostrou maiores valores e diferiu dos outros meses (Figura 11). Quanto a espessura, o tratamento REM obteve maiores valores com 2,06 cm em março, 1,30 cm em setembro e 1,12 cm em dezembro (Figura 11).

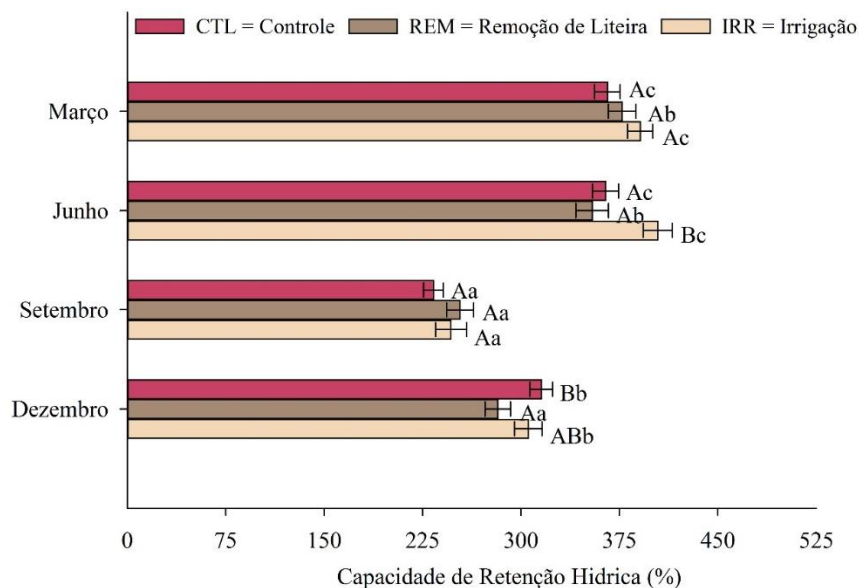
A análise entre os tratamentos de cada mês sobre a capacidade de retenção hídrica, mostrou que houve diferença significativa no mês de junho ( $F_{5\%;2} = 5,53$ ;  $p\text{-valor} = 0,005$ ) com maior média para IRR 404,27% (Figura 12). Porém em março, setembro e dezembro foi constatado valores iguais da absorção hídrica nos três tratamentos (Figura 12). Quanto a relação de cada tratamento entre os meses coletados, observou-se em todos eles uma maior retenção hídrica em março e junho (Figura 12).



**Figura 11-** Densidade ( $\text{g cm}^{-3}$ ) e espessura (cm) do armazenamento de liteira em quatro meses avaliados no ano de 2019, nos tratamentos CTL= controle, REM= remoção de liteira e IRR= irrigação. situada nos experimentos do projeto MANFLORA, no planalto interfluvial na margem direita do rio Praiquara ( $1^{\circ} 19' 16'' \text{ S}$ ,  $47^{\circ} 57' 50'' \text{ W}$ ), aflente da margem direita do rio Apeú na Estação de Piscicultura de Castanhal (EPC) - UFRA, CASTANHAL, PARÁ. Médias seguidas de seus respectivos erros padrões com letras maiúsculas mostram a relação entre os tratamentos no mesmo mês; e letras minúsculas mostram a relação de cada tratamentos nos meses avaliados, testado estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).



**Figura 12-** Capacidade de retenção hídrica (%) em quatro meses avaliados no ano de 2019, nos tratamentos CTL= controle, REM= remoção de liteira e IRR= irrigação. situada nos experimentos do projeto MANFLORA, no planalto interfluvial na margem direita do rio Praiquara ( $1^{\circ} 19' 16'' \text{ S}$ ,  $47^{\circ} 57' 50'' \text{ W}$ ), aflente da margem direita do rio Apeú na Estação de Piscicultura de Castanhal (EPC) - UFRA, CASTANHAL, PARÁ. Médias seguidas de seus respectivos erros padrões com letras maiúsculas mostram a relação entre os tratamentos no mesmo mês; e letras minúsculas mostram a relação de cada tratamentos nos meses avaliados, testado estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).



## 7. DISCUSSÃO

### 7.1. Caracterização fitossociológica

As famílias Annonaceae e Fabaceae foram as mais representativas nos três tratamentos. Dentro da família Annonaceae há três gêneros que detém certa contribuição para o ecossistema, pois produzem frutos comestíveis, com muitas sementes que são dispersas pela fauna existente; esses gêneros são *Annona*, *Rollinia* e *Duguetia*, sendo observadas no estudo as espécies *Annona exsucca* DC. e *Annona paludosa* Aubl (MOSCA; DANTAS, 2006).

Quanto a família Fabaceae geralmente consta como elemento florístico dominante na Amazônia, contribuindo significativamente com a diversidade regional, desempenhando um papel importante na ciclagem do nitrogênio para o ecossistema (SILVA et al., 2013).

As espécies da família Fabaceae são importantes principalmente para os ecossistemas alterados, pois fixam no solo o nitrogênio da atmosfera (SILVA et al., 2013). Esta fixação ocorre pela associação simbiótica entre as plantas e grupos de bactérias que normalmente estão presentes na rizosfera (SILVA et al., 2018a). Este processo é fundamental na manutenção deste nutriente no solo, especialmente na Amazônia, onde processos de lixiviação são mais elevados devido à intensa precipitação pluviométrica.

Entre as espécies registradas houve destaque para *Lacistema pubescens* Mart. Essa espécie necessita de grande quantidade de luz nas fases iniciais de seu desenvolvimento apresentando rápido aumento na densidade arbórea, sendo dominante em florestas secundárias no leste da Amazônia, fato este comprovado pelos parâmetros fitossociológicos registrados neste estudo (COELHO et al., 2003).

A elevada dominância dessa espécie nos ecossistemas é atribuída pela alta capacidade de rebrotação; depois de estabelecidas, mantêm sua população por muito tempo (ARAÚJO et al., 2005). Sendo indicada para recomposição de ecossistemas degradados, mesmo não apresentando informações silviculturais suficientes (VALE; COSTA; MIRANDA, 2014).

Estudos de Coelho et al. (2003); Araújo et al. (2005) realizado na mesma área deste trabalho, mostraram que além de *L. pubescens*, observou-se *Ocotea guianensis* como uma das espécies de maior importância para os ecossistemas; estes resultados também foram visíveis para os tratamentos deste estudo.

No entanto, dentre as 10 espécies listadas com maior IVI, foi predominante *L. pubescens* no tratamento CTL e REM, e *Pourouma guianensis* em IRR. O IVI estimado para as espécies vegetais é utilizado como indicador da importância ecológica, devido à influência das espécies mais frequentes e dominantes nos processos básicos de equilíbrio da flora e manutenção da fauna, fornecendo abrigo e alimentação; portanto, quanto maiores os valores de

abundância, frequência e dominância mais importância será a espécie dentro do ecossistema (OLIVEIRA; AMARAL, 2004; QUEIROZ et al., 2017).

Quanto aos grupos ecológicos, observou-se maiores valores de porcentagem para os grupos das secundárias. E isso mostra o avanço da sucessão ecológica, pois geralmente há predomínio de espécies com características secundárias, no qual futuramente serão gradativamente substituídas por espécies de fases sucessionais mais avançadas (PAIVA; RIBEIRO; CARVALHO, 2015).

Quanto às espécies de características pioneiras, 34,49% foram contabilizadas somente para o tratamento IRR (Figura 8), resultados esses não condizentes para uma área que obteve uma melhor contribuição no seu ciclo biogeoquímico. Todavia, essas porcentagens são encontradas geralmente em áreas de clareiras oriundas da queda de algumas árvores, sendo uma explicação plausível, haja vista que, foram encontrados indivíduos mortos e tombados durante a pesquisa.

Uma vez que o ecossistema apresenta uma clareira em virtude de indivíduos mortos, ocasiona uma oportunidade de desenvolvimento das espécies pioneiras, haja vista que a radiação direta seja sua única possibilidade de sobrevivência; possuindo então, uma grande capacidade de estabelecimento e rápido incremento de densidades, completando seu ciclo de vida em ambientes sombreados (JARDIM; SERRÃO; NEMER, 2007).

