



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

MARINA ISABEL LIMA DE OLIVEIRA REIS

ESTOQUE DE SERRAPILHEIRA COMO INDICADOR DE QUALIDADE EM TRÊS
AMBIENTES CILIARES DE FLORESTA TROPICAL ÚMIDA NA MATA ATLÂNTICA

RECIFE, PE

2019

MARINA ISABEL LIMA DE OLIVEIRA REIS

ESTOQUE DE SERRAPILHEIRA COMO INDICADOR DE QUALIDADE EM TRÊS
AMBIENTES CILIARES DE FLORESTA TROPICAL ÚMIDA NA MATA ATLÂNTICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Ciências Biológicas,
modalidade Bacharelado, da Universidade Federal
Rural de Pernambuco –UFRPE, como um dos
requisitos exigidos para obtenção do grau de
Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Ana Carolina Borges Lins
e Silva

Coorientador: MSc. Nathan Castro Fonsêca

RECIFE, PE

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

R375e

Reis, Marina Isabel Lima de Oliveira
Estoque de serrapilheira como indicador de qualidade em três ambientes ciliares de floresta tropical úmida na Mata Atlântica / Marina Isabel Lima de Oliveira Reis. - 2019.
39 f. : il.

Orientadora: Ana Carolina Borges Lins e Silva.
Coorientador: Nathan Castro Fons Fonsêca.
Inclui referências e apêndice(s).

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em Ciências Biológicas, Recife, 2020.

1. Liteira fina. 2. Mata ciliar. 3. Restauração. 4. Ciclo biogeoquímico. 5. Mata Atlântica. I. Silva, Ana Carolina Borges Lins e, orient. II. Fonsêca, Nathan Castro Fons, coorient. III. Título

CDD 574

MARINA ISABEL LIMA DE OLIVEIRA REIS

ESTOQUE DE SERRAPILHEIRA COMO INDICADOR DE QUALIDADE EM TRÊS
AMBIENTES CILIARES DE FLORESTA TROPICAL ÚMIDA NA MATA ATLÂNTICA

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Coordenação do Curso de Bacharelado em Ciências
Biológicas/UFRPE como um dos requisitos exigidos
para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências
Biológicas.

Aprovado em __/__/____

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Ana Carolina Borges Lins e Silva
Presidente

Prof^a. Dr^a. Karine Matos Magalhães-UFRPE
Avaliadora Titular

MSc. Pedro Henrique Albuquerque Sena- UFPE
Avaliador Titular

MSc. Jéssica Stéfane Alves Cunha - UFRPE
Avaliadora Suplente

RECIFE, PE
2019

*Aos meus pais, pelo amor incondicional,
e às minhas irmã e avó, por serem minha felicidade,*

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente a Deus, por guiar minha vida por esse caminho tão próximo à natureza e às minhas origens, por me mostrar propósito e me ajudar a aguentar toda vez que eu achei que não conseguiria. Agradeço a mim e a meus milhões de eus mesma, por nunca ter desistido, por sempre lembrar que sou capaz e por sempre me amar além de qualquer coisa que me fez duvidar de quem eu sou. Que todos os meus eus sempre se lembrem disso, que o mundo é nosso.

Um agradecimento muito especial à minha mãe, por ser meu maior exemplo de mulher e de guerreira, por ser minha inspiração e me mostrar o quão forte posso ser. Agradeço também a meu pai por desde pequena me mostrar o quão especial sou e até hoje enxergar meu potencial em qualquer que sejam meus caminhos trilhados. Obrigado por sempre acreditarem em mim, tudo que alcanço hoje em dia, devo a vocês dois.

Agradeço à minha irmã e à minha avó vovinha pelo simples fato de existirem na minha vida e serem meus combustíveis para continuar. Sem vocês eu não sou nada, vocês são os amores da minha vida. Bem como à Kleber, por ter trazido tantas coisas boas na minha caminhada e à toda minha família.

Quero agradecer de coração à João Matheus, meu melhor amigo e companheiro, que vem trilhando a vida comigo. Obrigada por sempre ver o melhor em mim e por estar comigo pra o que der e vier. Agradeço não somente pelo companheirismo, mas pela participação direta nos resultados desse trabalho, você foi essencial nessa produção.

Obrigada especialíssimo a minha professora orientadora Ana Carolina Borges Lins e Silva, que por além de ter me orientado na conclusão desse ciclo, foi minha primeira inspiração no mundo da biologia da conservação, e segue sendo inspiração para minha vida. Sou muito grata também ao Laboratório de Ecologia Vegetal, ou LEVE, e a todos os levianos presentes nesse período de estágio, na minha segunda casa desses últimos meses. Obrigada a Isabela, Wesley, Vitória, Angelita e Dennys. Um agradecimento especial à Alberes pelas risadas e à Jéssica e Grazi, pelo conhecimento trocado e também pelas ajudas diretas que viabilizaram este trabalho. Agradeço também imensamente à Nathan, por ter sido parte desse tripé que sustenta minha trajetória, por findar como meu coorientador, pelos conselhos e palavras indispensáveis na minha monografia e também em vida pessoal.

Um agradecimento enorme a todos os envolvidos em meus trabalhos de campo. Obrigada a seu Lenilson, seu Eudes e seu Gabriel por me guiarem durante as coletas. Agradeço também a Pedro França e Ingrid Fontes, por mesmo a distância terem apoiado essa produção.

Agradeço aos meus professores da UFRPE por terem me formado como profissional e contribuído para formação do meu caráter durante toda minha vivência na universidade. Obrigada à Auristela, Mônica Botter, Ângelo, Mauro, Lourinalda e Adélia. Especialmente à Paula Braga e Marcos Souto, por terem me acolhido com tamanho amor na UFRPE, por todo carinho e ensinamentos que levarei para minha vida, agradeço do fundo do meu coração. Também agradeço ao professor Miranda por passar na 2º V.A. um debate sobre o livro de filosofia “Experimentação Animal”, pois a leitura mudou minha vida.

Um agradecimento mais que especial aos meus amigos da Biologia, que marcaram minha vida com muita alegria, choro e muita loucura, e que em quatro anos formei amigos para vida. Obrigada Mika, Gabi, Heltinho, Johan, Robson, Karla, Alan, Alef, Ana, Arthur, Belotinha, Bel, Izabel, Bruna, Fernanda, Goma, Jonathan, Champs, Natécia, Rayssa, Sergio, Thamires e Ju. De imenso coração agradeço à Mario e Kamila, que além de amigos, foram meus irmãos e sempre estiveram ali por mim nessa última fase difícil. Agradeço também a Myller, que não somente esteve todos esses anos do meu lado, mas também colaborou diretamente na elaboração deste trabalho.

Agradeço a meus colegas de turma durante esses quatro anos, em especial a Rogério e Alesson, que fizeram esses últimos anos serem os melhores que eu poderia querer. Agradeço a Sofia Vilela e Franky por serem meus primeiros amigos na UFRPE, e especialmente à Tito, que se tornou um irmão que a vida mandou para mim, e por isso, sou muito agradecida ao universo.

Finalmente, Agradeço a UFRPE por ser uma universidade mãe e ser tão acolhedora, por ter sido minha casa nesses últimos quatro anos e ter me inspirado a ser quem sou hoje. Agradeço também a alguns amigos que a vida colocou no meu caminho durante esse processo como Sofia e Gabriel. Sou agradecida de corpo e alma aos citados e muitos outros que colaboraram com minha formação profissional e pessoal durante minha trajetória na graduação. Meu muitíssimo obrigada a todos.

*“Caminho se conhece andando
Então vez em quando é bom se perder
Perdido fica perguntando
Vai só procurando
E acha sem saber
Perigo é se encontrar perdido
Deixar sem ter sido
Não olhar, não ver
Bom mesmo é ter sexto sentido
Sair distraído espalhar bem-querer.”*

Chico César

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Localização da Usina São José Agroindustrial, Igarassu, Pernambuco, e indicação das áreas ripárias estudadas. Área 1: fragmento florestal; Área 2: mata ciliar; Área 3: área restaurada. Fonte: Elaborada pela autora e colaboradores com imagens do Google Earth. 19
- Figura 2:** Dados climatológicos de precipitação e temperatura médias mensais, no período de 2009 a 2019, na estação meteorológica do Recife (Estação Recife A301), Pernambuco. Fonte: Elaborado pela autora com dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). 20
- Figura 3:** Visão interna das três áreas ripárias estudadas quanto ao estoque de serrapilheira na Usina São José Agroindustrial, Igarassu, PE. Fonte: A autora..... 22
- Figura 4:** Imagens de satélite adquiridas no Google Earth da área restaurada (Área 3) no ano de 2010 (A: 2 anos após primeiro plantio) e no ano de 2019 (B: 11 anos após restauração) com marcação das parcelas, na Usina São José Agroindustrial, Igarassu, PE. Fonte: Elaborada pela autora com imagens do Google Earth..... 23
- Figura 5:** Instalação das parcelas nas áreas ripárias estudadas. Área 1: fragmento florestal; Área 2: mata ciliar; Área 3: área restaurada na Usina São José Agroindustrial, Igarassu, PE. Fonte: Elaborada pela autora e colaboradores com imagens do Google Earth. 23
- Figura 6:** Coleta de serrapilheira em três áreas ripárias, utilizando gabarito de PVC nas dimensões 0,50 m x 0,50 m. Detalhe do gabarito após a coleta, na Usina São José Agroindustrial, Igarassu, PE. Fonte: A autora. 24
- Figura 7:** Materiais e equipamentos utilizados em laboratório para processamento das amostras na Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE. (A) Estufa, (B) Balança de precisão e (C) serrapilheira em bandeja para triagem. Fonte: A autora. 25
- Figura 8:** Gráfico boxplot que compara a variação (caixas), mediana (linha preta na caixa) e valores extremos (ponto pretos) do estoque de serrapilheira em t/ha para as três áreas ripárias na Usina São José Agroindustrial, Igarassu, PE. Fonte: A autora..... 27
- Figura 9:** Composição da serrapilheira por parcela em porcentagem para as três áreas na Usina São José Agroindustrial, Igarassu, PE. Fonte: A autora. 28
- Figura 10:** Gráfico boxplot que compara a variação (caixas), mediana (linha preta na caixa) e valores extremos (ponto pretos) do acúmulo das fração (A) folhas, (B) galhos, (C) miscelânea e

(D) partes reprodutivas em t/ha para as três áreas na Usina São José Agroindustrial, Igarassu, PE.

