



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

**MONITORAMENTO DO CRESCIMENTO DO TRONCO E DA
PRODUÇÃO DE SERRAPILHEIRA EM FLORESTAS EM
DIFERENTES ESTÁGIOS DE REGENERAÇÃO NA MATA
ATLÂNTICA**

Marcelo Moura Fernandes

Relatório de Iniciação Científica do
programa PIBIC, orientado pela Dr. Laura
De Simone Borma e Dr. Reinaldo Rodrigo
Novo.

INPE

São José dos Campos

2021



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

**MONITORAMENTO DO CRESCIMENTO DO TRONCO E DA
PRODUÇÃO DE SERRAPILHEIRA EM FLORESTAS EM
DIFERENTES ESTÁGIOS DE REGENERAÇÃO NA MATA
ATLÂNTICA**

Marcelo Moura Fernandes

Relatório de Iniciação Científica do
programa PIBIC, orientado pela Dr. Laura
De Simone Borma e Dr. Reinaldo Rodrigo
Novo.

INPE

São José dos Campos

2021

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, por terem me dado suporte, apoio e amor durante toda minha vida e graduação.

À minha irmã, que mesmo de longe eu sempre pude contar quando tivesse qualquer problema.

Aos amigos que fiz em Lavras e espero levar para a vida, que proporcionaram companheirismo, diversão e me ajudaram em diversos momentos.

Ao meu orientador Fausto, por ter me ensinado tanto sobre sensoriamento remoto, métodos científicos, sobre a vida e ter contribuído tanto para o final da minha formação como engenheiro florestal.

À minha orientadora Laura, que auxiliou enormemente na minha iniciação científica que deu origem a este TCC.

Ao meu coorientador Reinaldo, que contribuiu com diversos ensinamentos científicos, além de outros que levarei para a vida.

Ao CNPQ (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pela bolsa de estudos

À toda equipe que tive contato no INPE durante a iniciação científica, que tanto engrandeceram meus conhecimentos sobre pesquisas.

Aos meus colegas e amigos do LEMAF, com quem troquei muitas experiências, conhecimentos e risadas.

A todas as outras pessoas com quem tive contato e contribuíram de alguma forma para meu desenvolvimento pessoal e profissional.

Ao movimento estudantil da engenharia florestal, ABEEF e Centro Acadêmico, que me propiciaram aprendizados, vivências e experiências muito engrandecedoras.

RESUMO

A Mata Atlântica é o bioma brasileiro que mais sofreu com o desmatamento desde o período de colonização, o que comprometeu o seu elevado potencial de fornecimento de serviços ecossistêmicos das suas florestas. Devido ao seu elevado grau de endemismo e intensa ameaça antrópica, a Mata Atlântica figura hoje como um dos *hotspots* de biodiversidade. Para reverter esse cenário, ações de reflorestamento com espécies nativas da Mata Atlântica vêm sendo incentivadas. O presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito da sazonalidade no crescimento do tronco e a produção de serrapilheira em três fragmentos de florestas da Mata Atlântica em diferentes estágios de regeneração – ~5 anos (RP), ~12 anos (R12) e ~40 anos (R40). A pesquisa foi desenvolvida na Estação Experimental Ecohidrológica de São Francisco Xavier (EEE-SFX). Sob administração do LabEcoh/INPE, a EEE-SFX está instalada na propriedade particular Fazenda da Serra, localizada na Área de Proteção Ambiental de São Francisco Xavier (APA-SFX), distrito de São José dos Campos, SP. O período de análise dos dados foi de junho de 2019 a abril de 2021. O crescimento diamétrico foi avaliado por meio do monitoramento mensal de sessenta dendrômetros de fita distribuídos igualmente nos três fragmentos. A produção de serrapilheira foi mensurada por meio de trinta coletores de serrapilheira, distribuídos igualmente nos três fragmentos. A análise dos dados mostrou que o crescimento do tronco ocorreu, prioritariamente, no período chuvoso. Na RP, R12 e R40, respectivamente 73,7%, 84,4% e 91,9% do crescimento total registrado ao longo dos 22 meses de monitoramento ocorreu no período chuvoso (outubro a abril). A produção de serrapilheira ocorreu principalmente no período seco (junho a setembro), com uma menor produção na RP ($5,59 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$) comparada à R12 ($9,08 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$) e à R40 ($8,54 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$). As árvores da área de regeneração inicial (RP) apresentaram um maior crescimento acumulado no período (Circunferência à Altura do Peito, CAP de 113,3 cm) do que as árvores nas áreas de regeneração mais avançada (CAP de 77,8 cm na R12 e CAP de 31,8 cm na R40).

Palavras-chave: Floresta Tropical; Sazonalidade Climática; Dendrômetros; São Francisco Xavier

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 — Áreas de estudo: RP, R12 e R40, respectivamente	8
Figura 2 – Localização da área de estudo na Estação Experimental Fazenda da Serra	9
Figura 3 – Precipitação mensal média na Estação Experimental Fazenda da Serra durante o período do estudo, entre fevereiro de 2019 e abril de 2021	10
Figura 4 – Dendrômetros de fita, modelo EMS-DB20, instalados em 30/05/2019 em cada uma das três áreas de estudo - RP, R12 e R40	12
Figura 5 – Coletores de serrapilheira do tipo <i>bag</i> , instalados em 22/05/2019, a 1,25 m de altura em relação ao nível do solo, em cada uma das três áreas de estudo - RP, R12 e R40	13
Figura 6 – Crescimento Diamétrico Acumulado (CDA, cm) das áreas em regeneração inicial ocupada anteriormente por pastagem (RP), regeneração intermediária (R12) e regeneração avançada (R40), de junho de 2019 a abril de 2021	16
Figura 7 – Crescimento Diamétrico Acumulado (CDA, cm) da área em regeneração inicial ocupada anteriormente por pastagem (RP), de junho de 2019 a abril de 2021	17
Figura 8 – Crescimento Diamétrico Acumulado (CDA, cm) da área em regeneração intermediária (R12), de junho de 2019 a abril de 2021	18
Figura 9 – Crescimento Diamétrico Acumulado (CDA, cm) da área em regeneração avançada (R40), de junho de 2019 a abril de 2021	19
Figura 10 — Crescimento Diamétrico Acumulado Sazonal (CDASaz, cm) das áreas em regeneração inicial ocupada anteriormente por pastagem (RP), regeneração intermediária (R12) e regeneração avançada (R40), durante a estação chuvosa dos anos 2019-2020 e 2020-2021	20
Figura 11 — Crescimento Diamétrico Acumulado Sazonal (CDASaz, cm) das áreas em regeneração inicial ocupada anteriormente por pastagem (RP), regeneração intermediária (R12) e regeneração avançada (R40), durante a estação seca dos anos 2019 e 2020	21
Figura 12 — Crescimento Diamétrico Acumulado Sazonal - (CDASaz, cm) das áreas em regeneração inicial ocupada anteriormente por pastagem (RP), regeneração intermediária (R12) e regeneração avançada (R40), durante as estações seca e chuvosa dos anos 2019 e 2020	22
Figura 13 — Comparação entre crescimento diamétrico mensal e precipitação nas áreas em	