A função das pioneiras em um ambiente de clareiras é auxiliar na recuperação do ecossistema, e sua redução é explicada pelo avanço sucessional, pois a diminuição de clareiras ocasiona o alto índice de mortalidade dos indivíduos estabelecidos durante a fase inicial da recuperação (DUARTE et al., 2018).

As espécies do grupo clímax, de certa forma inibem o crescimento das espécies pioneiras, que só se desenvolvem após uma alteração no ecossistema (MIRANDA, 2009). Isto foi constatado neste estudo, pois o tratamento REM, que apresentou maior porcentagem de espécies do grupo clímax (31,82%), registrou a menor porcentagem para as pioneiras (22,72%) comparando com os outros tratamentos. Além disso, observou-se a forma inversa no tratamento IRR com menor taxa de espécies de clímax 13,80% e maior taxa de pioneiras 34,48% (Figura 8).

Ainda sobre os grupos clímax, os indivíduos do tratamento REM apresentaram DAP médio de 14,85cm; enquanto que no CTL e IRR foram registrados 9,69 e 12,25cm, respectivamente. Em todos os tratamentos estudados, foram predominantes três espécies de característica tardia (clímax), a saber: *Ocotea guianensis*, *Guatteria punctata* e *Cupania scrobiculata*. Essas espécies apresentaram melhor destaque no REM, haja vista que ocuparam

a 2ª, 3ª e 4ª colocação dentre as espécies com maior valor de importância, representando juntas um total de 34,06% de IVI (Tabela 4).

A distribuição mais equitativa dos grupos ecológicos foi no REM; e com isso entende-se a evolução ecológica, pois o crescimento das espécies de um determinado grupo favorece o desenvolvimento de outras; contribuindo assim para o avanço sucessional. Com o tempo, as espécies pioneiras envelhecem e morrem causando mudanças da dominância no ecossistema, sendo substituídas por espécies típicas de estágios mais avançados e aumentando gradualmente a diversidade da floresta sucessional. Percebe-se que, embora apresentem espécies pioneiras, a presença de muitas espécies de sucessão secundária na floresta indica uma fase de transição do desenvolvimento sucessional (ARAÚJO et al., 2005).

## 7.2. Propriedades físicas da liteira

Nos tratamentos estudados, constatou-se que *à hipótese foi aceita* (ANOVA,  $p < 0,05$ ), ou seja, os resultados indicaram que ocorreu diferença significativa entre os tratamentos, além disso, os valores médios de armazenamento ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ), densidade ( $\text{g cm}^{-3}$ ) e capacidade de retenção de água (%) foram maiores no tratamento remoção de liteira e irrigação em comparação ao controle (Tukey,  $p < 0,05$ ).

Um dos fatores que pode explicar os maiores valores dos tratamentos REM e IRR está relacionado com a composição florística. Apesar do tratamento REM apresentar menor quantidade de indivíduos ( $708,33 \text{ ind ha}^{-1}$ ) em relação ao IRR ( $919,66 \text{ ind ha}^{-1}$ ) a igualdade entre eles na variável armazenamento de liteira pode ser evidenciada em razão de três espécies de grupo ecológico clímax estarem entre as cinco mais importantes para o REM, representando 34,06% de IVI (Tabela 4).

O grupo ecológico clímax apresenta elevada contribuição para o ciclo biogeoquímico, haja vista que possuem uma extensa área de copa que tendem a predominar no dossel, sendo esta variável observada visualmente neste tratamento. Comprovando isto Lorenzo; Campagnaro, (2017) encontraram uma correlação positiva entre a área da copa de espécies e o armazenamento de liteira, mostrando que quanto mais estruturado e predominante no dossel, maior é sua contribuição no acúmulo de liteira no solo.

Outra justificativa está ligada também aos grupos ecológicos. Percebe-se que no tratamento IRR a espécie de maior IVI (12,94%) foi *P. guianensis* classificada no grupo das pioneiras, enquanto no REM a de maior valor (26,09%) foi *L. pubescens* grupo das secundárias, seguida de *O. guianensis* (20,74 %) de característica clímax (Tabela 4).

Embora o grupo das pioneiras apresente um rápido crescimento e com isso as árvores liberem grande quantidade de liteira, foi constatado por Mateus et al. (2013), que em um mesmo intervalo de tempo, os ecossistemas onde predominam as espécies do grupo secundárias ou clímax apresentam maior quantidade de liteira estocada. Desta forma, as espécies com maiores valores de parâmetros fitossociológicos, proporcionam elevadas quantidades de liteira para o ecossistema (SILVA et al., 2018c).

Quanto ao armazenamento de liteira nos meses avaliados, observa-se em outros estudos que os maiores acúmulos acontecem durante a estação seca (VASCONCELOS et al., 2008; SOUZA et al., 2018); principalmente quando o local de estudo apresenta estações climáticas bem definidas. No entanto, é inviável afirmar isto para a Amazônia, pois esta apresenta um clima atípico das outras regiões, com um período de intensa precipitação pluviométrica e outro de menor intensidade (Figura 2).

Em ecossistemas com estações climáticas definidas, o aporte de liteira é um mecanismo para a conservação da água, com altos armazenamentos nas estações seca; no entanto, em ecossistemas onde raramente há uma estação seca, como na Amazônia, pode ocorrer uma entrada contínua de liteira ao longo do ano, com picos associados a fatores internos como senescências das espécies; e a fatores ambientais, como tempestades e ventos de chuva (SILVA et al. 2017).

Para este estudo, a relação da liteira estocada de cada tratamento entre os meses analisados, mostrou que março (maior precipitação pluviométrica) obteve maior quantidade de massa seca. Este resultado pode ser explicado em decorrência das intensas rajadas de ventos, raios e o próprio peso das gotas da chuva, as quais podem ocasionar ou intensificar o desprendimento dos ramos e das folhas das árvores (MARTINS et al., 2018).

Na Amazônia as fortes precipitações pluviométrica afetam a produção e o armazenamento de liteira de um ecossistema (SILVA et al., 2017). Estudo de Tonin et al. (2017) na Amazônia, registrou também maior acúmulo de liteira no solo no período de maior precipitação pluviométrica.

Em períodos de maior precipitação pluviométrica é visível constatar menor luminosidade e baixa temperatura nos ecossistemas, ocasionando a redução do processo fotossintético das plantas; gerando assim uma possível senescências das espécies para evitar o alto gasto de energia, sendo isto uma provável explicação fisiológica para este estudo (PES; ARENHARDT, 2015). Deste modo, Santos; Barreto-Garcia; Scoriza, (2018) observou que o acúmulo de material folhoso correlacionou positivamente com a precipitação pluviométrica.

Entendendo assim, que a senescência das espécies influencia diretamente a quantidade de liteira estocada no solo florestal (SILVA et al., 2018b).

Neste contexto, quantificar as frações folhosas e lenhosas pode fornecer informações adicionais para o entendimento do acúmulo de liteira no ecossistema, por exemplo, Londe; Sousa; Kozovits, (2016) mostraram que o armazenamento da fração lenhosa foi a segunda maior ao longo do ano, justificando pelas ocorrências de ventos fortes que aumentaram a quebra de galhos das árvores. Silva et al. (2018c) relatou que os ecossistemas com menores quantidades de indivíduos, apresentam estrutura simples de vegetação vertical permitindo maior velocidade do vento dentro da floresta, o que prejudica a maior queda de galhos e folhas, sendo isto também uma justificativa para a maior armazenamento de material folhoso e lenhoso do tratamento remoção de liteira.

Costa et al. (2017) registrou 77,1% de massa folhosa em uma floresta sucessional na Amazônia, o que corrobora com o estudo, afirmando também que a fração foliar é o principal componente na manutenção de nutrientes em um ecossistema. Esses valores podem chegar a 80% em um ecossistema florestal tropical (TERROR; SOUSA; KOZOVITS, 2011).

Quanto aos valores de armazenamento do fragmento lenhoso, foi observado por Silva et al. (2018c) que à energia mecânica imposta pelo vento durante as chuvas, aliada ao ganho de peso dos galhos pela absorção hídrica foi determinante para a contribuição da massa de liteira estocada no ecossistema.