Fonte: A autora 28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores estocados total e de cada fração da serrapilheira em t/ha para as três áreas na Usina São José Agroindustrial, Igarassu, PE..... 27

Tabela 2: Estimativa da quantificação de serrapilheira na Mata Atlântica da América do Sul, nas florestas úmidas do Brasil e nos estados brasileiros de Santa Catarina (SC), Espírito Santo (ES), Minas Gerais (MG), Pernambuco (PE) e Paraná (PR). 31

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	11
2. OBJETIVOS	14
2.1. GERAL	14
2.2. ESPECÍFICOS	14
3. MANUSCRITO DO ARTIGO	15
3.1. INTRODUÇÃO	17
3.2. MATERIAL E MÉTODOS	19
3.2.1. Área de estudo	19
3.2.3. Coleta dos dados	23
3.2.4. Preparo das amostras	24
3.2.5. Estimativa do estoque de serrapilheira para as diferentes áreas	25
3.3. RESULTADOS	26
3.3.1. Estoque de serrapilheira acumulada	26
3.3.2. Composição da serrapilheira acumulada	27
3.4. DISCUSSÃO.....	29
3.4.1. Estoque de serrapilheira acumulada	29
3.4.2. Composição da serrapilheira acumulada	32
3.5. REFERÊNCIAS	33
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
5. REFERÊNCIAS	37
6. APÊNDICE	39

1. INTRODUÇÃO GERAL

A Mata Atlântica é considerada uma das florestas tropicais mais diversas do mundo, por conta de seu alto valor de endemismo de espécies (JOLY et al., 2014). Formada por um conjunto de fitofisionomias, esta floresta possui mais de 21.000 espécies de plantas vasculares e animais vertebrados, das quais 40% são endêmicas deste domínio (MYERS et al., 2000; PACTO PELA RESTAURAÇÃO DA MATA ATLÂNTICA, 2009). Ser isolada de outras florestas tropicais permitiu à Mata Atlântica desenvolver ecossistemas únicos, com uma diversidade de espécies de plantas por unidade de área maior do que a Floresta Amazônica (JOLY et al., 2014). Além do valor inestimável que possui para a manutenção da biodiversidade mundial, a Mata Atlântica fornece uma gama de serviços ecossistêmicos, ou seja, contribuições diretas e indiretas dos ecossistemas para o bem-estar humano, básicas para a viabilidade da vida humana na terra (TEEB, 2011).

As florestas da Mata Atlântica foram as primeiras a prover esses serviços para os habitantes do território brasileiro, já que, além de abrigar 56% da área urbana do país, têm sido o centro econômico do Brasil nas últimas décadas, fornecendo suas áreas para agricultura, extração ou indústrias (MARCILIO-SILVA; MARQUES, 2017; MAPBIOMAS, 2019). Com isso, a perda tem superado o ganho florestal no Brasil, colocando a Mata Atlântica na lista dos *hotspots* de biodiversidade, um dos 36 lugares no mundo com alta biodiversidade e onde a maior parte dos habitats foi perdida (MITTERMEIER et al., 2011; TAUBERT et al., 2018; SCARANO; CEOTTO, 2015).

Apesar da Mata Atlântica ser a única formação florestal ou bioma brasileiro com uma lei específica, restam apenas 26,78% no Brasil, porém apenas 9,07% são fragmentos bem preservados e com mais de 100 ha (MAPBIOMAS, 2019). A presença humana não apenas reduziu essa área, mas deixou remanescentes na maioria com menos de 50 ha, ou pequenos demais para permitir a persistência de muitas espécies endêmicas de animais e vegetais (SCARANO; CEOTTO, 2015; RIBEIRO et al., 2008). Como consequência, atualmente cerca de 60% de toda a lista de espécies ameaçadas da flora e da fauna brasileira se encontram no domínio da Mata Atlântica, que dependem da conservação desses remanescentes para perpetuação de suas espécies e manutenção dos serviços ecossistêmicos ofertados para a população brasileira (MARTINELLI et al. 2013; PAGLIA et al. 2008). Ainda que as florestas do Brasil estejam

correndo este risco iminente, a derrubada de florestas para a agricultura continua sendo uma das maiores causas da remoção florestal, e esse bioma tornou-se um arquipélago de pequenas ilhas florestais imersas em uma matriz ocupada principalmente por agricultura (JOLY et al., 2014).

A agricultura surgiu no Brasil no início do período colonial, meados do século XVI, para garantir o crescimento econômico nacional (DEAN, 1996). Historicamente, as florestas da Mata Atlântica foram as primeiras a serem exploradas pelos portugueses, sendo também as primeiras a serem removidas para expansão da cultura de cana-de-açúcar, produto que se tornou na época o alicerce da economia portuguesa (MARCILIO-SILVA; MARQUES, 2017). A cana-de-açúcar foi escolhida principalmente pela existência do tipo de solo massapê no Brasil, além de ser um produto bem cotado no comércio europeu (RODRIGUES, 2010). Porém, as práticas agrícolas arcaicas utilizadas foram responsáveis pela perda quase total das florestas originais e a contínua devastação e fragmentação dos remanescentes florestais existentes (RODRIGUES; ORTIZ, 2006). Atualmente, o Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, entretanto, esta liderança no setor sucroalcooleiro não se reflete na mesma medida na responsabilidade social e ambiental (CONAB, 2018; RODRIGUES; ORTIZ, 2006).

No Nordeste brasileiro, a maior parte da Mata Atlântica remanescente está nas usinas de açúcar e álcool, onde as áreas que pela lei deveriam estar em melhor estado de conservação são poucas, de maneira que a maioria das usinas instaladas têm um passivo ambiental que deve ser regularizado (TABARELLI; RODA, 2005; RODRIGUES; ORTIZ, 2006). Há mais de uma década que o desmatamento é mais grave no Nordeste, restando apenas de 1 a 2% da cobertura original (CEPF, 2001). Em 2007, foram constatadas que as usinas pernambucanas, sem licenciamento ambiental para os plantios de cana-de-açúcar, não respeitaram e desmataram as áreas de Reserva Legal-RL e Áreas de Preservação Permanentes-APPs em suas propriedades (LEÃO, 2008). A RL e as APPs são áreas regidas pela mesma lei, na versão anterior ou Código Florestal (Lei n.º 4.771/ 1965) e na Lei de Proteção à Vegetação Nativa (Lei n.º 12.651/12) que o substituiu. A RL é uma porcentagem de vegetação nativa que deve ser mantida em todo imóvel rural e a segunda é definida por margens de nascentes, riachos, rios e lagos (também conhecidas como matas ciliares), topos de morros e áreas de alta declividade (BRASIL, 2012).

Estas duas áreas devem ser mantidas em todas as propriedades, pois possuem grande importância ambiental e são ao mesmo tempo frágeis, que se destruídas prejudicam o bem-estar da população brasileira (MMA, 2010). Conservar os remanescentes de vegetação

nativa e proteger os recursos hídricos é estratégico para a maioria dos setores econômicos, incluindo a agricultura (MMA, 2010). Caso contrário, as nascentes e fontes ficarão cada vez mais poluídas e assoreadas, inviabilizando a agricultura e o abastecimento de água para a população, o que afetaria também seriamente o restante do planeta (SCARANO; CEOTTO, 2015).

Com o uso das terras sendo feita de maneira irregular, Pernambuco se tornou o terceiro estado do país com menor índice de remanescentes naturais de Mata Atlântica (MMA, 2015). Para reverter à situação e não ser necessário o pagamento de multas, os proprietários de Usinas em Pernambuco acordaram, em 2007, que iriam restaurar 18 hectares de florestas em torno de rios (ou, corredores de mata ciliar) em suas propriedades até o ano de 2009. Uma das maneiras mais eficientes e rápidas para recuperar APPs degradadas é através do plantio ou reflorestamento com espécies nativas (MMA, 2010).

A restauração das APPs contribui para a sustentabilidade econômica e ambiental nos imóveis rurais, já que são modelos de uso da terra que levam em conta o processo produtivo e a conservação dos ecossistemas (MMA, 2010). Essa estratégia permite um aumento da produção sem que seja necessária a degradação do meio ambiente (SCARANO; CEOTTO, 2015). Com isso, os proprietários rurais podem ser importantes parceiros na preservação da Mata Atlântica, sendo estes os principais beneficiados quando é promovida a adequação de seus imóveis, garantindo a quantidade e qualidade de água e conservação do solo para o uso em longo prazo dos mesmos (MMA, 2010). Se a troca do atual modelo da agricultura brasileira for feita por modelos sustentáveis, é possível que as propriedades rurais consigam se adequar a legislação e agregar valor a seus produtos pelo apoio a iniciativas de conservação que vem crescendo no mercado (TABARELLI; RODA, 2005).

Para efetiva transformação rural, é necessário que se realizem estudos e monitoramento sobre o funcionamento ecossistêmico das áreas que foram recuperadas, principalmente com o uso de bioindicadores, que podem indicar a saúde de um ambiente ou não (UKONMAANAHO et al., 2016). Em casos como da Mata atlântica, a serrapilheira pode ser um dos métodos mais eficientes, por ser composta de galhos, folhas, partes reprodutivas (flores e frutos) e demais acúmulos de matéria orgânica morta sobre o solo, é essencial para evitar perdas de nutrientes causadas por fatores externos em áreas tropicais, já que tal fitofisionomia possui solos normalmente ácidos e pobres pela lixiviação (WILCKE et al., 2002; COELHO; BORGES, 2005). Quando a serrapilheira cobre o solo de maneira similar a uma área de mata nativa, a área

provavelmente voltou a funcionar e a prover serviços ecossistêmicos, o que indica a saúde ecossistêmica. Com a realização de estudos quantificando e qualificando as variáveis específicas que indicam a saúde dos ecossistemas em cada bioma, para comprovar efetividade de suas áreas restauradas, o Brasil pode subsidiar seu crescimento econômico no mercado mundial, proteger *hotspots* de biodiversidade e garantir qualidade de vida para a população brasileira.

2. OBJETIVOS

2.1. GERAL

O presente trabalho teve como objetivo a quantificação do estoque de serrapilheira acumulada, em três áreas de Mata Atlântica com históricos de uso distintos, uma restaurada, outra em corredor ciliar em sucessão secundária avançada e outra de floresta madura conservada, de forma a subsidiar o aprimoramento das estratégias de recuperação das áreas florestais na Usina São José Agroindustrial, em Igarassu, Pernambuco.

2.2. ESPECÍFICOS

- Estimar o estoque de serrapilheira contido nas florestas;
- Determinar os valores referentes aos componentes da serrapilheira: folhas, galhos, partes reprodutivas e miscelânea;
- Analisar os estoques de serrapilheira nas três áreas selecionadas para o estudo, comparando os resultados obtidos entre as áreas e também com resultados anteriores disponíveis na literatura.

3. MANUSCRITO DO ARTIGO

ESTOQUE DE SERRAPILHEIRA COMO BIOINDICADOR DE FUNCIONAMENTO DOS SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS EM TRÊS ÁREAS DE FLORESTA TROPICAL ÚMIDA

REIS, M. I. L. O.^{a*}; FONSÊCA, N. C.^{a,b}; LINS E SILVA, A. C. B.^{a,b}

^aLaboratório de Ecologia Vegetal, Departamento de Biologia, UFRPE, Recife, PE, 52.171-900, Brasil.

^bPrograma de Pós-Graduação em Ciências Florestais, UFRPE, Recife, PE, 52.171-900, Brasil.