regeneração inicial ocupada anteriormente por pastagem (RP), regeneração intermediária (R12) e regeneração avançada (R40), de junho de 2019 a abril de 2021	23
Figura 14 – Crescimento Diamétrico Acumulado por Espécie (CDAEsp, cm) na área em regeneração inicial ocupada anteriormente por pastagem (RP)	25
Figura 15 – Crescimento Diamétrico Acumulado por Espécie (CDAEsp, cm) na área em regeneração intermediária (R12)	26
Figura 16 – Crescimento Diamétrico Acumulado por Espécie (CDAEsp, cm) na área em regeneração avançada (R40)	27
Figura 17 – Comparação dos CDAEsp (cm) que ocorrem em mais de uma área do estudo	28
Figura 18 – Comparação entre Massa Média de Queda de Serrapilheira Mensal (MMSM, g) e precipitação na RP, R12 e R40	30
Figura 19 – Galho no coletor de serrapilheira na área em regeneração inicial ocupada anteriormente por pastagem (RP)	30
Figura 20 – Comparação entre Crescimento Diamétrico Mensal (CDM, cm) e Massa Média de Queda de Serrapilheira Mensal (MMSM, g) nas áreas em regeneração inicial ocupada anteriormente por pastagem (RP), regeneração intermediária (R12) e regeneração avançada (R40), de junho de 2019 a abril de 2021	32
Figura A1 – Massa Média de Queda de Serrapilheira de acordo com a data de coleta (MMSC, g)	41
Figura A2 – Massa Média de Queda de Serrapilheira por Dia (MMSD, g)	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Número de identificação, espécie, família e CAP inicial (22/05/2019) das árvores monitoradas com os dendrômetros de fita na RP	43
Tabela 2 – Número de identificação, espécie, família e CAP inicial (22/05/2019) das árvores monitoradas com os dendrômetros de fita na R12	44
Tabela 3 – Número de identificação, espécie, família e CAP inicial (22/05/2019) das árvores monitoradas com os dendrômetros de fita na R40	45

LISTA DE ABREVIATURAS/SIGLAS/SÍMBOLOS:

SFX	São Francisco Xavier
EEE	Estação Experimental Ecohidrológica
LabEcoh	Laboratório de Ecohidrologia Isotópica
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
CCST	Centro de Ciência do Sistema Terrestre
RP	Regeneração de Pastagem
R12	Regeneração de aproximadamente 12 anos
R40	Regeneração de aproximadamente 40 anos
DAP	Diâmetro à Altura do Peito
CAP	Circunferência à Altura do Peito
IV	Índice de Vegetação
CDM	Crescimento Diamétrico Mensal
CDA	Crescimento Diamétrico Acumulado
CDASaz	Crescimento Diamétrico Acumulado Sazonal
CDEsp	Crescimento Diamétrico por Espécie
MMSC	Massa Média de queda de Serrapilheira de acordo com a data de Coleta
MMSD	Massa Média de queda de Serrapilheira por Dia
MMSM	Massa Média de queda de Serrapilheira por Mês
MAPS	Média Anual de Produção de Serrapilheira
AC	Área do Coletor

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 Regeneração Ecológica.....	3
2.2 Serviços Ecossistêmicos, Reflorestamento e Carbono	4
2.3 Crescimento diamétrico e serrapilheira como ferramenta para obtenção de diferentes dados	5
3 OBJETIVOS.....	7
3.1 Objetivo Geral:.....	7
3.2 Objetivos Específicos:	7
4 METODOLOGIA.....	8
4.1 Área de estudo.....	8
4.2 Precipitação.....	9
4.3 Delineamento experimental	10
4.3.1 Crescimento diamétrico	10
4.3.2 Queda de serrapilheira	12
4.4. Processamento dos dados.....	13
4.4.1 Precipitação.....	13
4.4.2 Crescimento diamétrico	13
4.4.3 Queda de serrapilheira	14
4.4.4 Relação entre crescimento diamétrico e queda de serrapilheira	15
4.4.5 Relação entre precipitação e queda de serrapilheira	15
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
5.1 Crescimento Diamétrico Acumulado.....	16
5.2 Crescimento Diamétrico Acumulado Sazonal — CDASaz.....	19
5.3 Comparação entre crescimento diamétrico e precipitação.....	22
5.4 Crescimento Diamétrico Acumulado por Espécie – CDAEsp	24
5.5 Produção de serrapilheira.....	28
5.5.1 Variação sazonal da produção de serrapilheira.....	29
5.5.2 Produção anual de serrapilheira como indicativo de idade de regeneração.....	31
5.6 Comparação entre crescimento do tronco e queda de serrapilheira.....	31

6 Considerações Finais	34
Referências.....	37
ANEXO A	41

1 INTRODUÇÃO

As florestas tropicais são caracterizadas pelo clima quente, elevada precipitação e solos pobres em nutrientes. No Brasil, essas florestas possuem, juntas, uma cobertura florestal que abrange aproximadamente 41,6% de todo o território nacional, sendo a Floresta Amazônica responsável por 39,3% e a Mata Atlântica por 2,3% (BRASIL, 2019). No bioma Amazônia, a taxa de desmatamento vem aumentando segundo os dados do PRODES, INPE desde 2018 até os últimos levantamentos de 2021, sendo que as taxas de desmatamento atuais são as maiores dos últimos dez anos (INPE, 2021). Já no bioma Mata Atlântica, a taxa de desmatamento e média exponencial histórica está diminuindo (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE, 2021), o que é extremamente necessário, já que resta somente cerca de 28% da floresta que existia originalmente, de acordo com um estudo recente que utilizou técnicas de sensoriamento remoto (REZENDE et al., 2018).

Devido ao clima favorável, expansão da agricultura, proximidade dos maiores centros urbanos do país, fragmentação dos habitats, além do desmatamento histórico, o que restou da Mata Atlântica encontra-se em fragmentos isolados, em áreas de difícil acesso. Esse bioma é caracterizado como um “patrimônio nacional” segundo a Constituição Federal e, no intuito de preservá-lo, foi criada uma legislação específica na Lei 11.428/2006. A Mata Atlântica é um dos principais *hotspots* de biodiversidade do mundo, contendo cerca de 20.000 espécies de plantas e 1.400 espécies de vertebrados terrestres endêmicos (LAURANCE, 2009; JOLY; METZGER; TABARELLI, 2014).