Este acúmulo do fragmento folhoso e lenhoso gera um valor de densidade e espessura no ecossistema, apresentando uma associação direta com o armazenamento, pois este apresenta relação com a área, ou seja, com a distribuição da liteira em um hectare. Já a densidade possui relação direta com o volume, sendo a variável altura, descrita neste estudo como espessura da liteira estocada no solo em ( $\text{g cm}^{-3}$ ). Essas variáveis uma vez acumulada contribuem na interceptação de luz, no qual favorece a germinação de sementes, além disso, auxiliam no crescimento e desenvolvimento de micro-organismos decompositores e reduzem o processo de erosão e lixiviação do ecossistema (LIMA et al., 2015).

Os altos valores de densidade e espessura em um período se dá pela influência mais efetiva e rápida de variáveis climáticas; além das melhores características fitossociológicas das espécies, o que foi constatado no tratamento REM (Barbosa et al., 2017).

As alterações quantitativas da densidade e espessura da liteira, junto com a umidade na massa auxiliam na multiplicação de micro-organismos decompositores (LIMA et al., 2015). Vasconcelos et al. (2007), mostrou a importância da umidade na proliferação de macro artrópodes do solo, no qual determinaram a maior perda da massa foliar de liteira.

Com o crescimento e desenvolvimento desses decompositores, há uma maior quebra da superfície de adesão da liteira, deixando o material com maior potencial de absorção, obtendo um maior poder de retenção hídrica (MATEUS et al., 2013). Desta forma, em ecossistemas sucessionais alterados, a composição da liteira tem uma grande importância na ciclagem dos nutrientes, pois a liteira estocada e úmida, aliada a fauna decompositora do solo contribui para a alta disponibilidade de nutrientes solo, sendo essencial para manutenção e conservação do ecossistema (SILVA et al., 2018b).

Para os três tratamentos houve maior capacidade de retenção hídrica em março, mês de maior precipitação pluviométrica, e isto foi também constatado por Martins et al. (2018), onde encontrou maiores valores nos meses mais chuvoso, associando a granulometria das frações e ao estágio de decomposição; segundo eles, pequenas partículas de liteira apresentam maior superfície de contato e, portanto, adsorvem mais água; retardando assim, o processo de lixiviação dos nutrientes (XIA et al., 2019).

De forma geral, a composição das espécies arbóreas pode afetar a capacidade de absorção hídrica da liteira. Martins et al. (2018) analisando a capacidade de retenção hídrica em três ecossistemas diferentes, constataram a evolução da taxa de absorção de acordo com a composição florística de cada ecossistema. Zhou et al. (2018) mostraram que em florestas com maior diversidade de espécies, a absorção hídrica da liteira foi maior (XIA et al., 2019). Apesar do tratamento IRR apresentar maior quantidade de espécie, houve igualdade com o tratamento REM, mostrando através desta análise que os dois tratamentos apresentam capacidade de retenção hídrica semelhante.

## 8. CONCLUSÃO

1) Os dados fitossociológicos mostraram valores mais expressivos para *Lacistema pubescens* Mart. nos tratamentos CTL e REM, enquanto que *Pourouma guianensis* Aubl. no tratamento IRR. Nos grupos ecológicos, os tratamentos CTL e IRR apresentaram predomínio de espécies secundárias e pioneiras, enquanto que REM foi secundárias e clímax, sendo essas características os fatores determinantes para o entendimento do armazenamento de liteira.

2) As análises das propriedades físicas do armazenamento de liteira permitem o entendimento ecológico dos ecossistemas. Neste estudo, após 12 anos do fim dos tratamentos verificou-se que ainda existe diferença entre os tratamentos. além disso houve a recuperação e o equilíbrio entre os tratamentos REM e IRR, ambos com maiores valores, compreendendo que o efeito do REM favoreceu sua evolução ecológica.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. J.; LUIZÃO, F.; RODRIGUES, D. DE J. Litterfall production in intact and selectively logged forests in southern of Amazonia as a function of basal area of vegetation and plant density. **Acta Amazonica**, v. 45, n. 2, 2015.
- ALVES, A. R.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A. DA; DUBEUX-JÚNIOR, J. C. B.; OSAJIMA, J. A.; HOLANDA, A. C. DE. Conteúdo de nutrientes na biomassa e eficiência nutricional em espécies da caatinga. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 2, p. 377–390, 2017.
- ANDRADE, A. G.; CALLERO, S. W. U.; FARIA, S. M. **Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais**. Rio de Janeiro, Embrapa Solos: Documentos n. 13, 1999. 22p.
- ARAÚJO, M. M.; TUCKER, J. M.; VASCONCELOS, S. S.; ZARIN, D. J.; OLIVEIRA, W.; SAMPAIO, P. D.; RANGEL-VASCONCELOS, L. G.; OLIVEIRA, F. DE A.; COELHO, R. DE F. R.; ARAGÃO, D. V.; MIRANDA, I. Padrão e processo sucessionais em florestas secundárias de diferentes idades na Amazônia Oriental. **Ciência Florestal**, v. 15, n. 4, p. 343–357, 2005.
- ARRAES, R. DE A. E.; MARIANO, F. Z.; SIMONASSI, A. G. Causas do desmatamento no Brasil e seu ordenamento no contexto mundial. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 50, n. 1, p. 119–140, mar. 2012.
- BARBOSA, J. H. C.; FARIA, S. M. DE. Aporte de serrapilheira ao solo em estágios sucessionais florestais na reserva biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, v. 57, n. 3, p. 461–476, 2006.
- BARBOSA, V.; BARRETO-GARCIA, P.; GAMA-RODRIGUES, E.; PAULA, A. DE. Biomassa, carbono e nitrogênio na serapilheira acumulada de florestas plantadas e nativa. **Floresta e Ambiente**, v. 24, p. 1–9, 2017.
- BUDOWSKI, G. Distribution of tropical American rain forest species in the light of successional processes. **Turrialba**, v. 15, n. 1, p. 40–42, 1965.
- CALDEIRA, M. V. W.; VITORINO, M. D.; SCHAADT, S. S.; MORAES, E.; BALBINOT, R. Quantificação de serapilheira e de nutrientes em uma Floresta Ombrófila Densa. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n. 1, p. 53–68, 2008.
- CALDEIRA, M. V. W.; DA SILVA, R. D.; KUNZ, S. H.; ZORZANELLI, J. P. F.; CASTRO, K. C.; DE OLIVEIRA GODINHO, T. Biomassa e nutrientes da serapilheira em diferentes coberturas florestais. **Comunicata Scientiae**, v. 4, n. 2, p. 111–119, 2013.
- CAMARA, R.; SILVA, V. D.; DELAQUA, G. C. G.; LISBÔA, C. P.; VILLELA, D. M.



Relação entre sucessão secundária, solo e serapilheira em uma reserva biológica no estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 2, p. 674–686, jun. 2018.

CAMPOS, E. H.; ALVES, R. R.; SERATO, D. S.; RODRIGUES, G. S. DE S. C.; RODRIGUES, S. C. Acúmulo de serrapilheira em fragmentos de mata mesofítica e cerrado stricto sensu em Uberlândia-MG. **Sociedade & Natureza**, v. 20, n. 1, p. 189–203, 2008.

CARNEIRO, A. C. P. **Capacidade De Retenção Hidrica Da Serapilheira De Clones De Eucalipto**. monografia, Universidade Federal de Mato Grosso-UFMG, Cuiabá, Mato grosso, p.22, 2014, 2014.

COELHO, R. DE F. R.; ZARIN, D. J.; MIRANDA, I. S.; TUCKER, J. M. Análise florística e estrutural de uma floresta em diferentes estágios sucessionais no município de Castanhal, Pará. **Acta Amazonica**, v. 33, n. 4, p. 563–582, dez. 2003.

COSTA, B. C.; SUZUKI, P. M.; MARTINS, W. B. R.; ANDRADE, V. M. S.; OLIVEIRA, F. A. Dinâmica da massa seca e propriedades químicas da liteira em *Virola surinamensis* e floresta sucessional na Amazônia oriental. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 1, p. 23, maio 2017.

COSTA, P. M. O.; DE ARAÚJO, M. A. G.; DE SOUZA-MOTTA, C. M.; MALOSSO, E. Dynamics of leaf litter and soil respiration in a complex multistrata agroforestry system, Pernambuco, Brazil. **Environment, Development and Sustainability**, v. 19, n. 4, p. 1189–1203, ago. 2016.