* marireis98@hotmail.com

RESUMO

A supressão das florestas no mundo para usos comerciais vem causando uma perda sem precedentes da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos que a natureza provém ao homem. Entretanto, é notável o aumento da restauração desses ecossistemas para recuperação dos serviços perdidos, sendo necessária a avaliação da efetividade destes processos por bioindicadores da qualidade ambiental, como a serrapilheira. Este estudo objetivou quantificar o estoque de serrapilheira em três áreas ripárias de floresta tropical, de forma a subsidiar o aprimoramento das estratégias de recuperação dos ecossistemas. O trabalho foi realizado na Usina São José Agroindustrial, localizada no município de Igarassu, em Pernambuco, com extensão total de 246 km². Foram selecionados três ambientes ciliares: um restaurado, outro em sucessão secundária avançada e outro de floresta madura conservada, e em cada um foram alocadas 5 parcelas de 10 x 10 m em cada um dos lados do rio. A coleta de serrapilheira depositada no piso florestal foi realizada com a utilização de um gabarito nas dimensões de 0,5 m x 0,5 m. Após a coleta o material foi submetido à secagem em estufa a 60° C por 72 horas. Em seguida, cada amostra foi separada e pesada por frações (folhas, galhos, partes reprodutivas e miscelânea). As três áreas diferiram quanto ao estoque de serrapilheira, apresentando 8,7 t/ha ($\pm 1,39$) para Área Madura, 7,0 t/ha ($\pm 1,03$) para a Área em Sucessão Avançada e 5,0 t/ha ($\pm 1,69$) para Área Restaurada, com valores similares aos encontrados em outras florestas tropicais. A fração folha predominou nas amostras, representando 72% da serrapilheira na Área Madura, 60% na Área em Sucessão Avançada e 55% na Área Restaurada, provavelmente por ser a maior fonte de nutrientes para o solo. Conclui-se que a área restaurada está em bom processo de retorno dos serviços

ecossistêmicos, sendo necessárias manutenção e monitoramento da restauração para que a área alcance a vegetação de uma floresta madura.

Palavras-chave: Liteira Fina, Mata Ciliar, Restauração, Ciclo Biogeoquímico, Mata Atlântica.

ABSTRACT

The suppression of the world's forests for commercial use has caused an unprecedented loss of biodiversity and ecosystem services that nature provides to mankind. However, the restoration of these ecosystems to recover lost services is increasing, and an evaluation of the effectiveness of these processes by environmental quality bioindicators are necessary, such as the litterstock quantification. This study aimed at quantifying litter stock in three rainforest riparian areas as a way of subsidizing the improvement of ecosystem recovery strategies. The work was carried out at the São José Agroindustrial mill, located in Igarassu, Pernambuco, Brazil, with a total area of 246 km². Three riparian forest were selected: one restored, one in advanced secondary succession and one conserved mature forest, and in each one 5 plots of 10 x 10 m were allocated on both sides of the river. The stock of litter deposited on the forests floor was collected using a 0.5 m x 0.5 m template. After collecting the material, samples were submitted to oven drying at 60 ° C for 72 hours. Then, each sample was selected and weighed by fractions (leaves, branches, reproductive parts and miscellaneous). The three areas differed in litter stock, presenting 8.7 t/ha (\pm 1.39) for the Mature Area, 7.0 t/ha (\pm 1.03) for the Advanced Succession Area and 5.0 t/ha (\pm 1.69) for the Restored Area, with values similar to those found in other tropical forests. A predominant leaf fraction represented 72% of the litter in the Mature Area, 60% in the Advanced Succession Area and 55% in the Restored Area, probably because it is the largest source of soil nutrients. We conclude that the Restored Forest is in good process of returning of the ecosystem services, becoming necessary the maintenance and monitoring of the area allowing it to move towards a mature forest stage.

Key-words: Fine Litter, Riparian Forest, Restoration, Biogeochemical Cycle, Atlantic Forest.

3.1. INTRODUÇÃO

Ecosistemas florestais são refúgios de extrema importância para a biodiversidade terrestre, um componente central dos sistemas biogeoquímicos da Terra e uma fonte de serviços ecossistêmicos essenciais para o bem-estar humano (MILLENIUM ASSESSMENT, 2005). Segundo o Millenium Assessment (2005), os serviços ecossistêmicos são benefícios que as pessoas obtêm por meio dos ecossistemas e as espécies que os compõem, sustentando e permitindo a vida humana no planeta. As florestas são as maiores fornecedoras de produtos como medicamentos, alimentos e água limpa, realizam o controle do clima, além de serem grandes fornecedoras de emprego e renda (TEEB, 2018). Dentre as florestas, as localizadas nos trópicos têm um papel fundamental tanto no fornecimento desses serviços, quanto no ciclo global do carbono, além de abrigar cerca de 80% das espécies conhecidas em todo o mundo (TAUBERT et al., 2018). Entretanto, esse talvez seja o habitat mais ameaçado do planeta e mais vulnerável ao desmatamento, apresentando uma perda de mais da metade de sua extensão original (WWF, 2011).

Nas últimas décadas, com a expansão da agricultura, extração de madeira e crescimento urbano, houve uma supressão sem precedentes das florestas tropicais (TAUBERT et al., 2018). Esse processo de degradação chega a uma taxa de 0,1% ao ano (RODRIGUES et al., 2012) e, com isso, nota-se uma alta conversão da cobertura global da floresta tropical em distintos usos do solo (ASNER et al. 2009). Esses fatores têm contribuído para a perda extensiva da biodiversidade e somente os diferentes usos comerciais da terra representaram ¼ do total mundial de emissão dos gases de efeito estufa - GEE (FAO, 2019). Assim, ao comprometer o fornecimento dos serviços ecossistêmicos, é possível observar efeitos negativos no equilíbrio dos ecossistemas, acarretando ameaças à diversidade biológica e prejudicando a economia que depende diretamente ou indiretamente destes serviços (PRIMACK; RODRIGUES, 2002).

Nos casos em que os usos da terra causam degradação intensa nas florestas, ocorre perda da resiliência, sendo imprescindível a ação humana na implementação de técnicas de recuperação para tal ecossistema (CORRÊA; MELO, 1998). Dessa forma, tem sido constatado um crescente interesse em restauração de florestas tropicais buscando esforços para reduzir as emissões de carbono antropogênicas causadas por desmatamento e degradação florestal. É promissor o fato de algumas florestas recuperarem-se rapidamente após distúrbios, e de se ter sido demonstrada uma

grande variedade de técnicas de restauração que podem ser utilizadas para acelerar e tornar viável a recuperação de florestas tropicais (HOLL, 2013). Porém, quando é executado um projeto de restauração florestal, não há nenhuma garantia que a área beneficiada terá uma cobertura florestal autorregenerante e que retorne o fornecimento dos serviços ecossistêmicos esperados (MARTINS, 2009). Torna-se, assim, parte fundamental do processo que sejam realizadas a avaliação e o monitoramento da área reflorestada com certa constância, a fim de evitar a ocorrência de imprevistos que possam prejudicar a restauração almejada para determinada área, ou até mesmo para que possam ser feitos melhoramentos no manejo (MIRANDA NETO et al., 2014).

Para avaliar uma floresta restaurada, podem ser utilizados mecanismos como a regeneração natural, chuva de sementes, banco de sementes do solo, abertura do dossel, produção e decomposição da matéria orgânica morta (conhecida como necromassa). Esses fatores são usados como indicadores da sustentabilidade ecológica desses ecossistemas, uma vez que a ciclagem de nutrientes sinaliza a recuperação das florestas restauradas (MARTINS, 2009). Nas florestas, tanto os bioindicadores vivos quanto os mortos acumulam reservatórios substanciais de energia (OLSON, 1963). A serrapilheira em específico, conhecida como a liteira fina da matéria orgânica morta, fornece uma fração substancial da energia, sendo está relacionada à quantidade de maquinaria fotossintética no sistema, funcionando como índice de produtividade florestal (OLSON, 1963; BARBOSA et al., 2009). Além disso, a serrapilheira protege o solo contra as elevadas temperaturas, armazena em seu conteúdo uma grande quantidade de sementes prontas para germinar ou em estado de dormência, e abriga uma abundante fauna composta por micro e macroinvertebrados que atuam diretamente nos processos de decomposição desses materiais (COSTA et al., 2007).

A maior deposição de serrapilheira ocorre nos biomas mais úmidos (TONIN et al., 2017), sendo um fator indispensável para os solos dos trópicos, já que estes tendem a ser pobres em cátions básico e fósforo pela lixiviação sofrida e com altos níveis de alumínio mutável (fitotóxico) (COELHO; BORGES, 2005). Logo, é a serrapilheira que devolve rapidamente esses nutrientes e sustenta a vegetação da floresta, apesar da baixa fertilidade dos solos. Ademais, a avaliação da restauração florestal pode ser baseada na análise da semelhança entre a área restaurada e outras áreas de referência, dentro do mesmo ecossistema, comparando processos ecológicos como pelo estoque de liteira fina ou outros fatores (HOBBS; NORTON, 1996). Este

trabalho teve como objetivo quantificar o estoque de serrapilheira em áreas ripárias em um fragmento e dois corredores de mata atlântica com distintas idades e históricos, visando a verificar a efetividade da restauração realizada em uma das áreas.

3.2. MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1. Área de estudo

O estudo foi realizado em três áreas localizadas na Usina São José Agroindustrial (antiga Usina São José S/A), indústria de cana-de-açúcar que ocupa uma área de aproximadamente 246 km² na Zona da Mata Norte do Estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil, com porção principal no município de Igarassu e partes nos municípios de Goiana, Itaquitinga, Itapissuma, Abreu e Lima e Araçoiaba (07°40'21.25", 07°55'50.92" S e 34°54'14.25", 35°05'21.08" W), e altitude média de 116 m (TRINDADE et al., 2008) (Figura 1).

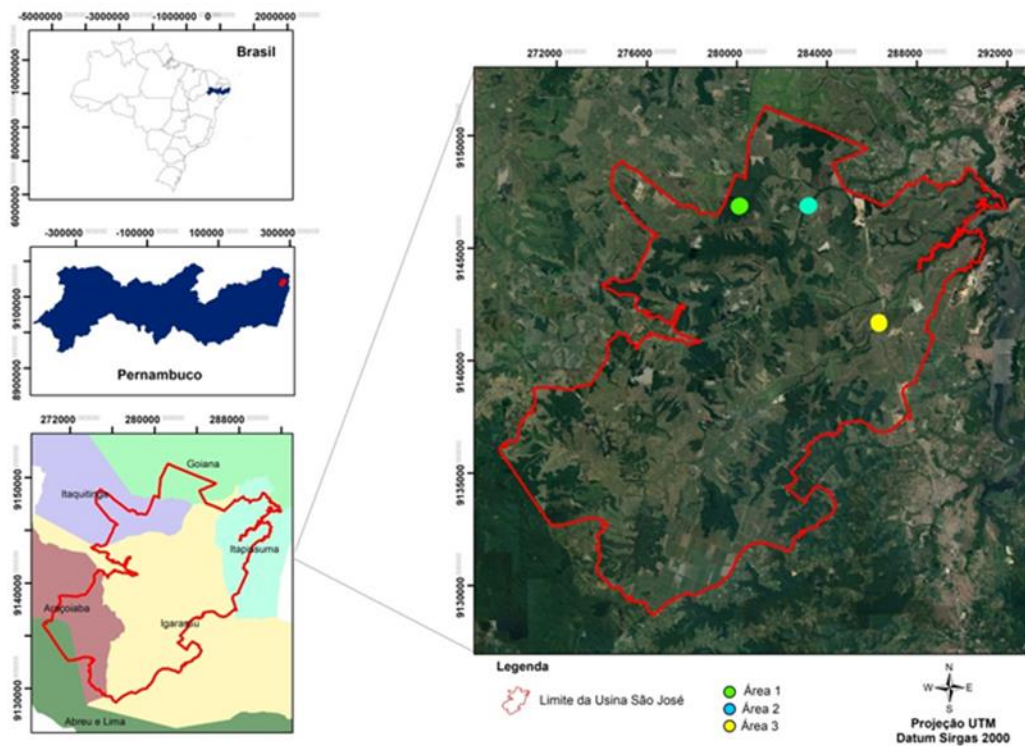


Figura 1: Localização da Usina São José Agroindustrial, Igarassu, Pernambuco, e indicação das áreas ripárias estudadas. Área 1: fragmento florestal; Área 2: mata ciliar; Área 3: área restaurada. Fonte: Elaborada pela autora e colaboradores com imagens do Google Earth.