Em 2015, durante o Acordo de Paris, o Brasil estabeleceu diversas metas ambientais, das quais destacam-se como principais: zerar o desmatamento ilegal até 2030, além de restaurar e reflorestar até 12 milhões de hectares de florestas (MMA, 2020). No intuito de restaurar os ecossistemas, é feita a regeneração ecológica, que utiliza técnicas de enriquecimento ou regeneração artificial para a recuperação dos ambientes degradados. As áreas recuperadas têm o potencial de sequestrar carbono, tendo um impacto positivo na formação de chuvas, bem como na diminuição dos impactos do aquecimento global (SYKTUS; MCALPINE, 2016). Além do carbono, a qualidade da água melhora significativamente após a recuperação ambiental (VAN DIJK et al., 2007). A regeneração de um ecossistema é resultante da recuperação dos biomas degradados, sendo esse um processo longo, que leva em conta, além das espécies de vegetais, as espécies de animais que fazem parte do bioma recuperado.

A fim de entender melhor os diferentes estágios de regeneração florestal e sua interação com fatores climáticos, o presente trabalho analisou três estágios da regeneração florestal em áreas de diferentes idades na Mata Atlântica. Utilizando a média mensal de precipitação, crescimento diamétrico e queda de serrapilheira, buscou-se encontrar padrões como: a relação entre a precipitação e o crescimento do tronco; as épocas de pico de queda de serrapilheira; a relação da queda de serrapilheira com o crescimento do tronco.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção está estruturada da seguinte forma: na Seção 2.1. serão apresentadas formas que contribuem para a degradação de ecossistemas, além de definições, conceitos, importância da regeneração, recuperação e regeneração ecológica. Na Seção 2.2 serão abordados os temas de serviços ecossistêmicos, reflorestamento e carbono. Na Seção 2.3 serão apresentados os métodos e análises dos temas de crescimento diamétrico e queda de serrapilheira.

2.1 Regeneração Ecológica

Inúmeras são as formas de degradar ou perturbar um ecossistema. As causas podem ser: incêndios, mineração, plantios de monoculturas, urbanização e diferentes tipos de obras de engenharia. Existem diversas formas para a realização da restauração ecológica e elas dependem, na maioria das vezes, da intensidade da degradação e viabilidade do processo. As formas de restauração ecológica podem ser recuperação, reabilitação, recomposição e restauração.

Existem diferentes definições para cada processo de retomada das condições de equilíbrio naturais das áreas. A recuperação consiste na restituição de um ecossistema a uma condição não degradada, podendo ser diferente da condição original. Já a restauração pode ser definida pela restituição de um ecossistema para que ele se torne o mais próximo possível de sua condição original (SNUC, 2000). Segundo SER (2004), a recuperação é o resultado final da atividade de restauração, e a restauração, por sua vez, é o processo de auxílio ao restabelecimento de um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído.

Vale ressaltar que o processo de regeneração pode ser feito de diferentes maneiras. De forma natural, artificial ou com a junção das duas, que é chamado de enriquecimento. Existem alguns critérios para a definição do método de regeneração. A escolha do melhor método deve levar em consideração o estado de degradação da área. Para a análise de degradação deve-se avaliar: i) o estado do solo e da cobertura vegetal; ii) a presença e distribuição da regeneração; iii) a viabilidade econômica. Uma vez feitas estas análises, é possível definir o melhor método de restauração florestal. Uma chave para a tomada de decisão sobre o método de restauração foi criada para auxiliar a escolha do melhor método (NBL, 2013).

A restauração ecológica é importante e contribui em diversos aspectos da melhoria dos ecossistemas. Uma restauração tem como objetivos: recuperar espécies específicas; prover uma conectividade entre áreas preservadas, fortalecendo a função do ecossistema e melhorando a

paisagem; restabelecer ou melhorar os serviços ecossistêmicos. A restauração conduzida por meio do reflorestamento contribui significativamente para a mudança climática, atuando na prevenção de mudanças drásticas no clima, além de sequestrar o carbono da atmosfera (KEENLEYSIDE et al., 2012; LAWRENCE; VANDECAR, 2015).

2.2 Serviços Ecossistêmicos, Reflorestamento e Carbono

Serviços ecossistêmicos podem ser definidos de diferentes formas. Uma delas diz que “os benefícios para populações humanas derivam, direta ou indiretamente, das funções dos ecossistemas” (COSTANZA et al., 1997). Daily et al. (1997) definem como: “as condições e processos através dos quais os ecossistemas naturais e as espécies que os compõem sustentam a vida humana”. A Avaliação Ecossistêmica do Milênio (Millennium Ecosystem Assessment, 2005) define os serviços ecossistêmicos como os benefícios que a população recebe dos ecossistemas. Esses serviços incluem água, comida e madeira, classificados como serviços provedores. Existem também os serviços reguladores, que afetam enchentes, clima e a qualidade da água. Outro serviço ecossistêmico, de acordo com o documento, seria o cultural, uma vez que fornece benefícios recreativos, estéticos e espirituais. Além disso, existe o serviço de suporte que contribui para a formação do solo, fotossíntese e ciclagem de nutrientes (MEA, 2005).

A vegetação nativa e as áreas que foram regeneradas contribuem significativamente com os serviços ecossistêmicos reguladores como: controle de enchentes, do clima, melhora na qualidade da água, além de sequestro de carbono. A Avaliação Ecossistêmica do Milênio apontou que o desmatamento, em conjunto com as mudanças de uso do solo, é caracterizado pela grande emissão de carbono para a atmosfera e contribui, desde 1750, com 15 a 25% da mudança climática global (MEA, 2005). O sequestro e estoque de carbono é uma atividade desempenhada pelas florestas nativas e reflorestamentos, sejam de viés econômico ou para preservação. As diferentes formas de reflorestamento — regenerações florestais, sistemas agroflorestais e plantios florestais com viés exploratório — podem gerar uma renda extra se os créditos de carbono forem explorados (FELDPAUSCH et al., 2004; (MAY et al., 2005; DALMÁCIO et al., 2012). Além dos créditos de carbono, existe o PSA (Pagamento por Serviços Ambientais), que é um incentivo para que os produtores rurais recuperem as matas ciliares, estabeleçam corredores ecológicos, manejem os recursos não madeireiros de forma sustentável, implementem sistemas agroflorestais para que eles possam receber por isso. A

presença de mata ciliar ao redor de nascentes está diretamente ligada à qualidade da água (PINTO; DE ROMA; BALIEIRO, 2012).