DANIELA, A.; MENDES, R.; EDSON, L.; OLIVEIRA, M. DE; NEVES, M. Concentração e redistribuição de nutrientes minerais nos diferentes estádios foliares de seringueira. **Acta Amazonica**, v. 42, n. 3, p. 525–532, 2012.

DE QUEIROZ, W. T.; SILVA, M. L.; JARDIM, F. C. S.; VALE, R.; VALENTE, M. D. R.; PINHEIRO, J. Índice De Valor De Importância De Espécies Arbóreas Da Floresta Nacional Do Tapajós Via Análises De Componentes Principais E De Fatores. **Ciencia Florestal**, v. 27, n. 1, p. 47–59, 2017.

DUARTE, J. A. P.; FERREIRA, G. C.; RUSCHEL, A. R.; MAFRA, N. DO A. Composição e estrutura florística de florestas degradadas e secundárias da Mesorregião sudoeste Paraense, PA, Brasil. **Biota Amazônia**, v. 8, n. 2, p. 32–43, 2018.

EMBRAPA. **Mapa de cobertura vegetal e uso da terra do Município de Castanhal – Pará**. disponível em: <<<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/993875>>> Acesso em 3 de dezembro de 2020.

- FACELLI, J. M.; PICKETT, S. T. A. Plant litter: Its dynamics and effects on plant community structure. **The Botanical Review**, v. 57, n. 1, p. 1–32, jan. 1991.
- FERNANDES, M. M.; PEREIRA, M. G.; MAGALHÃES, L. M. S.; CRUZ, A. R.; GIÁCOMO, R. G. Aporte e decomposição de serapilheira em áreas de floresta secundária, plantio de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) e andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) na Flona Mário Xavier, RJ. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 2, p. 163, jun. 2006a.
- FERNANDES, M. M.; PEREIRA, M. G.; MAGALHÃES, L. M. S.; CRUZ, A. R.; GIÁCOMO, R. G. Aporte e decomposição de serapilheira em áreas de floresta secundária, plantio de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) e andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) na Flona Mário Xavier, RJ. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 2, p. 163–175, jun. 2006b.
- FORTINI, L. B.; BRUNA, E. M.; ZARIN, D. J.; VASCONCELOS, S. S.; MIRANDA, I. S. Altered resource availability and the population dynamics of tree species in Amazonian secondary forests. **Oecologia**, v. 162, n. 4, p. 923–934, abr. 2010.
- FREITAS, C. A. A. DE; CALDEIRA, M. V. W.; HORN, S. K.; CASTRO, K. C.; VIERA, M. Serapilheira acumulada em complexo rupestre de granito, Mimoso do Sul, ES. **Revista Árvore**, v. 39, n. 4, p. 671–681, ago. 2015.
- GIÁCOMO, R. G.; PEREIRA, M. G.; MACHADO, D. L. Aporte e decomposição de serapilheira em áreas de cerradão e mata mesofítica na estação ecológica de Pirapitinga – MG. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 4, p. 669–680, 2012.
- GODINHO, T. DE O.; CALDEIRA, M. V. W.; ROCHA, J. H. T.; CALIMAN, J. P.; TRAZZI, P. A. Quantificação de biomassa e nutrientes na serapilheira acumulada em trecho de floresta estacional semidecidual submontana, ES. **CERNE**, v. 20, n. 1, p. 11–20, 2014.
- GORHAM, E.; VITOUSEK, P. M.; REINERS, W. A. The Regulation of Chemical Budgets over the Course of Terrestrial Ecosystem Succession. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 10, n. 1, p. 53–84, nov. 1979.
- HILLMAN, G. R.; GOLDING, D. L. **Forest floor characteristics of marmot and streeter experimental watersheds**, Alberta. Canadian Forestry Service, Edmonton, Alberta, Canadá, p.21, 1981.
- HOLANDA, A. C. DE; FELICIANO, A. L. P.; FREIRE, F. J.; SOUSA, F. Q. DE; FREIRE, S. R. DE O.; ALVES, A. R. Aporte de serapilheira e nutrientes em uma área de caatinga. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 2, p. 621–633, 2017.
- INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Ministério da agricultura, pecuária e

abastecimento. Estação automática - A202, Castanhal/PA. 2019.

JARDIM, F. C. D. S.; SERRÃO, D. R.; NEMER, T. C. Efeito de diferentes tamanhos de clareiras, sobre o crescimento e a mortalidade de espécies arbóreas, em Moju-PA. **Acta Amazonica**, v. 37, n. 1, p. 37–47, 2007.

KIMMINS, J. P. Biogeochemistry: Cycling of Nutrients in Ecosystems. **Forest Ecology**, p. 68–129, 1987.

KUHLER, A. W.; MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. Aims and Methods of Vegetation Ecology. **Geographical Review**, v. 66, n. 1, p. 114, jan. 1976.

LIMA, R. P.; FERNANDES, M. M.; DE MOURA FERNANDES, M. R.; MATRICARDI, E. A. T. Aporte e decomposição da serapilheira na Caatinga no Sul do Piauí. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 1, p. 42–49, 2015.

LIMA, T. T. S.; MIRANDA, I. S.; VASCONCELOS, S. S. Effects of water and nutrient availability on fine root growth in eastern Amazonian forest regrowth, Brazil. **New Phytologist**, v. 187, n. 3, p. 622–630, 2010.

LIMA, T. T. S.; MIRANDA, I. S.; VASCONCELOS, S. S. Fine-root production in two secondary forest sites with distinct ages in Eastern Amazon. **Acta Amazonica**, v. 42, n. 1, p. 95–104, 2012.

LONDE, V.; DE SOUSA, H. C.; KOZOVITS, A. R. Litterfall as an indicator of productivity and recovery of ecological functions in a rehabilitated riparian forest at das velhas river, southeast Brazil. **Tropical Ecology**, v. 57, n. 2, p. 355–360, 2016.

LONGHI, R. V.; LONGHI, S. J.; CHAMI, L. B.; WATZLAWICK, L. F.; EBLING, A. A. Produção de serapilheira e retorno de macronutrientes em três grupos florísticos de uma Floresta Ombrófila Mista, RS. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 4, p. 699–710, 2011.

LORENZO, L.; CAMPAGNARO, V. H. Litterfall production as a function of planting seedlings system in a two years forest restoration area in the coastal-plain of Caraguatatuba, São Paulo, Brazil. **Revista Árvore**, v. 41, n. 2, p. 1–8, 2017.

LUDVICHAK, A. A.; SCHUMACHER, M. V.; DICK, G.; MOMOLLI, D. R.; SOUZA, H. P. DE; GUIMARÃES, C. DO C. Nutrient return through litterfall in a *Eucalyptus dunnii* Maiden stand in sandy soil. **Revista Árvore**, v. 40, n. 6, p. 1041–1048, dez. 2016.

LUIZÃO, F. J. **Ecological Studies in contrasting forest types in central Amazônia**. Tese de doutorado, Philosophy at the University of Stirling, Scotland, UK, p.288, 1995.