O clima da região de estudo é classificado, de acordo com W. Köppen, como do tipo As', tropical costeiro ou "pseudo" tropical da costa nordestina, quente e úmido (TRINDADE et al., 2008). Os dados meteorológicos usados neste estudo são da estação automática do INMET, localizada no bairro do Curado, na cidade do Recife, capital do estado de Pernambuco, a aproximadamente 50 km da São José Agroindustrial. Com alta variação anual, a precipitação foi de 2573 mm em 2009 a 1736 mm em 2018. A média anual de precipitação é de 2141 mm, concentrada principalmente entre março e agosto (Figura 2). Durante a estação seca, de setembro a fevereiro, a precipitação total é em média 494,09 mm. A temperatura média anual é de 26,1 °C. Março é o mês mais quente e agosto é o mês mais frio, com temperaturas médias de 25,7 e 27,2 °C, respectivamente. As coletas foram realizadas em setembro, fim do período chuvoso do local.

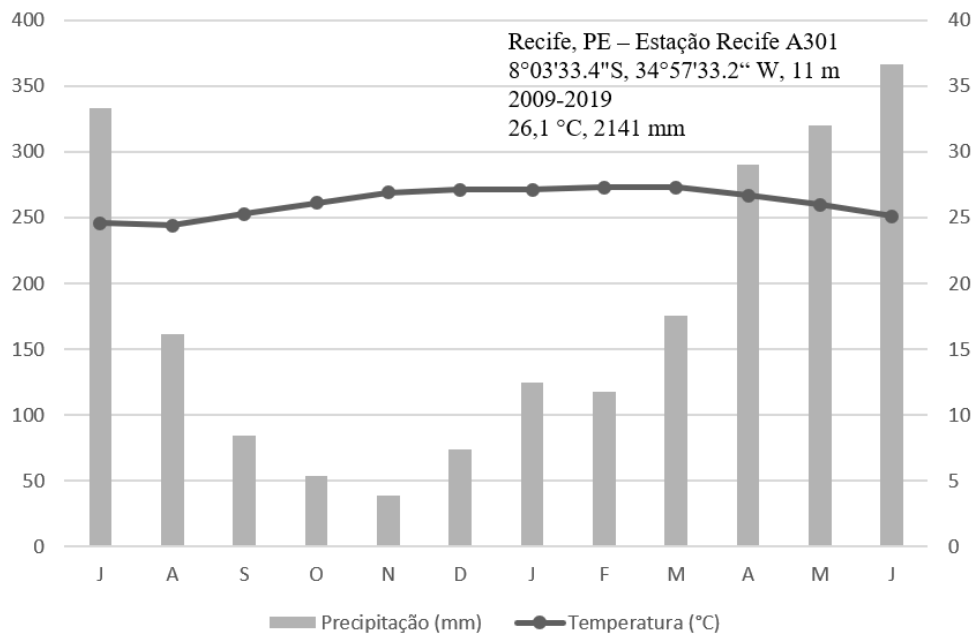


Figura 2: Dados climatológicos de precipitação e temperatura médias mensais, no período de 2009 a 2019, na estação meteorológica do Recife (Estação Recife A301), Pernambuco. Fonte: Elaborado pela autora com dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Todas as áreas estudadas estão localizadas em áreas planas nos fundos de vale e as florestas são frequentemente caracterizadas como densas florestas tropicais de várzea, ou "Floresta ombrófila densa das terras baixas" (SCHESSL et al., 2008). A característica geológica predominante encontrada na usina é um conglomerado terciário do grupo Barreiras, em terraços arborizados, sendo o solo superficial da região, o argissolo vermelho-amarelo-arenoso a argiloso

(SCHESSL et al., 2008; JACOMINE, 2008-2009). A área é abastecida de água por grande parte da bacia hidrográfica dos rios Botafogo-Arataka e pelo canal de Santa Cruz (TRINDADE et al., 2008).

A Zona da Mata Norte de Pernambuco sofreu um vasto desmatamento desde a colonização do Brasil, com uma intensificação diante da necessidade do cultivo da cana-de-áçúcar, ao longo dos anos (TRINDADE et al., 2008). Em 2007, a usina São José Agroindustrial (ASJ), juntamente com outras 23 usinas, foram autuadas por infração da legislação ambiental, por terem desmatado além do permitido nas Áreas de Preservação Permanente e Reserva Legal em suas propriedades (MMA, 2010). Como forma de mitigação, a ASJ se comprometeu em restaurar uma área de APP de 18 hectares em sua propriedade até o ano de 2009, assinando um Termo de ajuste de conduta (TAC).

Dentro da propriedade, três áreas foram escolhidas, para que fosse possível comparar áreas maduras com áreas em processo de regeneração. Os três ambientes possuem um rio, o que por lei os caracterizam como Área de Preservação Permanente, na versão anterior ou Código Florestal (Lei n.º 4.771/ 1965) e na Lei de Proteção à Vegetação Nativa (Lei n.º 12.651/12) que o substituiu (BRASIL, 2012). A APP é definida por qualquer local que configure margens de nascentes, riachos, rios e lagos (também conhecidas como matas ciliares), topos de morros e áreas de alta declividade (BRASIL, 2012). As amostras foram coletadas nas margens das APPs.

A área 1 (A1) é um dos maiores fragmentos remanescentes de Floresta Atlântica da ASJ, possui área total de 387,85 ha (Figuras 3 e 5). Usada como área de referência principal de comparação, encontra-se isolada há pelo menos 37 anos, e é considerada uma floresta madura e em bom estado de conservação. A área 2 (A2) é um corredor de mata ciliar de vegetação secundária e sucessão avançada, com área total 25,5 ha, se encontra cercada por estradas por onde há tráfego de automóveis constante (Figuras 3 e 5). A área 3 (A3) é um corredor de mata ciliar as margens do rio botafogo, sendo este o local escolhido pela propriedade para ser restaurado (Figuras 3, 4 e 5). Segundo recomendações da Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (CPRH), órgão responsável pela fiscalização do cumprimento do TAC e recomendações de manejo, foram plantadas na área sete espécies, dentre elas espécies exóticas e nativas, com espaçamento de 3,0 x 3,0 m (Apêndice A). O presente estudo foi realizado no local após 11 anos da restauração.



Área 1

Área 2

Área 3

Figura 3: Visão interna das três áreas ripárias estudadas quanto ao estoque de serrapilheira na Usina São José Agroindustrial, Igarassu, PE. Fonte: A autora.



Figura 4: Imagens de satélite adquiridas no Google Earth da área restaurada (Área 3) no ano de 2010 (A: 2 anos após primeiro plantio) e no ano de 2019 (B: 11 anos após restauração) com marcação das parcelas, na Usina São José Agroindustrial, Igarassu, PE. Fonte: Elaborada pela autora com imagens do Google Earth.

3.2.2. Distribuição das parcelas

Foram instaladas dez parcelas em cada uma das áreas, cinco em cada lado do rio, resultando em trinta parcelas com dimensão de 10 x 10 m cada, totalizando 2000 m² de área amostral (Figura 5). Cada parcela distanciou 10 m uma da outra, 10 m do rio e ao menos 10 m da estrada (exceto em alguns locais dos corredores, que não possuíam distanciamento o suficiente).

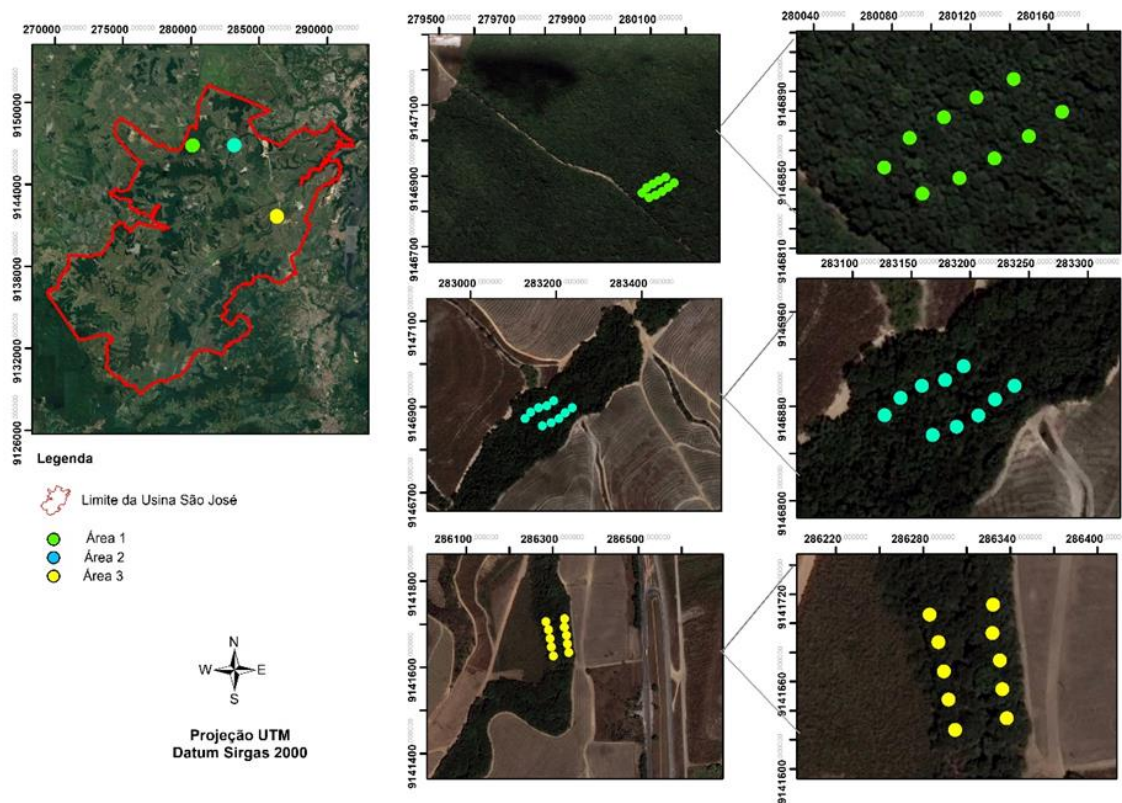


Figura 5: Instalação das parcelas nas áreas ripárias estudadas. Área 1: fragmento florestal; Área 2: mata ciliar; Área 3: área restaurada na Usina São José Agroindustrial, Igarassu, PE. Fonte: Elaborada pela autora e colaboradores com imagens do Google Earth.