2.3 Crescimento diamétrico e serrapilheira como ferramenta para obtenção de diferentes dados

O crescimento diamétrico é normalmente medido por meio de uma fita métrica, a 1,30 metros de altura do fuste da árvore em relação ao nível do solo, cujo resultado direto é a CAP (Circunferência à Altura do Peito). Na maioria dos estudos, a CAP é convertida em DAP (Diâmetro à Altura do Peito) pela sua divisão por π (3,1416). O monitoramento do crescimento do tronco pode ser feito por meio de inventários florestais contínuos com o uso da fita métrica, ou também por meio de dendrômetros, de fita ou industriais. Os dendrômetros de fita são utilizados desde 1965 para pesquisas sobre a periodicidade de crescimento do diâmetro de árvores, para o cálculo da taxa de variações no crescimento, entre outros usos (DÉTIENNE, 1989). Diferentemente dos dendrômetros automáticos — que coletam e armazenam os dados de crescimento diamétrico automaticamente em intervalos de tempo definidos —, o dendrômetro de fita requer a leitura periódica em campo da régua dendrométrica, que indica o crescimento do tronco. Carvalho (2011) mostrou que a precisão das medidas do dendrômetro de fita comparado ao industrial tem correlação de 0,930, os custos são de 10 a 15 vezes menores e a instalação é mais fácil e menos danosa à árvore, já que não é necessário fazer um furo no tronco.

Ao longo dos últimos anos, diversos estudos têm sido feitos com o uso de dendrômetros. O conhecimento da taxa de crescimento do tronco, de florestas nativas ou plantadas, permite construir modelos de prognose, calcular o incremento de biomassa, fazer a estimativa de carbono acumulado, além de analisar a periodicidade do crescimento do tronco com o intuito de entender a dinâmica do crescimento nas florestas (MORAES, 1970; FELDPAUSCH et al., 2004; BINOTI et al., 2015; WAGNER et al., 2016; PEQUENO REIS et al., 2018).

A serrapilheira é composta por todo o material orgânico que cai no chão da floresta, como folhas, galhos, sementes, frutos, flores e outras partes da planta (CELENTANO et al., 2011; SCORIZA et al., 2012; CAMARGO; GIARRIZZO; JESUS, 2015; DA SILVA et al., 2018). A queda de serrapilheira normalmente é medida com a instalação de coletores, que ficam suspensos a 1,25 metros do chão com uma tela de *nylon* de 2 mm de abertura. O material coletado é colocado em uma estufa para secagem a 70° C por 48 horas — em alguns estudos o material é seco a 65° C por 72 horas. Diversas análises podem ser feitas a partir da coleta desses

dados, tais como: ciclagem de nutrientes; velocidade de decomposição da serrapilheira; estimativa da quantidade de carbono absorvida no solo; estágio de regeneração florestal; picos e períodos de maior queda de serrapilheira (DOMINGOS et al., 1997; FERREIRA et al., 2014; WAGNER et al., 2016; DA SILVA et al., 2018).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral:

Este trabalho buscou avaliar as relações entre clima e processos que ocorrem na floresta. O objetivo principal foi analisar a dinâmica do crescimento diamétrico das árvores e a queda de serrapilheira em três fragmentos em diferentes estágios de regeneração da Mata Atlântica, na Estação Experimental Ecohidrológica localizada em São Francisco Xavier (EEE-SFX), distrito de São José dos Campos.

3.2 Objetivos Específicos:

Os objetivos específicos foram:

1. Determinar o efeito da sazonalidade na queda de serrapilheira e no crescimento do tronco (picos de crescimento diamétrico das árvores). Além disso, comparar o crescimento diamétrico nas diferentes áreas.
2. Avaliar se nas épocas em que existe a maior queda de serrapilheira o crescimento do tronco é afetado, ou seja, determinar uma relação entre crescimento do tronco e queda de serrapilheira.
3. Investigar se há uma relação entre a quantidade de chuva e a queda de serrapilheira.

4 METODOLOGIA

4.1 Área de estudo

A presente pesquisa foi realizada na Estação Experimental Ecohidrológica de São Francisco Xavier (EEE-SFX), nas coordenadas geográficas 22°53'40''S 45°59'00''W, localizada em São Francisco Xavier, um distrito do município de São José dos Campos, no estado de São Paulo, Brasil (Figura 2). A EEE-SFX foi instalada dentro de uma propriedade particular denominada Fazenda da Serra e compreende o braço experimental do Laboratório de Ecohidrologia Isotópica do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (LabEcoh/INPE). A área de estudo está localizada na Serra da Mantiqueira, a cerca de 1.100 m acima do nível do mar. A região é caracterizada pela presença de remanescentes de Mata Atlântica (DANTAS et al., 2017) e é uma das vertentes da bacia do rio Paraíba do Sul.

O clima da região é definido como subtropical úmido com inverno seco (KOTTEK et al., 2006) e mês mais frio em julho (temperatura média de 16,4°C; INMET), classificação *Aw* de Köppen. A média anual de chuva é de aproximadamente 1900 mm (1950–2000 - estação climática código 02245050), com o período chuvoso ocorrendo entre outubro e março, no qual ocorre cerca de 78,3% (~1400 mm) da precipitação anual. A precipitação média do período seco (entre abril e setembro) é de aproximadamente 400 mm, o que representa por volta de 21,7% da precipitação anual (SANTOS et al., 2021).

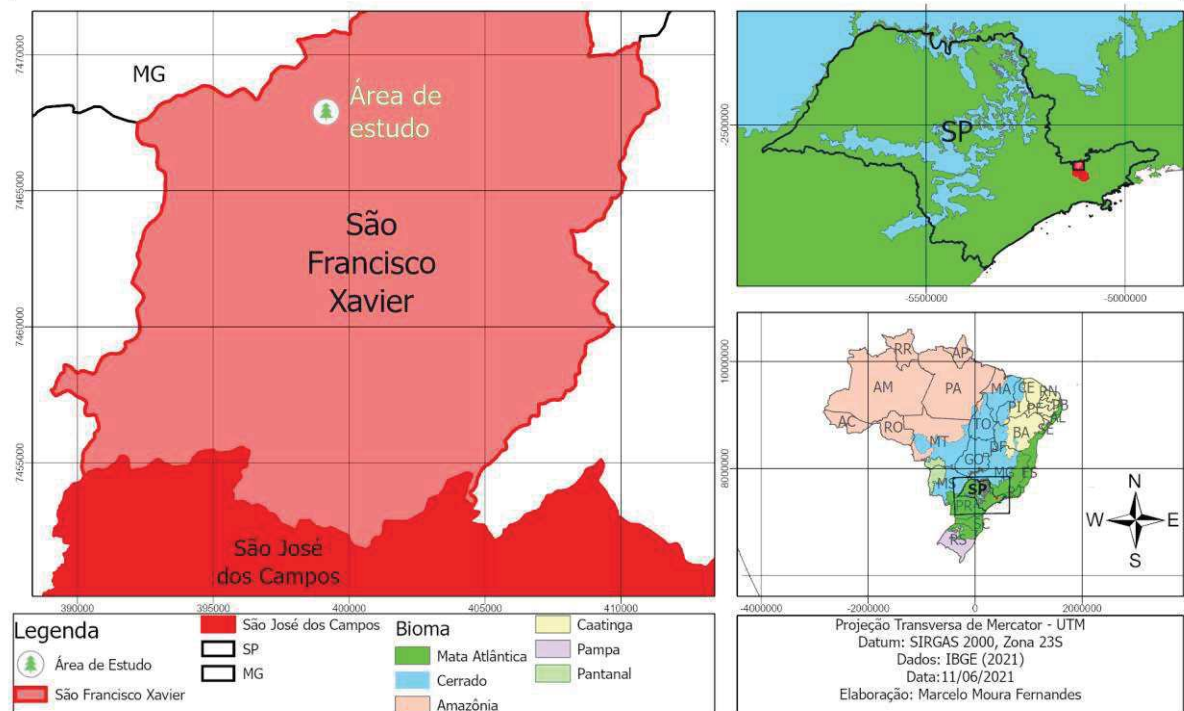
As três áreas de estudo são apresentadas na Figura 1.