- MARTINS, W. B. R. **Dinâmica de serapilheira em áreas de mineração submetidas a métodos de restauração florestal, nordeste do Pará.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Rural da Amazônia-UFRA, Belém, Pará, p.57, 2016.
- MARTINS, W. B. R.; FERREIRA, G. C.; SOUZA, F. P.; DIONISIO, L. FERNANDES S.; OLIVEIRA, F. DE A. Deposição de serapilheira e nutrientes em áreas de mineração submetidas a métodos de restauração florestal em Paragominas, Pará. **FLORESTA**, v. 48, n. 1, p. 37, 13 mar. 2018a.
- MARTINS, W. B. R.; VALE, R. L.; FERREIRA, G. C.; ANDRADE, V. M. S.; DIONÍSIO, L. F. S.; RODRIGUES, R. P.; OLIVEIRA, F. A.; SOUZA, G. M. P. Litterfall, litter stock and water holding capacity in post-mining forest restoration ecosystems, Eastern Amazon. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, v. 13, n. 3, p. 1–9, set. 2018b.
- MARTORANO, L. G.; PEREIRA, L. C. **Estudos Climáticos do Estado do Pará: Classificação Climática (KÖPPEL) e deficiência Hídrica (Thornhtwhite, Mather).** Sudam/Embrapa, Belém: 1993.
- MASSOCA, P. E. DOS S.; JAKOVAC, A. C. C.; BENTOS, T. V.; WILLIAMSON, G. B.; MESQUITA, R. DE C. G. Dinâmica e trajetórias da sucessão secundária na Amazônia central. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Nat.**, v. 7, n. 3, p. 235–250, 2012.
- MATEUS, F. A.; DO COUTO MIRANDA, C.; VALCARCEL, R.; FIGUEIREDO, P. H. A. Armazenamento e capacidade de retenção hídrica da serrapilheira acumulada na restauração florestal de áreas perturbadas na mata Atlântica. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 3, p. 336–343, 2013.
- MATOS, N. M.; RIBEIRO, F. P.; GATTO, A.; BUSSINGUER, A. P. Armazenamento de Serapilheira em Três Fisionomias no Cerrado do Distrito Federal. **Floresta e Ambiente**, v. 24, p. 1–9, 28 set. 2017.
- MELOS, A. R. DE; SATO, A. M.; NETTO, A. L. C. Produção , Armazenamento e Retenção Hídrica da Serrapilheira em Encosta Sob Plantio de híbridos de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus grandis* : Médio Vale do Rio Paraíba do Sul. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 33, p. 66–73, 2010.
- MENDOZA, Z.; BORGES, P.; OLIVEIRA, J.; SIQUEIRA, T.; MORAIS, P. PROPRIEDADES FÍSICAS DA SERAPILHEIRA DE TECA. **Enciclopédia Biosfera**, v. 15, n. 27, p. 1411–1423, 20 jun. 2018.

MENEZES, C. E. G.; PEREIRA, M. G.; CORREIA, M. E. F.; ANJOS, L. H. C. DOS; PAULA, R. R.; SOUZA, M. E. aporte e decomposição da serapilheira e produção de biomassa radicular em florestas com diferentes estágios sucessionais em Pinheiral, RJ. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 3, p. 439–452, 2010.

MIRANDA, J. C. SUCESSÃO ECOLÓGICA: CONCEITOS, MODELOS E PERSPECTIVAS. **SaBios: Rev. Saúde e Biol.**, v. 4, n. 1, p. 31–37, 2009.

MOSCA, J. L.; DANTAS, C. E. B. C. T. M. Características Botânicas das Principais Anonáceas e Aspectos Fisiológicos de Maturação. **Embrapa Agroindústria Tropical**, v documento, p. 28, 2006.

NETO, A. M. **Banco de sementes do solo, regeneração natural e dinâmica da serapilheira em área minerada em processo de restauração no sudeste do brasil**. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Viçosa- UFV, Viçosa, Minas Gerais, p.64, 2015.

NUNES, E. N.; FERNANDES, Y. T. D.; MONTENEGRO, I. N. DE A.; ALVES, C. A. B.; SOUTO, J. S. Eficiência da translocação de nutrientes em plantas. **Revista Verde**, v. 8, n. 5, p. 90–95, 2013.

ODUM, E. P. **Ecologia**. 4<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: Guanabara, p.434, 1988.

OLIVEIRA, A. N.; AMARAL, I. L. Florística e fitossociologia de uma floresta de vertente na Amazônia Central, Amazonas, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 34, n. 1, p. 21–34, 2004.

OLIVEIRA, F. D. A. **Biogeoquímica comparativa de ecossistemas de floresta sucessional e virola surinamensis na região dos tabuleiros costeiros do estuário guajarinó, amazônia oriental, Brasil**. Tese de doutorado, Universidade Federal do Pará-UFPA, Belém, Pará, p.183, 2005.

PAIVA, R. V. E. E; RIBEIRO, J. H. C.; CARVALHO, F. A. Estrutura, diversidade e heterogeneidade do estrato regenerante em um fragmento florestal urbano após 10 anos de sucessão florestal. **FLORESTA**, v. 45, n. 3, p. 535, fev. 2015.

PARÁ. **Secretaria de Estado de Planejamento, Orçamento e Finanças**. 2012.

PARTON, W. J.; STEWART, J. W. B.; COLE, C. V. Dynamics of C, N, P and S in grassland soils: a model. **Biogeochemistry**, v. 5, n. 1, p. 109–131, fev. 1988.

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

- PES, L. Z.; ARENHARDT, M. H. **Fisiologia Vegetal**. Universida ed. Santa Maria - RS: p. 82, 2015.
- PINTO, H. C. A.; BARRETO, P. A. B.; RODRIGUES, E. F. DA G.; DE OLIVEIRA, F. G. R. B.; DE PAULA, A.; AMARAL, A. R. DECOMPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA FOLIAR DE FLORESTA NATIVA E PLANTIOS DE *Pterogyne nitens* E *Eucalyptus urophylla* NO SUDOESTE DA BAHIA. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 4, p. 1141, 28 dez. 2016.
- PLAMONDON, A. P. **Hydrologic properties and water balance of the forest floor of a canadian west coast watershed**. Tese de Doutorado, Universidade Laval, Quebec, Canadá, p.126, 1968.
- RANGEL-VASCONCELOS, L. G. T.; ZARIN, D. J.; CARVALHO, C. J. R.; SANTOS, M. M. L. S.; VASCONCELOS, S. S.; OLIVEIRA, F. A. Carbono, nitrogênio e atividade da biomassa microbiana de um solo sob vegetação secundária de diferentes idades na Amazônia oriental. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 44, p. 49–63, 2005.
- RODRIGUES, B. D.; MARTINS, S. V.; LEITE, H. G. Avaliação do potencial da transposição da serapilheira e do banco de sementes do solo para restauração florestal em áreas degradadas. **Revista Árvore**, v. 34, n. 1, p. 65–73, fev. 2010.
- SANTOS, A. F. A.; CARNEIRO, A. C. P.; MARTINEZ, D. T.; CALDEIRA, S. F. Capacidade de Retenção Hídrica do Armazenamento de Serapilheira de Eucalipto. **Floresta e Ambiente**, v. 24, p. 9, 2017.
- SANTOS, R. S. DOS; BARRETO-GARCIA, P. A. B.; SCORIZA, R. N. Fungos micorrízicos arbusculares e serapilheira como indicadores do efeito de borda em fragmento de floresta estacional. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 1, p. 324, 2 abr. 2018.
- SCHUMACHER, M. V.; SZYMCZAK, D. A.; TRÜBY, P.; LONDERO, E. K.; MARAFIGA, J. Aporte de serapilheira e nutrientes em uma floresta estacional decidual na região central do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 2, p. 532, 29 jun. 2018.
- SCORIZA, R. N.; PEREIRA, M. G.; PEREIRA, G. H. A.; MACHADO, D. L.; SILVA, E. M. R. DA. Métodos para coleta e análise de serrapilheira aplicados à ciclagem de nutrientes. **Floresta e Ambiente**, v. 2, n. 2, p. 1–18, 2012.
- SCOTT, N. A.; PROCTOR, J.; THOMPSON, J. Ecological studies on a lowland evergreen rain forest on Maracá Island, Roraima, Brazil: II. Litter and nutrient cycling. **Journal of Ecology**, v. 80, p. 705–717, 1992.
- SILVA, A. B.; JUNIOR, M. A. L.; JUNIOR, J. C. B. D.; FIGUEIREDO, M. DO V. B.;

VICENTIN, R. P. Armazenamento de serapilheira e fertilidade do solo em pastagem degradada de *brachiaria decumbens* após implantação de leguminosas arbustivas e arbóreas forrageiras. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 37, p. 502–511, 2013.

SILVA, A. L. LEMES; KLEBA LISBOA, L.; SIEGLOCH, A. E.; PETRUCIO, M. M.; GONÇALVES JÚNIOR, J. F. Connecting the litterfall temporal dynamics and processing of coarse particulate organic matter in a tropical stream. **Marine and Freshwater Research**, v. 68, n. 7, p. 1260, 2017.

SILVA, A. D. DA. **Produção e concentração de nutrientes via deposição de liteira na floresta nacional do tapajós, Belterra – PA**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Do Oeste Do Pará-UFOPA, Santarém, Pará, p.76, 2014.

SILVA, M. M. DA; OLIVEIRA, F. DE A.; SANTANA, A. C. Mudanças na dinâmica de uso das florestas secundárias em Altamira, Estado do Pará, Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 58, n. 2, p. 176–183, 2015.