3.2.3. Coleta dos dados

Posteriormente à marcação das parcelas, realizou-se a coleta de serrapilheira (liteira fina) por meio de um gabarito de PVC nas dimensões de 0,50 m x 0,50 m que foi jogado duas vezes de forma aleatória em cada uma das parcelas, e então o material depositado no solo correspondente à

área do gabarito foi recolhido até o aparecimento de raízes finas sobre o solo (por ser matéria viva e não entrar como serrapilheira) (Adaptado de SCHESSL et al., 2008).



Área 1

Área 2

Área 3

Figura 6: Coleta de serrapilheira em três áreas ripárias, utilizando gabarito de PVC nas dimensões 0,50 m x 0,50 m. Detalhe do gabarito após a coleta, na Usina São José Agroindustrial, Igarassu, PE. Fonte: A autora.

3.2.4. Preparo das amostras

Todas as amostras coletadas foram acondicionadas em sacos plásticos. Posteriormente, o material foi transferido para sacos de papel e secos em estufa a 60° C por 72 horas ou até atingirem massa seca constante, que foi aferida em balança de precisão (0,01g). Em seguida, cada amostra foi separada nas frações: folhas, galhos com diâmetro menor que 2 cm, partes reprodutivas e miscelânea (partículas que não se enquadraram em nenhuma outra categoria). Após a triagem, o material foi pesado novamente (adaptado de SILVA et al., 2018).

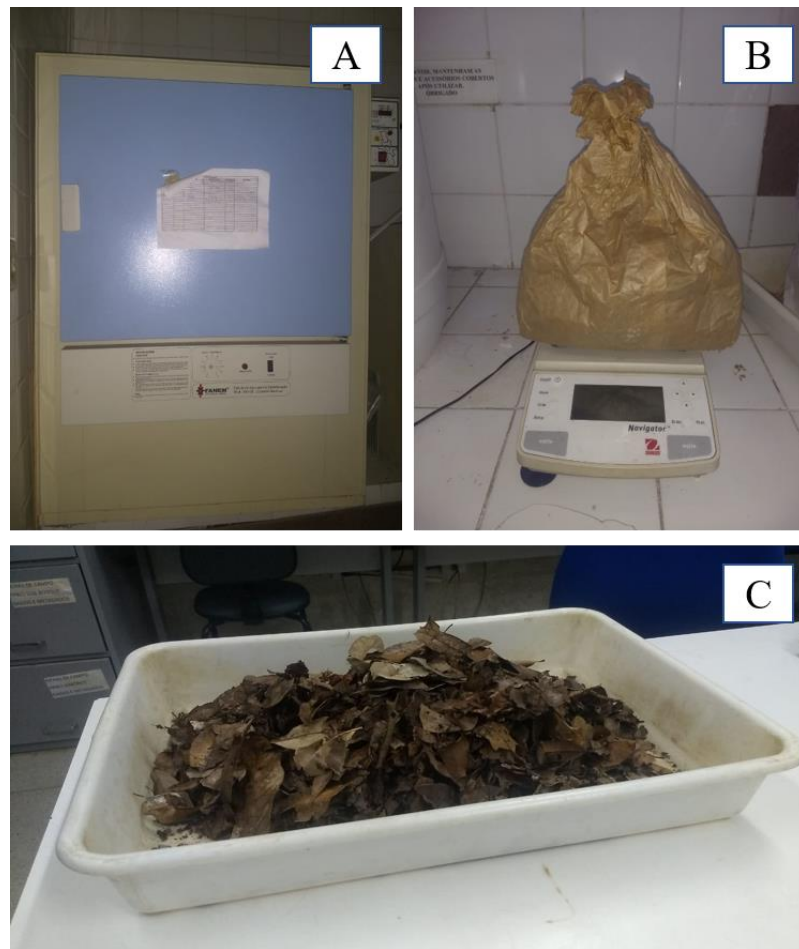


Figura 7: Materiais e equipamentos utilizados em laboratório para processamento das amostras na Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE. (A) Estufa, (B) Balança de precisão e (C) serrapilheira em bandeja para triagem. Fonte: A autora.

3.2.5. Estimativa do estoque de serrapilheira para as diferentes áreas

A estimativa do estoque de serrapilheira em quilograma por metro quadrado (kg/m^2) foi realizada a partir da obtenção do peso seco de cada amostra encontrada na área do gabarito, extrapolando-se posteriormente para tonelada por hectare (t/ha) para as três áreas.

3.2.6. Análise dos dados

Cada área foi considerada como um tratamento (fragmento de floresta madura, corredor de mata ciliar em sucessão avançada e corredor de mata ciliar restaurado). Com os dados brutos (peso total de massa seca), foi realizado o teste de Shapiro–Wilk, para comprovação da hipótese

de normalidade. Em seguida, os dados foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) e posteriormente ao teste de Tukey, utilizando o software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2019) versão 3.6.1.

Para cada fração, foi realizada ANOVA e o teste de Tukey para localização das amostras que diferiram entre si, por meio do software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2019) versão 3.6.1.

3.3. RESULTADOS

3.3.1. Estoque de serrapilheira acumulada

A serrapilheira média estocada por parcela sobre o solo foi estimada em $0,874 \text{ kg/m}^2$ para Floresta Madura (Área 1), $0,699 \text{ kg/m}^2$ para o corredor de mata ciliar em sucessão avançada (Área 2), e um estoque de $0,502 \text{ kg/m}^2$ para o corredor de mata ciliar restaurado (Área 3). Esses valores extrapolados para tonelada por hectare (t/ha) para as três áreas amostradas foram: $8,7 \text{ t/ha}$ ($\pm 1,39$), $7,0 \text{ t/ha}$ ($\pm 1,03$) e $5,0 \text{ t/ha}$ ($\pm 1,69$), respectivamente (Figura 8).

Para Floresta Madura, o estoque encontrado variou entre $7,2 \text{ t/ha}$ e $11,4 \text{ t/ha}$; para o corredor de mata ciliar em sucessão avançada o estoque variou entre $5,8 \text{ t/ha}$ e $9,0 \text{ t/ha}$; e para o corredor de mata ciliar restaurado encontrou-se uma variação $2,8 \text{ t/ha}$ e $8,2 \text{ t/ha}$ (Figura 8).

Os estoques de serrapilheira para as três áreas obedeceram a uma sequência quanto aos valores estimados ($A1 > A2 > A3$). Os valores amostrais encontrados em cada uma das áreas, diferiram entre si ($F = 17,820$, $p = 0,00001$) (Tabela 1).

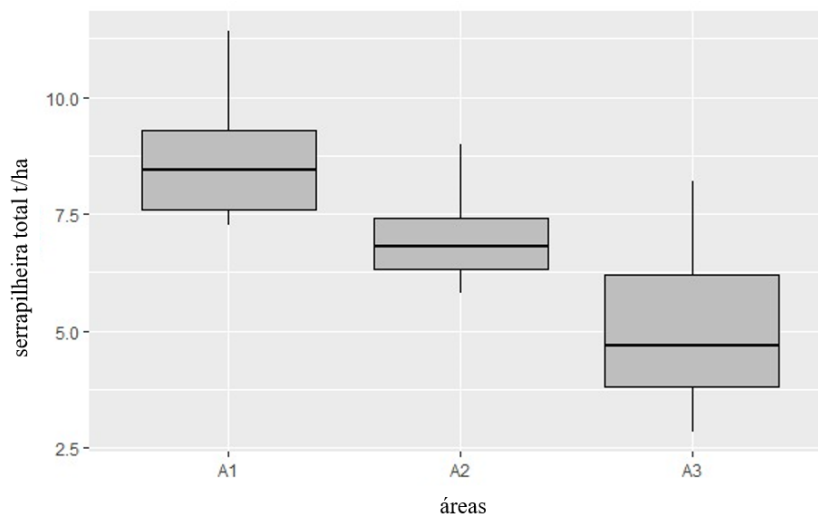


Figura 8: Gráfico boxplot que compara a variação (caixas), mediana (linha preta na caixa) e valores extremos (ponto pretos) do estoque de serrapilheira em t/ha para as três áreas ripárias na Usina São José Agroindustrial, Igarassu, PE. Fonte: A autora.

Tabela 1: Valores estocados total e de cada fração da serrapilheira em t/ha para as três áreas na Usina São José Agroindustrial, Igarassu, PE.

Áreas	Serrapilheira				Partes
	Total	Folhas	Galhos	Miscelânea	Reprodutivas
Área 1	8,66 ^a	6,17 ^a	1,82 ^a	0,55 ^b	0,12 ^a
Área 2	6,99 ^b	4,18 ^b	0,94 ^b	1,86 ^a	0,02 ^b
Área 3	5,02 ^c	2,76 ^c	0,92 ^b	1,24 ^{ab}	0,10 ^{ab}

Médias seguidas de mesma letra, dentro de cada coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

3.3.2. Composição da serrapilheira acumulada

A fração folha representou 72% da serrapilheira na Área 1, 60% na Área 2 e 55% na Área 3, apresentando diferença significativa entre as três áreas ($F= 18,593$, $p= 0,000008$) (Figura 9; Tabela 1). A fração galho representou 21% da serrapilheira acumulada para a Área 1, 13% para a Área 2, e 18% para a Área 3, também apresentando diferenças entre as coberturas florestais ($F= 10,851$, $p= 0,0003$). A fração miscelânea representou 6% da composição da serrapilheira na Área 1, 27% na Área 2, e 25% na Área 3, e apresentaram diferença entre si ($F= 6,449$, $p = 0,005$). Por fim, a fração partes reprodutivas representou 1% do estoque de serrapilheira da Área 1, menos de 1% na Área 2, e 2% na Área 3, e as frações também apresentaram diferenças ($F= 3,783$, $p = 0,035$). Na análise das frações, os maiores valores foram registrados para a área 1, com exceção da fração miscelânea, que foi menor na mesma, em relação às outras duas áreas.