Figura 1 — Áreas de estudo: RP, R12 e R40, respectivamente



Figura 2 — Localização da área de estudo na Estação Experimental Fazenda da Serra

Localização da Área de Estudo

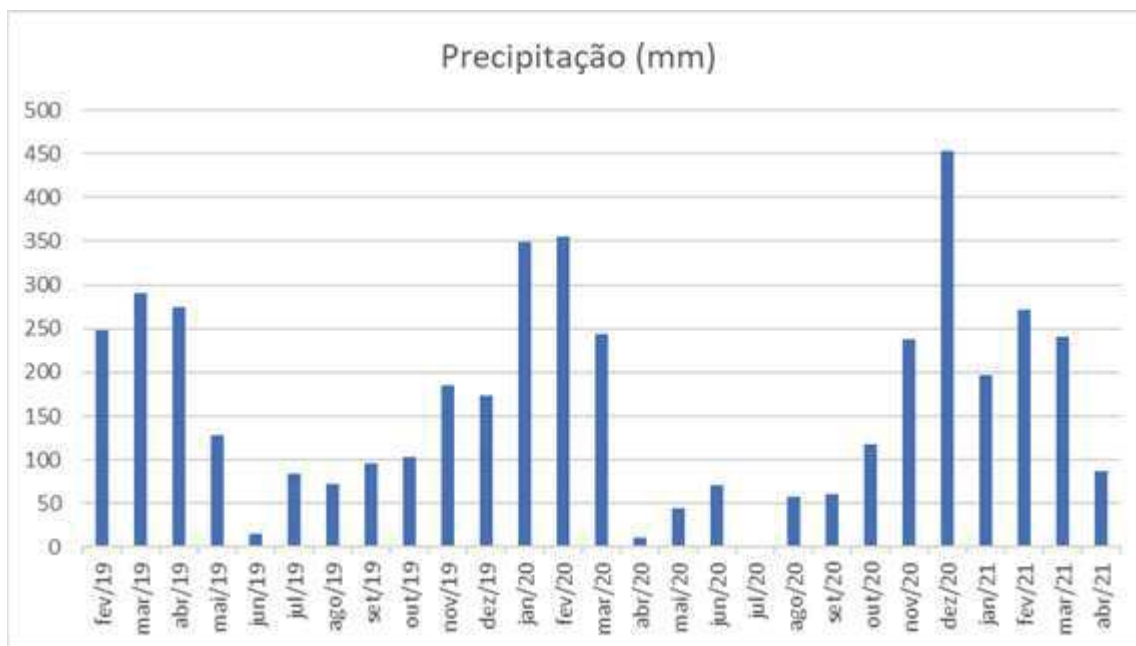


4.2 Precipitação

Em janeiro de 2019, na Estação Experimental Fazenda da Serra, foi instalada uma estação meteorológica para a coleta de diversos dados pelo Laboratório de Ecohidrologia (LabEcoh/CCST-INPE). A estação meteorológica HOBO U30 tem sensores ONSET padrão, com frequência de registro de dados a cada cinco (5) minutos e coleta os dados de: radiação solar; temperatura e umidade do ar; direção e velocidade do vento; pressão barométrica e precipitação com um sensor pluviométrico com escala em milímetros de chuva. Os dados foram coletados a partir de fevereiro de 2019 até abril de 2021.

Para este estudo, os dados da precipitação mensal média (Figura 3) foram utilizados para auxiliar na determinação das estações secas e chuvosas. O mês com o maior valor de precipitação foi dezembro de 2020 com 453,6 mm, e o mês que menos choveu foi julho de 2020 com apenas 0,8 mm de precipitação. A Figura 2 mostra que a estação seca ocorre entre abril e setembro, enquanto a estação chuvosa vai de outubro a março.

Figura 3 — Precipitação mensal média na Estação Experimental Fazenda da Serra durante o período do estudo, entre fevereiro de 2019 e abril de 2021.



4.3 Delineamento experimental

Para o monitoramento do crescimento da vegetação, foram amostrados três fragmentos florestais em estados de regeneração distintos: RP — área em regeneração inicial, antes ocupada por pastagem (~5 anos), sendo uma área ripária, pois se encontra próxima de um rio; R12 — área em regeneração intermediária (12 anos); e R40 — área em regeneração avançada de aproximadamente 40 anos. Em cada uma dessas áreas foram instaladas três parcelas de 10 x 10 m, distantes cerca de 25 m entre si. As parcelas foram dispostas a fim de capturar a heterogeneidade dos fragmentos florestais estudados.

4.3.1 Crescimento diamétrico

Foram instalados 20 (vinte) dendrômetros de fita do modelo EMS-DB20 (Figura 3) em cada uma das três áreas — RP, R12 e R40 —, perfazendo um total de 60 (sessenta) dendrômetros.

Conforme utilizado por Bandoria (2020), os critérios de seleção das árvores para a instalação dos dendrômetros de fita foram as árvores possuírem um DAP acima de 10 cm e uma altura acima do dossel, recebendo maior insolação. No estudo de Bandoria (2020), o interesse foi analisar a variabilidade do crescimento diamétrico juntamente com a variabilidade dos índices de vegetação (IVs) obtidos por sensoriamento remoto. O CAP das árvores selecionadas

variou de 34 a 97 cm e a identificação das árvores com dendrômetros de fita manuais está apresentada no Anexo 1.