SILVA, J. J. N.; DE MELLO, W. Z.; RODRIGUES, R. A. R.; ALVES, B. J. R.; DE SOUZA, P. A.; DA CONCEIÇÃO, M. C. G. Nitrogen Cycling in Tropical Forests and Eucalyptus Plantations in Brazil in the Anthropocene. **Revista Virtual de Química**, v. 10, n. 6, p. 1792–1808, 2018a.

SILVA, K. DE A.; MARTINS, S. V.; MIRANDA NETO, A.; LOPES, A. T. Armazenamento de serapilheira em uma floresta em processo de restauração após mineração de bauxita. **Rodriguésia**, v. 69, n. 2, p. 853–861, jun. 2018b.

SILVA, W. B.; PÉRICO, E.; DALZUCHIO, M. S.; SANTOS, M.; CAJAIBA, R. L. Are litterfall and litter decomposition processes indicators of forest regeneration in the neotropics? Insights from a case study in the Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, v. 429, n. June, p. 189–197, dez. 2018c.

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

SOUZA, M. A.; SOUTO, J. S.; ANDRADE, A. P. DE; ARAUJO, K. D.; GOMES, D. L. Contribution of Litter and Leaf Decomposition of *Byrsonima gardneriana*. **Floresta e Ambiente**, v. 26, n. 1, p. 10, 10 dez. 2018.

SPERANDIO, H. V.; CECÍLIO, R. A.; SILVA, V. H.; LEAL, G. F.; BRINATE, I. B.; CALDEIRA, M. V. W. Emprego da serapilheira acumulada na avaliação de sistemas de restauração florestal em Alegre, ES. **Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 4, p. 460–467, 2012.

TANG, J.; CAO, M.; ZHANG, J.; LI, M.-H. Litterfall production, decomposition and nutrient use efficiency varies with tropical forest types in Xishuangbanna, SW China: a 10-year study. **Plant and Soil**, v. 335, n. 1–2, p. 271–288, 26 out. 2010.

TENÓRIO, A. R. M.; GRAÇA, J. J. C.; GÓES, J. E. M.; MENDEZ, J. G. R.; GAMA, J. R. M. F.; SILVA, P. R. O.; CHAGAS, P. S. M.; SILVA, R. N. P.; MÉRICO, R. R.; PEREIRA, W. L. M. Mapeamento dos Solos da Estação de Piscicultura de Castanhal, PA. **Informe Técnico**, v. 25, p. 5–26, 1999.

TERROR, V. L.; SOUSA, H. C. DE; KOZOVITS, A. R. Produção, decomposição e qualidade nutricional da serapilheira foliar em uma floresta paludosa de altitude. **Acta Botanica Brasílica**, v. 25, n. 1, p. 113–121, mar. 2011.

TIRELLI, M. G. **Capacidade de retenção da umidade e produção acumulada de serrapilheira em sítios florestais perturbados da mata atlântica**. Monografia, Universidade Federal Rural Do Rio De Janeiro-UFRRJ, Rio de Janeiro, p.29, 2007, 2007.

TONIN, A. M.; GONÇALVES, J. F.; BAMBI, P.; COUCEIRO, S. R. M.; FEITOZA, L. A. M.; FONTANA, L. E.; HAMADA, N.; HEPP, L. U.; LEZAN-KOWALCZUK, V. G.; LEITE, G. F. M.; LEMES-SILVA, A. L.; LISBOA, L. K.; LOUREIRO, R. C.; MARTINS, R. T.; MEDEIROS, A. O.; MORAIS, P. B.; MORETTO, Y.; OLIVERIA, P. C. A.; PEREIRA, E. B.; et al. Plant litter dynamics in the forest-stream interface: precipitation is a major control across tropical biomes. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 15, dez. 2017.

TURCHETTO, F.; FORTES, F. D. O. Aporte e decomposição de serapilheira em Floresta Estacional Decidual na região do Alto Uruguai, RS. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 34, n. 80, p. 391–397, dez. 2014.

VALE, I. DO; COSTA, L. G. S.; MIRANDA, I. S. Espécies indicadas para a recomposição da floresta ciliar da sub-bacia do rio Peixe-Boi, Pará. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 3, p. 573–582, 2014.

VASCONCELOS, S. S.; ZARIN, D. J.; CAPANU, M.; LITTELL, R.; DAVIDSON, E. A.; ISHIDA, F. Y.; SANTOS, E. B.; ARAÚJO, M. M.; ARAGAO, D. V.; RANGEL-VASCONCELOS, L. G. T.; OLIVEIRA, F. A.; MCDOWELL, W. H.; DE CARVALHO, C. J. R. Moisture and substrate availability constrain soil trace gas fluxes in an eastern Amazonian regrowth forest. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 18, n. 2, p. 1–10, 2004.

VASCONCELOS, S. S.; ZARIN, D. J.; ROSA, M. B. S. DA; OLIVEIRA, F. DE A.; CARVALHO, C. J. R. DE. Leaf Decomposition in a Dry Season Irrigation Experiment in



Eastern Amazonian Forest Regrowth. **Biotropica**, v. 35, n. 5, p. 593–600, 2007.

VASCONCELOS, S. S.; ZARIN, D. J.; ARAÚJO, M. M.; RANGEL-VASCONCELOS, L. G. T.; DE CARVALHO, C. J. R.; STAUDHAMMER, C. L.; OLIVEIRA, F. D. A. Effects of seasonality, litter removal and dry-season irrigation on litterfall quantity and quality in eastern Amazonian forest regrowth, Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 24, n. 1, p. 27–38, 2008.

VASCONCELOS, S. S.; ZARIN, D. J.; ARAÚJO, M. M.; MIRANDA, I. DE S. Aboveground net primary productivity in tropical forest regrowth increases following wetter dry-seasons. **Forest Ecology and Management**, v. 276, p. 82–87, jul. 2012.

VENDRAMI, J. L.; CASTANHO, C. DE T.; LORENZO, L.; DE OLIVEIRA, A. A.; JURINITZ, C. F. Litterfall and leaf decomposition in forest fragments under different successional phases on the Atlantic Plateau of the state of Sao Paulo, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 12, n. 3, p. 136–143, 2012.

VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V.; CALDEIRA, M. V. W. Dinâmica de Decomposição e Nutrientes em Plantio de *Eucalyptus Urophylla* × *Eucalyptus Globulus* no Sul do Brasil. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 3, p. 351–360, 2013.

XIA, L.; SONG, X.; FU, N.; CUI, S.; LI, L.; LI, H.; LI, Y. Effects of forest litter cover on hydrological response of hillslopes in the Loess Plateau of China. **CATENA**, v. 181, p. 11, out. 2019.

ZHOU, Q.; KEITH, D. M.; ZHOU, X.; CAI, M.; CUI, X.; WEI, X.; LUO, Y. Comparing the Water-holding Characteristics of Broadleaved, Coniferous, and Mixed Forest Litter Layers in a Karst Region. **Mountain Research and Development**, v. 38, n. 3, p. 220–229, ago. 2018.

**Apêndice 1.** Fitossociologia das espécies encontrada no inventário amostral com (CAP>15cm) no ecossistema controle, Universidade Federal Rural da Amazônia-UFRA, Castanhal, Pará, 2019.