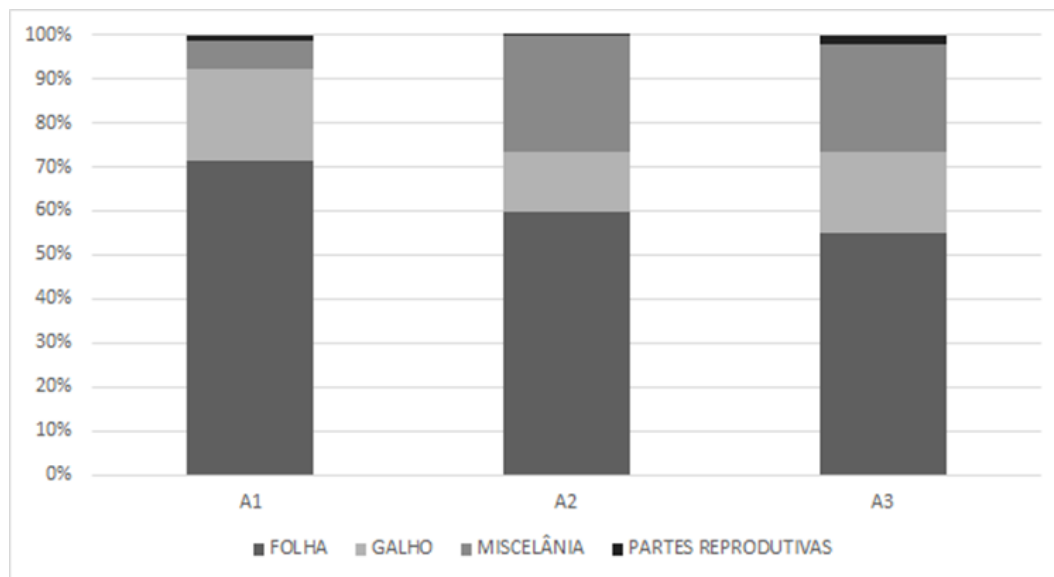


Figura 9: Composição da serrapilheira por parcela em porcentagem para as três áreas na Usina São José Agroindustrial, Igarassu, PE. Fonte: A autora.

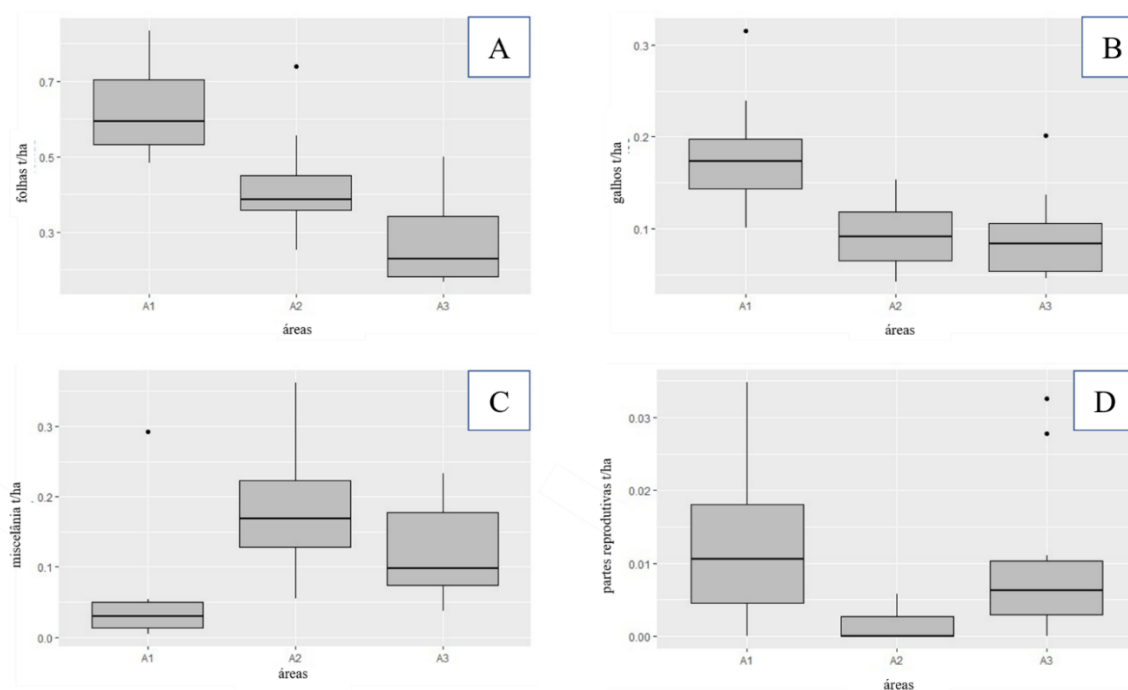


Figura 10: Gráfico boxplot que compara a variação (caixas), mediana (linha preta na caixa) e valores extremos (ponto pretos) do acúmulo das frações (A) folhas, (B) galhos, (C) miscelânea e (D) partes reprodutivas em t/ha para as três áreas na Usina São José Agroindustrial, Igarassu, PE. Fonte: A autora

3.4. DISCUSSÃO

3.4.1. Estoque de serrapilheira acumulada

A área com menor aporte médio de serrapilheira foi o corredor de mata ciliar restaurado (Área 3), com valores baixos se comparados com as demais áreas analisadas (Áreas 1 e 2) (Tabela 1). Tal comparação mostra que, após 11 anos de regeneração, a área restaurada ainda não alcançou estoques de serrapilheira próximos a de uma floresta madura ou em sucessão avançada, mas tem uma deposição similar ou superior às áreas restauradas avaliadas em outros trabalhos de Mata Atlântica, mostrando efetiva sucessão ao longo dos anos (CALDEIRA et al, 2008; MIRANDA NETO et al., 2014; SPERANDIO et al, 2012; SILVA et al., 2018; CORREIA et al., 2016) (Tabela 2). Por outro lado, nenhuma das duas áreas de corredor ciliar alcançaram os valores encontrados no fragmento maduro (Área 1). Isso provavelmente pode ser explicado pelo alto efeito de borda que as duas áreas não maduras sofrem por serem corredores. Outro fator que possivelmente ajuda na distinção entre as florestas é que o estrato arbóreo da Área 3 se encontra em fase inicial de construção, após sofrer alteração na conformidade e estrutura do terreno em virtude ao desmatamento sofrido para implantação de agricultura (SILVA et al, 2018).

As florestas em sucessão tendem a apresentar maior produção de serrapilheira do que florestas maduras, pois estas últimas estabilizaram sua composição de espécies, enquanto ocorre um super lançamento de serrapilheira na vegetação em sucessão que está sob mudança de composição da flora (EWEL, 1976). Então, é esperado que na Área 3 ocorra um aumento de produção de serrapilheira quando completar vinte anos após restaurada, e então, diminuir sua produção a um nível de floresta madura aos trinta anos (EWEL, 1976; POORTER, 2016). Os valores do presente estudo corroboram com os encontrados por O'Connell e Shakaran (1997) em florestas tropicais nativas localizadas na América do Sul, entre 3,1 e 16,5 t/ha, sendo o valor mais alto amostrado nas regiões de floresta montanhosa mais baixa da Colômbia, que normalmente tem bastante serrapilheira pela sua baixa taxa de decomposição. Outro estudo feito em florestas tropicais úmidas no Brasil mostra que foram constatados valores entre 6,4 a 9,4 t/ha, sendo apenas um dos quatro locais de estudos amostrados com maior quantidade de serrapilheira do que o do presente trabalho (9,4 t/ha; VITOUSEK; SANFORD, 1986).

Estudos feitos por Miranda Neto et al. (2014), em floresta estacional semidecidual, mostra um baixo acúmulo de serrapilheira de 3,4 t/ha em um fragmento, 40 anos após ser restaurado. Já Silva et al. (2018), estudando a mesma fitofisionomia que Miranda Neto et al. (2014), em uma

área de floresta secundária conservada e outra área restaurada, encontraram a deposição de 6,3 e 4,6 t/ha, respectivamente. Essas diferenças mostram que a área restaurada do presente estudo se equipara com áreas restauradas em tipologias diferentes na Mata Atlântica, já que o estudo feito por Silva et al. (2018) estava em processo de regeneração há 5 anos e em comparação com Miranda Neto et al. (2014), este trabalho encontrou valores mais altos. A diferença dos valores podem ser explicadas por se tratarem de diferentes fitofisionomias, já que nas florestas estacionais há maior queda de folhas nas estações menos chuvosas e mais frias ou então pelo método usado para restauração da área não ter sido o mais apropriado para área avaliada por Miranda Neto et al. (2014), já que cada local a ser restaurado possui suas particularidades e necessita estudo prévio para indicar a melhor forma de maneja-la (CORREIA et al., 2016).

Para florestas da mesma fitofisionomia da amostrada nesse trabalho, Correia et al. (2016) constataram um acúmulo de serrapilheira de 3,1 e 4,4 t/ha, sendo estas florestas Ombrófila Densa primária e Floresta em Restauração, respectivamente, apresentando uma deposição bem menor do que a encontrada no presente estudo. Em um trabalho feito em fragmentos da Usina São José Agroindustrial, Schessl et al. (2008) relataram uma queda média anual de 12,62 t/ha no interior da floresta, sendo maior do que a encontrada no fragmento deste estudo e descrito pelo autor como o maior valor encontrado nas florestas tropicais úmidas de Mata Atlântica. Schessl et al. (2008) também constaram a maior queda e deposição de serrapilheira no local estudado em períodos secos e uma variação nas quantidades que ocorre anualmente.

A variação encontrada na serrapilheira em diferentes locais é um reflexo das condições presentes em cada um, como as características das espécies, a idade florestal, taxa de crescimento, condições climáticas e as propriedades do solo (O'CONNEL; SANKARAN,1997). É normal encontrar maior aporte de serrapilheira em locais com baixa taxa de decomposição, que está diretamente ligada à umidade encontrada na área, já que quanto maior a umidade, mais acelerado é o processamento da matéria orgânica pela microbiota presente, podendo características fixas do local ou até mesmo as estações do ano determinarem a velocidade em que isso acontece (VITOUSEK; SANFORD, 1986; SCORIZA et al., 2017; CALDEIRA et al., 2013).

Apesar da coleta de amostras ter sido feita no fim do período chuvoso, esse valor representa bem o estoque anual, por serem áreas de floresta ombrófila, onde há menor variação das condições climáticas e da resposta da vegetação (CORREIA et al., 2016). Por tanto, no

fragmento maduro, o acúmulo de serrapilheira pode ter sido menor do que o encontrado por Schessl (2008) por ter sido coletada ao longo do rio interior ao fragmento, e esta serrapilheira ter sofrido lixiviação pelas enchentes do período chuvoso, além da alta taxa de decomposição dessa época.

A queda da serrapilheira ou liteira fina, é a primeira fonte a liberar nutrientes em formas disponíveis para as plantas e os microrganismos, assim completando a ciclagem de nutrientes nas florestas. Portanto, o ideal é que se estude primeiramente a disponibilidade, decomposição e liberação de nutrientes da liteira fina, para posterior avaliação do material orgânico disperso no solo (VITOUSEK; SANFORD, 1986).

Tabela 2: Estimativa da quantificação de serrapilheira na Mata Atlântica da América do Sul, nas florestas úmidas do Brasil e nos estados brasileiros de Santa Catarina (SC), Espírito Santo (ES), Minas Gerais (MG), Pernambuco (PE) e Paraná (PR).