O CAP inicial das árvores de estudo foi medido em 22/05/2019. Para a determinação do CAP coletado em cada mês, as mensurações dos dendrômetros de fita foram somadas ao CAP inicial. Em algumas árvores, foi necessário realizar a manutenção dos dendrômetros, que consiste em remover a fita metálica antiga e trocar por uma maior, possibilitando a continuidade da medição, evitando o rompimento e a consequente perda do dendrômetro. Ao realizar a manutenção, uma sinalização era feita na planilha de coleta de dados, e as medidas de crescimento diamétrico eram somadas ao CAP da data de manutenção.

O crescimento diamétrico foi monitorado quinzenalmente de junho a dezembro de 2019, e os resultados foram analisados por Bandoria (2020). O presente trabalho deu continuidade às medições, as quais foram feitas entre janeiro de 2020 e abril de 2021, com coletas de dados mensais (intervalo de dias variando entre 21 e 49 dias, sendo que no mês de setembro de 2020 não houve coleta de dados). O período total de coleta de dados foi de 22 meses (junho de 2019 a abril de 2021).

Ao longo desse período, alguns dendrômetros se romperam e foram perdidos. Na RP, três (3) dendrômetros foram perdidos em fevereiro de 2020, sendo que dois (2) destes foram encontrados e reinstalados nas árvores em novembro de 2020. Outros dois (2) foram perdidos em abril de 2020, um (1) foi perdido em fevereiro de 2021 e mais dois (2) foram perdidos em abril de 2021. No total, foram perdidos seis (6) dendrômetros na RP. Na R12, um (1) dendrômetro foi perdido devido à queda de uma árvore (julho de 2020), e outro se rompeu e foi perdido por motivo não identificado (abril de 2021). No total, foram perdidos dois (2) dendrômetros na R12. Nenhum dendrômetro foi perdido na R40.

Figura 4 — Dendrômetros de fita, modelo EMS-DB20, instalados em 30/05/2019 em cada uma das três áreas de estudo - RP, R12 e R40.



4.3.2 Queda de serrapilheira

Na mesma data de instalação dos dendrômetros de fita, foi feita a instalação de 10 (dez) coletores de serrapilheira em cada fragmento do estudo, totalizando 30 (trinta) coletores. A distribuição nas parcelas foi feita de forma aleatória, porém buscou-se uma proximidade dos coletores com as árvores monitoradas com dendrômetros. Os coletores são do tipo *bag*, construídos com tela de nylon com abertura de 2 mm, a 1,25 m de altura acima do nível do solo, com área de 0,25 m² (50 x 50 cm) e formando uma bolsa para o acúmulo de serrapilheira de 15 cm de profundidade (Figura 4). A queda de serrapilheira foi avaliada quinzenalmente desde junho até dezembro de 2019. Os resultados foram analisados por Bandoria (2020). No presente trabalho, a coleta de dados foi feita de janeiro de 2020 a maio de 2021, com coletas de dados mensais, sendo que o intervalo de dias entre as coletas variou entre 15 e 49 dias.

Os coletores de serrapilheira foram instalados em 22/05/2019, mesma data da primeira medida do CAP das árvores de estudo.

A coleta de serrapilheira foi feita com envelopes de papel de aproximadamente 27 gramas. Depois de cada coleta, os envelopes com serrapilheira foram colocados em estufa a 70° C por 48 h para secagem, até atingir um peso constante. Posteriormente, tarou-se a balança com um saco vazio, e os sacos com as amostras de serrapilheira foram pesados com uma balança de precisão modelo Kern PCD com três casas decimais. Com isso, foi obtida a massa de serrapilheira em cada amostra.

Figura 5 — Coletores de serrapilheira do tipo *bag*, instalados em 22/05/2019, a 1,25 m de altura em relação ao nível do solo, em cada uma das três áreas de estudo - RP, R12 e R40.



4.4. Processamento dos dados

4.4.1 Precipitação

Os dados de precipitação mensal foram utilizados para a determinação da estação chuvosa e da estação seca. Ao dividir o ano em duas estações com seis (6) meses cada uma, a estação chuvosa representa os meses de outubro a março e a estação seca os meses de abril a setembro.

4.4.2 Crescimento diamétrico

As análises dos dados de crescimento diamétrico compreenderam: i) crescimento diamétrico mensal (CDM); ii) crescimento diamétrico acumulado (CDA, ao longo de todo o período de coleta para cada área de estudo). Foram feitos dois (2) cálculos de CDA, considerando o crescimento com e sem indivíduos perdidos, sendo que o CDA apresentado nos resultados considera os indivíduos que tiveram os dendrômetros perdidos. O CDA final representa o resultado final do crescimento diamétrico acumulado; iii) análise da soma dos crescimentos diamétricos em cada estação — chuvosa e seca — representado pelo crescimento

diamétrico acumulado sazonal (CDASaz); iv) crescimento diamétrico por espécie, em cada parcela (CDEsp).

O método utilizado para a análise do crescimento por estação foi realizado em outros trabalhos (GOMES et al., 2008; CORDEIRO; SCHWARTZ; BARROS, 2020), e neste estudo foi feito de acordo com a seguinte equação (1):

$$CDASaz = \Sigma CDM \text{ MÊS (corrente)} - CDM \text{ MÊS (anterior)} \quad (1)$$

em que CDASaz é o crescimento diamétrico acumulado sazonal, $\Sigma CDM \text{ MÊS (corrente)}$ é o somatório do crescimento diamétrico mensal do mês corrente e $CDM \text{ MÊS (anterior)}$ crescimento diamétrico mensal do mês anterior.

O crescimento diamétrico mensal de cada árvore foi calculado pela diferença entre o CAP do mês de análise e o CAP do mês anterior, sendo o CDM total a soma do crescimento mensal de todas as árvores em cada área de estudo. O CDA foi feito somando o CDM do mês anterior ao CDM do mês corrente. O CDASaz foi calculado pela soma do CDM dos meses referentes a cada estação. O CDEsp foi calculado por meio da média do CDA final das espécies que ocorrem mais de uma vez por área, tendo como base a tabela de espécies apresentada no Anexo 1 (Tabelas 1 a 3). Por fim, foi feita a comparação do crescimento das espécies que ocorrem em mais de uma área. Para efeito de comparação, foi calculada a média dos crescimentos diamétricos acumulados finais dos indivíduos das espécies comuns às três áreas que ocorrem mais de uma vez em cada área. Os dados foram tratados com o Microsoft Excel.

4.4.3 Queda de serrapilheira

As análises feitas com os dados de produção de serrapilheira foram: i) massa média de queda de serrapilheira por mês (MMSM); ii) média anual de produção de serrapilheira (MAPS).