Família	Espécies	N	DR (%)	FR (%)	DoR (%)	IVI (%)
Lacistemaceae	<i>Lacistema pubescens</i> Mart.	33	28,95	6,98	14,58	16,83
Sapindaceae	<i>Cupania scrobiculata</i> Rich.	13	11,40	6,98	4,67	7,68
Connaraceae	<i>Connarus perrottetii</i> var. <i>angustifolius</i> Radlk.	7	6,14	4,65	9,76	6,85
Annonaceae	<i>Annona exsucca</i> DC.	8	7,02	4,65	7,94	6,54
Annonaceae	<i>Guatteria punctata</i> (Aubl.) R. A. Howard	3	2,63	4,65	5,61	4,30
Annonaceae	<i>Annona paludosa</i> Aubl.	3	2,63	6,98	3,19	4,27
Lauraceae	<i>Ocotea guianensis</i> Aubl.	1	0,88	2,33	8,58	3,93
Anacardiaceae	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	1	0,88	2,33	8,27	3,82
Lecythidaceae	<i>Couratari stellata</i> A.C.Sm.	3	2,63	2,33	5,59	3,52
Fabaceae	<i>Stryphnodendron pulcherrimum</i> (Willd.) Hochr.	2	1,75	2,33	5,93	3,34
Fabaceae	<i>Inga thibaudiana</i> DC.	6	5,26	2,33	2,38	3,32
Clusiaceae	<i>Platonia insignis</i> Mart.	3	2,63	2,33	4,85	3,27
Lauraceae	<i>Nectandra cuspidata</i> Nees.	2	1,75	4,65	2,92	3,11
Salicaceae	<i>Casearia javitensis</i> Kunth.	5	4,39	2,33	1,76	2,82
Salicaceae	<i>Casearia decandra</i> Jacq.	2	1,75	4,65	1,16	2,52
Annonaceae	<i>Guatteria schomburgkiana</i> Mart.	2	1,75	2,33	1,37	1,82
Fabaceae	<i>Amphiodon effusus</i> (Huber)	2	1,75	2,33	1,36	1,81

Melastomataceae	<i>Bellucia grossularioides</i> (L.) Triana	1	0,88	2,33	2,16	1,79
Fabaceae	<i>Inga marginata</i> Willd.	2	1,75	2,33	0,99	1,69
Annonaceae	<i>Guatteria punctata</i> (Aubl.) R.A.Howard.	2	1,75	2,33	0,85	1,64
Urticaceae	<i>Cecropia palmata</i> Willd.	1	0,88	2,33	1,72	1,64
Nyctaginaceae	<i>Neea floribunda</i> Poepp. & Endl.	2	1,75	2,33	0,57	1,55
Burseraceae	<i>Trattinnickia rhoifolia</i> Willd.	1	0,88	2,33	0,92	1,37
Salicaceae	<i>Laetia procera</i> (Poepp.)	1	0,88	2,33	0,66	1,29
Moraceae	<i>Maquira guianensis</i> Aubl.	1	0,88	2,33	0,40	1,20
Malvaceae	<i>Apeiba glabra</i> Aubl.	1	0,88	2,33	0,34	1,18
Lecythidaceae	<i>Couratari guianensis</i> Aubl.	1	0,88	2,33	0,31	1,17
Rubiaceae	<i>Chimarrhis turbinata</i> DC.	1	0,88	2,33	0,27	1,16
Linaceae	<i>Hebepetalum humiriifolium</i> (G.Planch.) Benth.	1	0,88	2,33	0,24	1,15
Urticaceae	<i>Pourouma guianensis</i> Aubl.	1	0,88	2,33	0,22	1,14
Sapindaceae	<i>Talisia macrophylla</i> (Mart.) Radlk.	1	0,88	2,33	0,22	1,14
Vochysiaceae	<i>Vochysia guianensis</i> Aubl.	1	0,88	2,33	0,22	1,10
Total	32	114	100	100	100	100

N = número de indivíduos; DR (%) = densidade relativa; FR (%); frequência relativa; DoR (%) = dominância relativa; IVI (%) = índice de valor de importância.

**Apêndice 2.** Fitossociologia das espécies encontrada no inventário amostral com (CAP > 15cm) no ecossistema remoção liteira, Universidade Federal Rural da Amazônia-UFRA, Castanhal, Pará, 2019.

Família	Espécie	N	DR (%)	FR (%)	DoR (%)	IVI (%)
Lacistemaceae	<i>Lacistema pubescens</i> Mart.	29	34,12	11,76	32,38	26,09
Lauraceae	<i>Ocotea guianensis</i> Aubl.	15	17,65	8,82	35,76	20,74
Annonaceae	<i>Guatteria punctata</i> (Aubl.) R. A. Howard	8	9,41	8,82	4,37	7,54
Sapindaceae	<i>Cupania scrobiculata</i> Rich.	8	9,41	5,88	2,04	5,78
Fabaceae	<i>Inga flagelliformis</i> (Vell.) Mart.	4	4,71	8,82	2,06	5,20
Anacardiaceae	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	2	2,35	5,88	3,54	3,93
Annonaceae	<i>Annona exsucca</i> DC.	2	2,35	5,88	2,29	3,51
Fabaceae	<i>Abarema jupunba</i> (Willd.) Britton & Killip	3	3,53	2,94	3,04	3,17
Annonaceae	<i>Xylopia nitida</i> Dunal	1	1,18	2,94	3,68	2,60
Vochysiaceae	<i>Vochysia guianensis</i> Aubl.	1	1,18	2,94	3,00	2,37
Lecythidaceae	<i>Couratari stellata</i> A.C.Sm.	1	1,18	2,94	2,83	2,32
Malpighiaceae	<i>Byrsonima densa</i> (Poir.) DC.	1	1,18	2,94	1,27	1,80
Annonaceae	<i>Guatteria schomburgkiana</i> Mart.	1	1,18	2,94	0,93	1,68
Myrtaceae	<i>Myrcia fallax</i> (Rich.) DC.	1	1,18	2,94	0,84	1,65
Urticaceae	<i>Pourouma guianensis</i> Aubl.	1	1,18	2,94	0,72	1,61

Malvaceae	<i>Apeiba glabra</i> Aubl.		1	1,18	2,94	0,28	1,47
Lacistemaceae	<i>Lacistema aggregatum</i> (P.J.Bergius) Rusby.		1	1,18	2,94	0,24	1,45
Nyctaginaceae	<i>Neea floribunda</i> Poepp. & Endl.		1	1,18	2,94	0,21	1,44
Fabaceae	<i>Inga thibaudiana</i> DC.		1	1,18	2,94	0,17	1,43
Simaroubaceae	<i>Simaba cedron</i> Planch.		1	1,18	2,94	0,13	1,42
Salicaceae	<i>Casearia javitensis</i> Kunth.		1	1,18	2,94	0,11	1,41
Lecythidaceae	<i>Couratari guianensis</i> Aubl.		1	1,18	2,94	0,10	1,41
Total		22	85	100	100	100	100

N = número de indivíduos; DR (%) = densidade relativa; FR (%); frequência relativa; DoR (%) = dominância relativa; IVI (%) = índice de valor de importância.

**Apêndice 3.** Fitossociologia das espécies encontrada no inventário amostral com (CAP > 15cm) no ecossistema irrigação, Universidade Federal Rural da Amazônia-UFRA, Castanhal, Pará, 2019.

Família	Espécies	N	DR (%)	FR (%)	DoR (%)	IVI (%)
Urticaceae	<i>Pourouma guianensis</i> Aubl.	23	20,91	9,09	8,81	12,94
Lacistemaceae	<i>Lacistema pubescens</i> Mart.	14	12,73	9,09	5,37	9,06
Fabaceae	<i>Amphiodon effusus</i> (Huber)	10	9,09	2,27	15,07	8,81
Lauraceae	<i>Ocotea guianensis</i> Aubl.	6	5,45	4,55	13,89	7,96
Annonaceae	<i>Annona exsucca</i> DC.	7	6,36	6,82	6,20	6,46
Annonaceae	<i>Guatteria punctata</i> (Aubl.) R. A. Howard	6	5,45	6,82	5,93	6,07
Fabaceae	<i>Inga flagelliformis</i> (Vell.) Mart.	6	5,45	4,55	2,32	4,11
Fabaceae	<i>Abarema jupunba</i> (Willd.) Britton & Killip	5	4,55	2,27	5,32	4,05
Vochysiaceae	<i>Vochysia guianensis</i> Aubl.	3	2,73	2,27	6,88	3,96
Salicaceae	<i>Casearia arborea</i> (Rich.) Urb.	3	2,73	4,55	4,00	3,76
Clusiaceae	<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Pers.	3	2,73	4,55	3,58	3,62
Fabaceae	<i>Stryphnodendron pulcherrimum</i> (Willd.) Hochr.	1	0,91	2,27	6,37	3,18
Anacardiaceae	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	3	2,73	2,27	3,13	2,71
Salicaceae	<i>Laetia procera</i> (Poepp.)	2	1,82	4,55	1,39	2,59
Annonaceae	<i>Annona paludosa</i> Aubl.	2	1,82	2,27	2,55	2,21
Sapindaceae	<i>Cupania scrobiculata</i> Rich.	3	2,73	2,27	0,63	1,88
Myrtaceae	<i>Eugenia biflora</i> (L.) DC.	1	0,91	2,27	2,16	1,78
Rubiaceae	<i>Chimarrhis turbinata</i> DC.	1	0,91	2,27	1,64	1,61
Lauraceae	<i>Nectandra cuspidata</i> Nees.	1	0,91	2,27	0,83	1,34