Localidade	Tipologia da floresta	Serrapilheira t/ha		Autor
		Áreas maduras e/ou em sucessão avançada	Áreas restauradas	
Blumenal (SC), Parque Natural Municipal Nascentes do Garcia (Parque das Nascentes)	Ombrófila densa	5,2/ano	-	Caldeira et al.(2008)
Alegre (ES), Área de Relevante Interesse Ecológico “Laerth Paiva Gama”	Estacional semidecidual	9,5	7,0 - 8,4	Caldeira et al.(2013)
Linhares e Jaguaré (ES), Reserva Natural Vale	Ombrófila densa de terras baixas	4,4	3,1	Correia et al.(2016)
Viçosa (MG), Universidade Federal de Viçosa	Estacional semidecidual	-	3,4	Miranda Neto et al.(2014)
Florestas tropicais da América do Sul	-	3,1 - 16,5	-	O'connel; Sankaran, (1997)
Igarassu (PE), Usina São José Agroindustrial	Ombrófila densa de terras baixas	7,0 - 8,7	5	Este estudo
Igarassu (PE), Usina São José Agroindustrial, “Mata de Piedade”	Ombrófila densa de terras baixas	12,62/ano	-	Schessl et al.(2008)
Paraty (RJ), Comunidade quilombola do Campinho da Independência	Ombrófila densa submontana	6,8	-	Silva et al.(2012)
São Sebastião da Vargem Alegre (MG)	Estacional semidecidual	6,3	4,6	Silva et al. (2018)

	montana			
AnTONINa (PR), Reserva Natural de Guaricica	Ombrófila densa submontana	8,4/ano	-	Sloboda et al.(2017)
Alegre (ES), Área de Relevante Interesse Ecológico “Laerth Paiva Gama”	Estacional semidecidual	5,99	5,22 -5,67	Sperandio et al. (2012)
Florestas Tropicais úmidas no Brasil	-	6,4 - 9,4	-	Vitousek; Sanford, (1986)

3.4.2. Composição da serrapilheira acumulada

As folhas são as maiores responsáveis pela transferência de nutrientes, normalmente possuem quantidade mais significativa de nitrogênio, e representam uma importante via de retorno dos elementos do ciclo biogeoquímico da vegetação para o solo (SELLE, 2007; BARBOSA et al., 2017). Sendo assim, a fração foliar foi predominante nas amostras coletadas, assim como em outros estudos realizados na Mata Atlântica, mostrando uma alta disponibilidade de nutrientes para os solos (SLOBODA et al, 2017; TOSCAN et al, 2017; SCORIZA; PIÑA-RODRIGUES, 2014; MARTINELLI et al, 2017). O aumento proporcional da porcentagem de folhas ao longo do gradiente sucessional pode estar relacionado à idade florestal, como consequência do fechamento das copas (GONZALEZ; GALLARDO, 1982).

As demais frações, no geral, seguiram a ordem decrescente de porcentagens para folhas, galhos e partes reprodutivas, respectivamente, assim como constatado em trabalhos anteriores de mesmo ou diferentes biomas, exceto para a parcela da miscelânea (SILVA et al., 2009; MORELLATO, 1992; MELO; RESCK, 2002; BRAY; GOHAM, 1964) (Tabela 2). Nas Áreas 2 e 3, foram encontrados altos valores para miscelânea, que provavelmente foi induzido pela alta quantidade de solo aderido no material folhas e galhos. A grande porção de miscelânea possivelmente teve influência no valor total encontrado nas áreas 2 e 3.

Apesar da área restaurada ainda não possuir o equivalente de serrapilheira à da área de corredor em sucessão avançada, foi encontrado uma alta fração de partes reprodutivas no local, ultrapassando a porcentagem encontrada nas outras duas áreas, embora não diferindo estatisticamente. Estes valores para partes reprodutivas podem significar que as espécies plantadas na área restaurada estão com uma boa quantidade de produção de sementes para posterior germinação, se equiparando em porcentagem ao fragmento maduro e ultrapassando a

produção na área 2, ou também pode estar recebendo grande aporte de sementes e frutos de outros fragmentos que estão por pertos, como observados por Almeida (2016), findando para regeneração natural da área. Nas frações partes reprodutivas, o fruto foi o componente predominante. Schessl et al. (2008) constaram em seu trabalho que as maiores quedas deste componente aconteciam durante os períodos chuvosos, podendo a época da coleta ter influenciado nas quantidades de partes reprodutivas encontradas.

Valores mais altos de serrapilheira diminuem o sucesso da germinação das sementes, diminuindo a regeneração natural da área restaurada (SCHESSL et al., 2008). Entretanto, é normal encontrarmos baixos acúmulos de serrapilheira nas florestas tropicais úmidas, por sua alta taxa de decomposição, já que seus solos normalmente inférteis dependem principalmente da serrapilheira para manter sua alta diversidade (OLSON, 1963; COELHO; BORGES, 2005).

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à administração da Usina São José Agroindustrial (antiga Usina São José S/A), pela permissão da pesquisa, bem como à Paula Daniele do CPRH, pelo apoio. Agradecemos também à Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE, ao Departamento de Biologia e ao Laboratório de Ecologia Vegetal (LEVE) por toda a assistência.

3.5. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, D. S. Modelos de recuperação ambiental. In: **Recuperação ambiental da Mata Atlântica**. 3ed. rev. and enl. Ilhéus, BA: Editus, p. 100-137. 2016.
- ASNER, G. P. *et al.* A Contemporary Assessment of Change in Humid Tropical Forests. **Conservation Biology**, v. 23, n. 6, p. 1386–1395, 2009.
- BARBOSA, R. I.; SILVA, L. F. S. G.; CAVALCANTE, C. O. Protocolo Necromassa: Estoque e Produção de Liteira Grossa. **Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio)**, Boa Vista, Núcleo Regional de Roraima. 23p., 2009.
- BARBOSA, V. *et al.* Biomassa, Carbono e Nitrogênio na Serapilheira Acumulada de Florestas Plantadas e Nativa. **Floresta e Ambiente**, v. 24. 2017.
- BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. **Mata Atlântica: Manual de Adequação Ambiental**. Brasília, 2010. 96 p.

- BRAY, J. R., GOHAM, E. Litter Production in Forests of the World. **Advances in Ecological Research**, n. 2, p. 101-157. 1964.
- CALDEIRA, M. V. W. *et al.* Biomassa e nutrientes da serapilheira em diferentes coberturas florestais. **ComunicataScientiae**, v. 4, n. 2, p. 111-119. 2013.
- CALDEIRA, M. V. W. *et al.* Quantificação de serapilheira e de nutrientes em uma Floresta Ombrófila Densa. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 53-68, jan./mar. 2008.
- COELHO, G. C.; BORGES, P. A. P. Mathematical modeling of the litter decomposition and accumulation in a forest plantation: a transient case. *In: Proceedings of the 2005 International Symposium on Mathematical and Computational Biology* (R. Mondaini & R. Dilão, coord.). BIOMAT 2005. Washington.
- CORRÊA, R. S.; MELO, B. F. Ecologia da revegetação em áreas escavadas. *In: CORRÊA, R. S.; MELO, B. F. (ed.). Ecologia e recuperação de áreas degradadas no Cerrado*. Brasília: Paralelo 15, 1998. p.65-99.
- CORREIA, G. G. S. *et al.* Estoque de serapilheira em floresta em restauração e em floresta Atlântica de tabuleiro no sudeste do Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.40, n.1, p.13-20. 2016.
- COSTA, C. C. A. *et al.* Produção de Serapilheira na Caatinga da Floresta Nacional do Açú-RN. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 246-248, jul. 2007.
- EWEL, J. J. Litter Fall and Leaf Decomposition in a Tropical Forest Succession in Eastern Guatemala. **Journal of Ecology**, v. 64, n. 1, p. 293-308, mar. 1976.
- FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED. **World Food and Agriculture: Statistical Pocketbook**. Rome, 2009. 254p. Disponível em: <http://www.fao.org/3/ca6463en/ca6463en.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2019.
- FLORA DO BRASIL 2020 EM CONSTRUÇÃO**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: < <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> >. Acesso em: 04 de dezembro de 2019.
- GONZALEZ, M. I. M.; GALLARDO, J. F. El efecto hojarasca: **Uma revision. Anales de edafologia y agrobiologia**, Madrid, tomo XLI, n. 5-6, p. 1129-1157. 1982.
- HOBBS, R. J.; NORTON, D. A. Towards a conceptual framework for restoration ecology. **Restoration Ecology**, v. 4, n. 2, p. 93-110, abr. 2006.
- HOLL, K. D. Restoring Tropical Forest. **Nature Education Knowledge**, v. 4, n. 4, p. 1-8, 2013.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. “Banco de Dados para Pesquisa e Ensino – BDMEP. 2019”. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em: 03 de dezembro de 2019.
- JACOMINE, P. K. T. A nova classificação brasileira de solos. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, vols. 5 e 6, p.161-179, 2008-2009.
- MARTINELLI, L. A.; LINS, S. R. M.; SANTOS-SILVA, J. C. Fine litterfall in the Brazilian Atlantic Forest. **BIOTRÓPICA**, 10.1111/btp.12448, p. 1-9. 2017.

- MARTINS, S. V. **Recuperação de áreas degradadas: ações em áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2009. 270p.
- MELO, J. T.; RESCK, D. V. S. **Retorno, ao solo, de nutrientes de serapilheira de Pinus no cerrado do Distrito Federal**. 1 ed. Planaltina: EmbrapaCerrados, 2002. 18 p.
- MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Chapter 21 - Forest and Woodland Systems. p. 585-621**. In: HASSAN, R.; SCHOLLES, R.; ASH, N. (Eds). *Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends, Volume 1*. Island Press, Washington DC, 2005. 917p.
- MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington DC, 2005. 155p. Disponível em: <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2019.
- MIRANDA NETO, A. M. *et al.* Banco de sementes do solo e serapilheira acumulada em floresta restaurada. **RevistaÁrvore**, Viçosa-MG, v.38, n.4, p.609-620, 2014.
- MORELLATO, L. P. C. Nutrient Cycling in Two South-East Brazilian Forests. I Litterfall and Litter Standing Crop. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 8, n. 2, p. 205-215, mai. 1992.
- O'CONNEL, A. M.; SANKARAN, K. V. Organic Matter Accretion, Decomposition and mineralisation. In: NAMBIAR, E. K. S., BROWN, A. G. (Ed.). **Management of soil, nutrients and water in tropical plantations forests**. Canberra: ACIAR Australia/CSIRO. 1997. p. 443-480. (Monograph; n.43).
- OLSON, J. S. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. **Ecology**, v. 44, n. 2, p. 322-330, 1963.
- POORTER, L. *et al.* Biomass resilience of Neotropical secondary forests. **Nature**, v. 530, p. 211-225, fev. 2016.
- PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da conservação**. Londrina: Vida, 2002. 328p.
- R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2019. Disponível em: <URL<https://www.R-project.org/>>. Acesso em 20 de nov. de 2019.
- RODRIGUES, W. N. *et al.* Recuperação de áreas degradadas. In: MARTINS, L. D *et al.* (Org.). **Atualidades em desenvolvimento sustentável**. 1ed. Manhuaçu: FACIG, v. 1, p. 21-35, 2012.
- SCHESSEL, M.; SILVA, W. L.; GOTTSBERGER, G. Effects of fragmentation on forest structure and litter dynamics in Atlantic rainforest in Pernambuco, Brazil. **Flora**, Freiberg, v. 203, p. 215-228. 2008.
- SCORIZA, R. N.; CORREIA, M. E. F. C.; SILVA, E. M. R. O estoque de serrapilheira é eficiente como indicador ambiental em fragmentos florestais de encosta?. **Agrária - Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, PE, v.12, n.1, p.79-85. 2017.