A primeira análise dos dados foi realizada utilizando a MMSM com o desvio padrão em cada área de estudo de acordo com a massa média de serrapilheira na data de coleta (MMSC). Com a massa média de queda de serrapilheira por mês e sabendo o intervalo de dias entre as datas de coleta foi possível calcular a massa média de queda de serrapilheira por dia (MMSD), de acordo com a data de coleta. A partir dos resultados da massa média de queda de serrapilheira por dia foi feito o cálculo da massa média de queda de serrapilheira por mês (MMSM). Essa análise foi feita multiplicando a massa média de queda de serrapilheira por dia pela quantidade de dias desde o começo do mês até a data de coleta. Os dias do mês posteriores à data de coleta

utilizam a massa média de queda de serrapilheira por dia da coleta subsequente, multiplicando-a pelo número de dias a partir do dia seguinte da coleta até o último dia do mês.

A MAPS foi calculada a partir da MMSM, de acordo com a equação (2) a seguir:

$$MAPS = (\Sigma MMSM * 10.000) / AC \quad (2)$$

em que MAPS é a média anual de produção de serrapilheira, $\Sigma MMSM$ é o somatório da massa média de queda de serrapilheira por mês, 10.000 (m²) corresponde à área de 1 hectare e AC é a área do coletor (m²).

4.4.4 Relação entre crescimento diamétrico e queda de serrapilheira

Para a análise da relação entre crescimento diamétrico e queda de serrapilheira, foram comparados os valores dos dados de CDM e MMSM por meio de um gráfico, no qual foi analisado se os picos de queda de serrapilheira fizeram com que o crescimento do tronco fosse afetado, ou seja, ficasse menor no mês do pico ou nos meses seguintes.

4.4.5 Relação entre precipitação e queda de serrapilheira

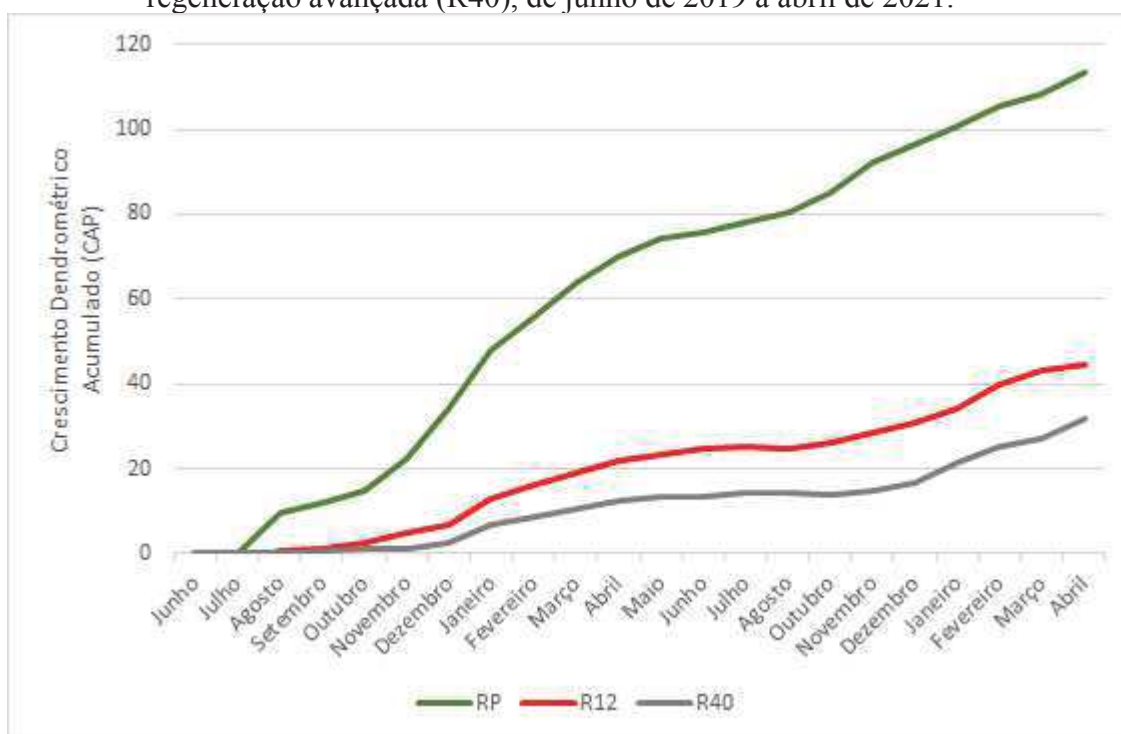
Para a análise da relação entre precipitação e queda de serrapilheira, foram utilizados os dados de precipitação mensal e MMSM. A precipitação e a MMSM foram colocadas no mesmo gráfico para uma comparação entre os valores. A intenção foi analisar se a precipitação afetou a queda de serrapilheira de alguma forma.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Crescimento Diamétrico Acumulado

O crescimento diamétrico acumulado (CDA) para cada área de estudo (RP, R12 e R40) mostra em destaque o crescimento do tronco da área RP em relação às demais áreas monitoradas (Figura 6). Enquanto o CDA da RP foi de 113,2 cm ao longo dos 22 meses de coleta de dados, o CDA da R12 foi de 44,8 cm e o da R40 foi de 31,8 cm. O CDA da RP foi mais de três vezes maior que o CDA da R40.

Figura 6 — Crescimento Diamétrico Acumulado (CDA, cm) das áreas em regeneração inicial ocupada anteriormente por pastagem (RP), regeneração intermediária (R12) e regeneração avançada (R40), de junho de 2019 a abril de 2021.