Moraceae	<i>Maquira guianensis</i> Aubl.	1	0,91	2,27	0,63	1,27
Anacardiaceae	<i>Thyrsodium spruceanum</i> Benth.	1	0,91	2,27	0,62	1,27
Melastomataceae	<i>Miconia minutiflora</i> (Bonpl.) DC.	1	0,91	2,27	0,47	1,22
Nyctaginaceae	<i>Neea macrophylla</i> Poepp. & Endl.	1	0,91	2,27	0,42	1,20
Nyctaginaceae	<i>Neea floribunda</i> Poepp. & Endl.	1	0,91	2,27	0,39	1,19
Malpighiaceae	<i>Byrsonima densa</i> (Poir.) DC.	1	0,91	2,27	0,38	1,19
Salicaceae	<i>Casearia decandra</i> Jacq.	1	0,91	2,27	0,33	1,17
Boraginaceae	<i>Cordia exaltata</i> Lam.	1	0,91	2,27	0,26	1,15
Urticaceae	<i>Pourouma mollis</i> Trécul.	1	0,91	2,27	0,25	1,14
Rubiaceae	<i>Psychotria mapourioides</i> DC.	1	0,91	2,27	0,17	1,12
Total	29	110	100	100	100	100

N = número de indivíduos; DR (%) = densidade relativa; FR (%); frequência relativa; DoR (%) = dominância relativa; IVI (%) = índice de valor de importância.

#### Apêndice 4. Análise de Variância-Delineamento inteiramente casualizado do armazenamento de liteira

##### 4.1. ANOVA: Mês março, relação entre os tratamentos

Fonte da variação	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	valor- <i>P</i>	<i>F</i> crítico
Entre tratamentos	120,58259	2	60,2913	4,609064	<b>0,011837</b>	3,073763
Dentro dos tratamentos	1530,48031	117	13,08103			
Total	1651,0629	119				

##### 4.2. ANOVA: Mês junho, relação entre os tratamentos

Fonte da variação	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	valor- <i>P</i>	<i>F</i> crítico
Entre tratamentos	103,873049	2	51,93652	5,284566	<b>0,00635</b>	3,073763
Dentro dos tratamentos	1149,87174	117	9,827964			
Total	1253,74479	119				

##### 4.3. ANOVA: Mês setembro, relação entre os tratamentos

Fonte da variação	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	valor- <i>P</i>	<i>F</i> crítico
Entre tratamentos	0,68517329	2	0,342587	0,094983	<b>0,909458</b>	3,073763
Dentro dos tratamentos	421,997625	117	3,606817			
Total	422,682798	119				

##### 4.4. ANOVA: Mês dezembro, relação entre os tratamentos

Fonte da variação	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	valor- <i>P</i>	<i>F</i> crítico
Entre tratamentos	35,7068891	2	17,85344	3,938734	<b>0,022108</b>	3,073763
Dentro dos tratamentos	530,336109	117	4,532787			
Total	566,042998	119				

##### 4.5. ANOVA: Tratamento controle, relação entre os meses avaliados

Fonte da variação	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	valor- <i>P</i>	<i>F</i> crítico
Entre períodos	207,418414	3	69,13947	12,82441	<b>1,56E-07</b>	2,662569
Dentro dos períodos	841,033756	156	5,391242			
Total	1048,45217	159				

##### 4.6. ANOVA: Tratamento remoção de liteira, relação entre os meses avaliados

Fonte da variação	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	valor- <i>P</i>	<i>F</i> crítico
Entre períodos	596,169186	3	198,7231	21,74017	<b>8,11E-12</b>	2,662569
Dentro dos períodos	1425,96831	156	9,140823			
Total	2022,1375	159				

##### 4.7. ANOVA: Tratamento irrigação, relação entre os meses avaliados

Fonte da variação	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	valor- <i>P</i>	<i>F</i> crítico
Entre períodos	387,813643	3	129,2712	14,76646	<b>1,64E-08</b>	2,662569
Dentro dos períodos	1365,68371	156	8,754383			
Total	1753,49736	159				



## Apêndice 5. Análise de Variância- Delineamento inteiramente casualizado da densidade de liteira

### 5.1. ANOVA: Mês março, relação entre os tratamentos

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre tratamentos	0,000188	2	9,42E-05	4,609064	<b>0,011837</b>	3,073763
Dentro dos tratamentos	0,002391	117	2,04E-05			
Total	0,00258	119				

### 5.2. ANOVA: Mês junho, relação entre os tratamentos

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre tratamentos	0,000162	2	8,12E-05	5,284566	<b>0,00635</b>	3,073763
Dentro dos tratamentos	0,001797	117	1,54E-05			
Total	0,001959	119				

### 5.3. ANOVA: Mês setembro, relação entre os tratamentos

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre tratamentos	1,07E-06	2	5,35E-07	0,094983	<b>0,909458</b>	3,073763
Dentro dos tratamentos	0,000659	117	5,64E-06			
Total	0,00066	119				

### 5.4. ANOVA: Mês dezembro, relação entre os tratamentos

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre tratamentos	5,58E-05	2	2,79E-05	3,938734	<b>0,022108</b>	3,073763
Dentro dos tratamentos	0,000829	117	7,08E-06			
Total	0,000884	119				

### 5.5. ANOVA: Tratamento controle, relação entre os meses avaliados

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre períodos	0,000324	3	0,000108	12,82441	<b>1,56E-07</b>	2,662569
Dentro dos períodos	0,001314	156	8,42E-06			
Total	0,001638	159				

### 5.6. ANOVA: Tratamento remoção de liteira, relação entre os meses avaliados

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre períodos	0,000932	3	0,000311	21,74017	<b>8,11E-12</b>	2,662569
Dentro dos períodos	0,002228	156	1,43E-05			
Total	0,00316	159				

**5.7. ANOVA: Tratamento irrigação, relação entre os meses avaliados**

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre períodos	0,000606	3	0,000202	14,76646	<b>1,64E-08</b>	2,662569
Dentro dos períodos	0,002134	156	1,37E-05			
Total	0,00274	159				

**Apêndice 6. Análise de Variância - Delineamento inteiramente casualizado da capacidade de retenção hídrica de liteira****6.1. ANOVA: Mês março, relação entre os tratamentos**

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre tratamentos	12515,43	2	6257,717	1,584283	<b>0,209463</b>	3,073763
Dentro dos tratamentos	462135,1	117	3949,873			
Total	474650,5	119				

**6.2. ANOVA: Mês junho, relação entre os tratamentos**

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre tratamentos	55754,95	2	27877,47	5,526865	<b>0,005087</b>	3,073763
Dentro dos tratamentos	590147,3	117	5043,994			
Total	645902,2	119				

**6.3. ANOVA: Mês setembro, relação entre os tratamentos**

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre tratamentos	8530,193	2	4265,096	1,051658	<b>0,352637</b>	3,073763
Dentro dos tratamentos	474504,5	117	4055,594			
Total	483034,6	119				

**6.4. ANOVA: Mês dezembro, relação entre os tratamentos**

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre tratamentos	23051,47	2	11525,73	3,091976	<b>0,049142</b>	3,073763
Dentro dos tratamentos	436132,3	117	3727,627			
Total	459183,8	119				

**6.5. ANOVA: Tratamento controle, relação entre os meses avaliados**

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre períodos	465628	3	155209,3	47,59432	<b>6,75E-22</b>	2,662569
Dentro dos períodos	508730	156	3261,09			
Total	974358,1	159				

**6.6. ANOVA: Tratamento remoção de liteira, relação entre os meses avaliados**

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre períodos	408290,6	3	136096,9	29,25579	<b>4,6E-15</b>	2,662569
Dentro dos períodos	725706,3	156	4651,963			

Total	1133997	159
-------	---------	-----

---

**6.7. ANOVA: Tratamento irrigação, relação entre os meses avaliados**

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre períodos	663358,6	3	221119,5	47,35135	<b>8,15E-22</b>	2,662569
Dentro dos períodos	728482,8	156	4669,762			
Total	1391841	159				

---