- SCORIZA, R. N.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. Influência da precipitação e temperatura do ar na produção de serapilheira em trecho de floresta estacional em Sorocaba SP. **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 44, n. 4, p. 687 - 696, out. / dez. 2014.
- SELLE, G. L. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 23, n. 4, p. 29-39, Oct./Dec. 2007.
- SILVA, C. J. *et al.* Contribuição de folhas na formação da serrapilheira e no retorno de nutrientes em floresta de transição no norte de Mato Grosso. **Acta Amazonica**. v. 39, n. 3, p. 591-600. 2009.
- SILVA, K. A. *et al.* Estoque de serapilheira em uma floresta em processo de restauração após mineração de bauxita. **Rodriguésia**, v. 69, n. 2, p. 853-861. 2018.
- SILVA, M. S. C. *et al.* Estoque de Serapilheira e Atividade Microbiana em Solo sob Sistemas Agroflorestais. **Floresta e Ambiente**; v. 19, n. 4, p. 431-441. 2012.
- SLOBODA, B. *et al.* Litterfall and Nutrient Dynamics in a Mature Atlantic Rainforest in Brazil. **Floresta e Ambiente**, v. 24. 2017.
- SPERANDIO, H. V. *et al.* 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.
- TAUBERT, F. *et al.* Global patterns of tropical forest fragmentation. **Nature**, v. 554, p. 519-535, fev. 2018.
- THE ECONOMICS OF ECOSYSTEMS AND BIODIVERSITY (TEEB). Measuring what matters in agriculture and food systems: a synthesis of the results and recommendations of TEEB for Agriculture and Food's Scientific and Economic Foundations report. *In*: MULLÈR, A.; SUKHDEV, P. **TEEB AgriFood Synthesis Report**. Geneva: UN Environment, 2018. 84p.
- TONIN, A. M. *et al.* Plant litter dynamics in the foreststream interface: precipitation is a major control across tropical biomes. **Scientific Reports**, 7: 10799, p. 1-14, set. 2017.
- TOSCAN, M. A. G.; GUIMARÃES, A. T. B.; TEMPONI, L. G. Caracterização da produção de serapilheira e da chuva de sementes em uma reserva de floresta estacional semidecidual, Paraná. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 415-427, abr.-jun., 2017.
- TRINDADE, M. B. *et al.* Fragmentation of the Atlantic Rainforest in the northern coastal region of Pernambuco, Brazil: Recent changes implications conservation. **Bioremediation, Biodiversity and Bioavailability**, v. 2 (Special Issue 1), p. 5-13, 2008.
- VITOUSEK, P. M.; SANFORD, R. L. Nutrient Cycling In Moist Tropical Forest. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 17, p. 137-167. 1986.
- WORLD WIDE FUND FOR NATURE (WWF). **Forests for a living planet**: Chapter 1. *In*: WWF Living forests report. Gland, Switzerland, 2011. 34p. Disponível em: https://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/living_forests_chapter_1_26_4_11.pdf. Acesso em: 20 set. 2019.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados deste estudo mostram que as três áreas avaliadas possuem estoques diferentes de serrapilheira, indicando que talvez corredores de mata ciliar, por conta da maior influência da matriz agrícola, não cheguem a alcançar a produção de liteira fina de um fragmento maduro de grande porte. Entretanto, as áreas estudadas apresentaram valores dentro do esperado para florestas tropicais úmidas na América do Sul e no Brasil, e sendo a serrapilheira um indicador de qualidade ambiental, é possível inferir com essa similaridade que os ambientes estudados se encontram em bom estado de conservação, considerando a idade e condições das áreas avaliadas.

Foi também observado que a área restaurada não possui a mesma deposição de serrapilheira que as outras duas áreas. Porém, possui apenas 11 anos de restaurada e um estoque similar à outras florestas tropicais úmidas naturais do mundo. Com isso, conclui-se que existe um bom processo de retorno dos serviços ecossistêmicos onde houve a restauração, sendo necessárias iniciativas de regeneração ativa complementares, como manutenção da vegetação e monitoramento, para que a floresta siga efetivamente seus estágios de sucessão e funcionamento.

Por fim, este trabalho vem de forma a subsidiar a elaboração de novos projetos de restauração de Mata Atlântica e usa como estudo de caso a Usina São José Agroindustrial, que restaurou uma área ripária, como forma de compensação pela alteração florestal passada e, com isso, está tendo retorno dos serviços ecossistêmicos utilizados amplamente pela mesma, fornecidos pela Mata Atlântica.

5. REFERÊNCIAS

BRASIL. Presidência da República. **Lei n. 12.651 de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências. Brasília, DF, 25 de mai. 2012.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. **Mapa de Vegetação Nativa na Área de Aplicação da Lei no. 11.428/2006** – Lei da Mata Atlântica (ano base 2009). Brasília, 2015. 84 p.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. **Mata Atlântica: Manual de Adequação Ambiental**. Brasília, 2010. 96 p.

COELHO, G. C.; BORGES, P. A. P. Mathematical modeling of the litter decomposition and accumulation in a forest plantation: a transient case. *In: Proceedings of the 2005 International*

Symposium on Mathematical and Computational Biology (R. Mondaini & R. Dilão, coord.). BIOMAT 2005. Washington.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Observatório Agrícola. **Acompanhamento da Safra Brasileira - Cana-de-açúcar**: Primeiro levantamento. v. 5 - Safra 2018/19, n. 1, Brasília, mai. 2018. 62p. Disponível em: https://www.CONAB.gov.br/info-agro/safra/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar/item/download/17727_4e54c5103a0ab4a15529e35307c79b2e. Acesso em: 10 jun. 2019.

CRITICAL ECOSYSTEM PARTNERSHIP FUND (CEPF). **Atlantic Forest Biodiversity Hotspot**. Ecosystem Profile Dez. 2001. 29 p.

DEAN, W. **A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira**. São Paulo, Companhia das Letras, 484 p, 1996.

JOLY, C. A.; METZGER, J. P.; TABARELLI, M. Experiences from the Brazilian Atlantic Forest: ecological findings and conservation initiatives. **New Phytologist**, v. 204, n. 3, p. 459–473, jul. 2014.

LEÃO, L. Usinas de cana de Pernambuco autuadas por crime ambiental. **Ministério do Meio Ambiente (MMA)**, jun, 2008. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/informma/item/4906-usinas-de-cana-de-pernambuco-autuadas-por-crime-ambiental>. Acesso em: 01 jun. 2019.

MAPBIOMAS. (2019). Coleção [versão 3.0] da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. Disponível em: <http://mapbiomas.org>. Acesso em: 01 jun. 2019.

MARCILIO-SILVA, V.; MARQUES, M. C. M. New paradigms for Atlantic Forest agriculture and conservation. **Biodiversity**, v. 18, n. 4, p. 201-205, dez. 2017.

MARTINELLI, G. *et al.* Avaliação de risco de extinção de espécies da flora brasileira. In: MARTINELLI, G; MORAES, M. A. (eds). **Livro vermelho da flora do Brasil**. CNC Flora, Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Andrea Jakobsson Estúdio, Rio de Janeiro, p 60–84, 2013.

MITTERMEIER, R. *et al.* Global Biodiversity Conservation: The Critical Role of Hotspots. In: **Biodiversity Hotspots**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, p. 3–22. 2011.

MYERS, N. *et al.* Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858, fev. 2000.

PACTO PELA RESTAURAÇÃO DA MATA ATLÂNTICA. **Referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. São Paulo: LERF/ESALQ: Instituto BioAtlântica, 2009. 256p.

PAGLIA, A. P.; FONSECA, G. A. F.; SILVA, J. M. C. A fauna brasileira ameaçada de extinção: síntese taxonômica e geográfica. In: MACHADO, A. B. M.; DRUMMOND G. M.; PAGLIA, A. P. (eds) **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, p. 63–70, 2008.

RIBEIRO, M. C. *et al.* From hotspot to hopespot: An opportunity for the Brazilian Atlantic Forest. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v.16, p.208–214, 2008.

RODRIGUES, D.; ORTIZ, L. S. Em direção à sustentabilidade da produção de etanol de cana de açúcar no Brasil. 2006. Disponível em: www.natbrasil.org.br/publicacoes. Acesso em set. 2019.

RODRIGUES, L. D. **A cana-de-açúcar como matéria prima para produção de biocombustíveis**: Impactos ambientais e o zoneamento agroecológico como ferramenta para mitigação. 2010. 59 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Análise Ambiental) - Universidade Federal de Juiz de Fora.

SCARANO, F. R.; CEOTTO, P. Brazilian Atlantic forest: impact, vulnerability, and adaptation to climate change. **BiodiversConserv**, v. 24, p. 2319–2331, set. 2015.

TABARELLI, M.; RODA, S. A. Uma oportunidade para o Centro de Endemismo Pernambuco. **Natureza & Conservação**, v. 3, n. 2, p. 22-28, out. 2005.

TAUBERT, F. *et al.* Global patterns of tropical forest fragmentation. **Nature**, v. 554, p. 519-535, fev. 2018.

THE ECONOMICS OF ECOSYSTEMS AND BIODIVERSITY (TEEB). TEEB Manual for Cities: Ecosystem Services in Urban Management. *In*: MADER, A. *et al.* **TEEB Manual for Cities**. Geneva: UN Environment, 2011. 48p.

UKONMAANAHO, L. *et al.* Part XIII: Sampling and Analysis of Litterfall. *In*: UNECE ICP Forests Programme Co-ordinating Centre (ed.): **Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests**. Thünen Institute for Forests Ecosystems, Eberswalde, Germany, 14 p. + Annex, 2016.

WILCKE, W. *et al.* Nutrient storage and turnover in organic layers under tropical montane rain forest in Ecuador. *European Journal of Soil Science*, v. 53, p. 15-27, Mar. 2002.

6. APÊNDICE

APÊNDICE A – Espécies plantadas na restauração da Área 3 da Usina São José Agroindustrial.

Nome Comum	Nome Científico
Aroeira	<i>Schinusterebinthifolia</i> var. <i>rhoifolia</i> (Mart.) Engl.
Burlandi	<i>Symphoniaglobulifera</i> L.f.
Cajá	<i>Spondiasmombin</i> L.
Carolina	<i>Pachiraaquatica</i> Aubl.
Cinzeiro	<i>Richeriagrandis</i> Vahl
Ingá	<i>Inga</i> sp.
Genipapo	<i>Genipa americana</i> L.

Atualizado de acordo com a Flora do Brasil 2020.