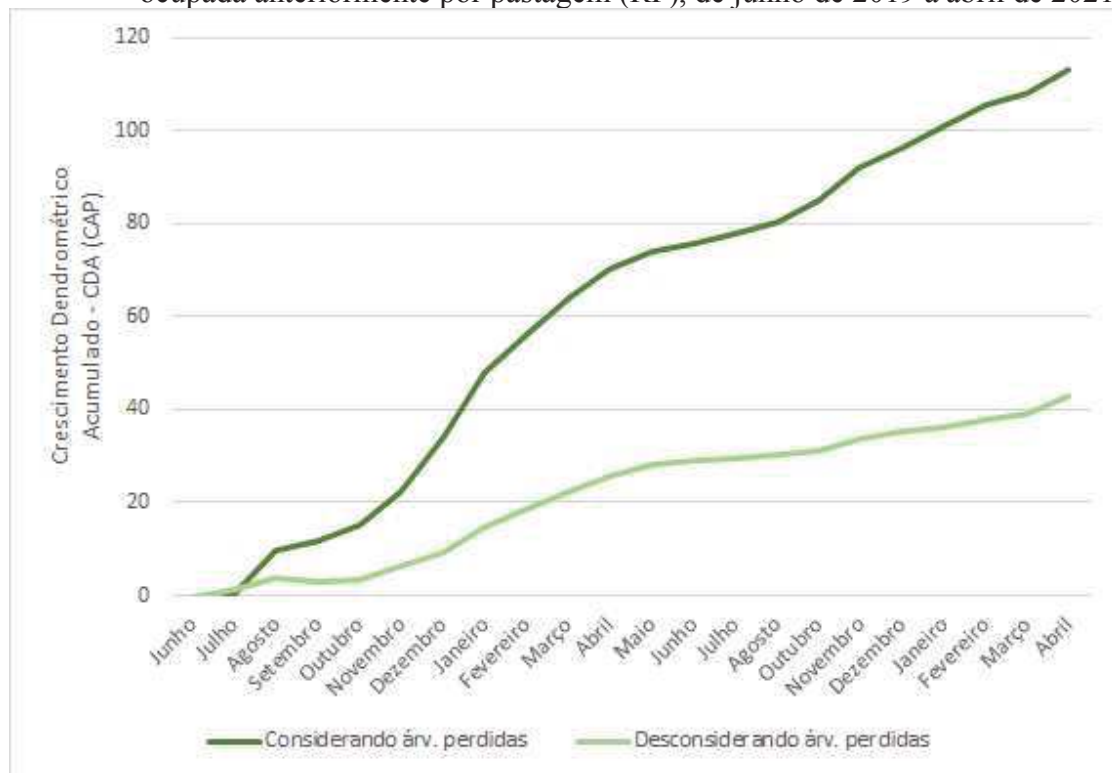


Os resultados a seguir (Figuras 7 e 8, 9) mostram o CDA para cada estágio de regeneração separadamente. É importante mencionar que apenas na RP e na R12 foram apresentadas duas medições de CDA (Figuras 7 e 8). O CDA que considera os dados de todas as árvores — até quando as medidas foram obtidas — é o mesmo do gráfico acima (Figura 6), e é apresentado como: “Considerando árv. perdidas”. O outro CDA foi obtido considerando-se apenas os indivíduos que tiveram medidas ao longo de todo o período, sendo apresentado como: “Desconsiderando árv. perdidas”. São desconsiderados os dados de oito árvores de estudo da

RP, que tiveram os dendrômetros perdidos — mesmo que por alguns meses — e os dados de duas árvores da R12, uma porque caiu e outra devido à perda do dendrômetro (na última data de coleta). Na R40 não houve problema com perda do dendrômetro em nenhuma árvore (Figura 9).

Os resultados foram dispostos separadamente para evidenciar que o período de maior crescimento do tronco coincide com a estação chuvosa em todas as áreas de estudo. Apesar dos crescimentos estarem em escalas diferentes, os picos de crescimento do tronco começam entre outubro a dezembro e crescem de forma mais rápida — lembrando um crescimento exponencial — até o final de abril.

Figura 7 — Crescimento Diamétrico Acumulado (CDA, cm) da área em regeneração inicial ocupada anteriormente por pastagem (RP), de junho de 2019 a abril de 2021.

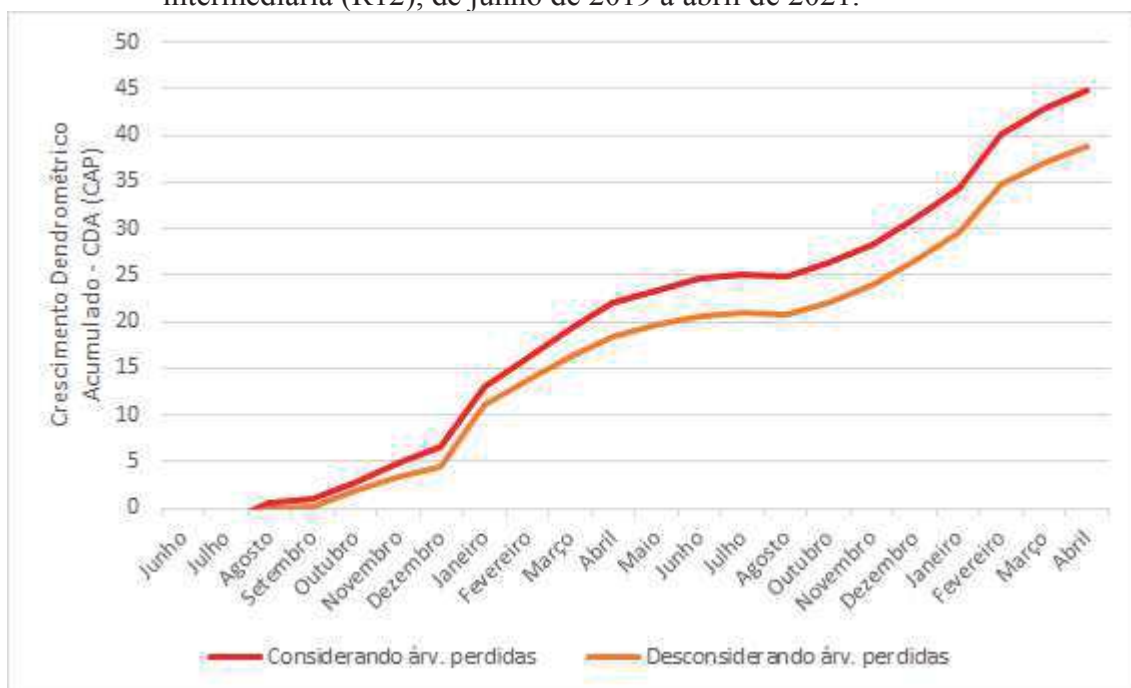


É possível observar na Figura 7, analisando separadamente o CDA que considera as árvores perdidas, que o período do primeiro pico de crescimento foi entre outubro e novembro. O pico de crescimento no segundo período chuvoso (outubro de 2020 a abril de 2021) não foi tão acentuado quanto o crescimento da primeira estação chuvosa. A perda dos dendrômetros pode ser ocasionada por falta de manutenção, por um crescimento muito rápido do tronco ou até pela passagem de animais pelas áreas, fazendo com que os dendrômetros se rompam. Uma das possíveis explicações para a diferença entre esses crescimentos é que as árvores que mais crescem são as árvores mais propensas a perderem os dendrômetros. As explicações para a

queda acentuada do crescimento diamétrico da RP no segundo período chuvoso são abordadas nas seções 5.2. e 5.3.

A curva de CDA que desconsidera as árvores perdidas na RP leva em consideração os dados de apenas 60% do total das árvores dessa área de estudo. Apesar de considerar um pouco mais da metade das árvores da área de estudo, o crescimento diamétrico acumulado final considerando as árvores perdidas é quase três vezes maior quando comparado ao CDA final desconsiderando as árvores perdidas.

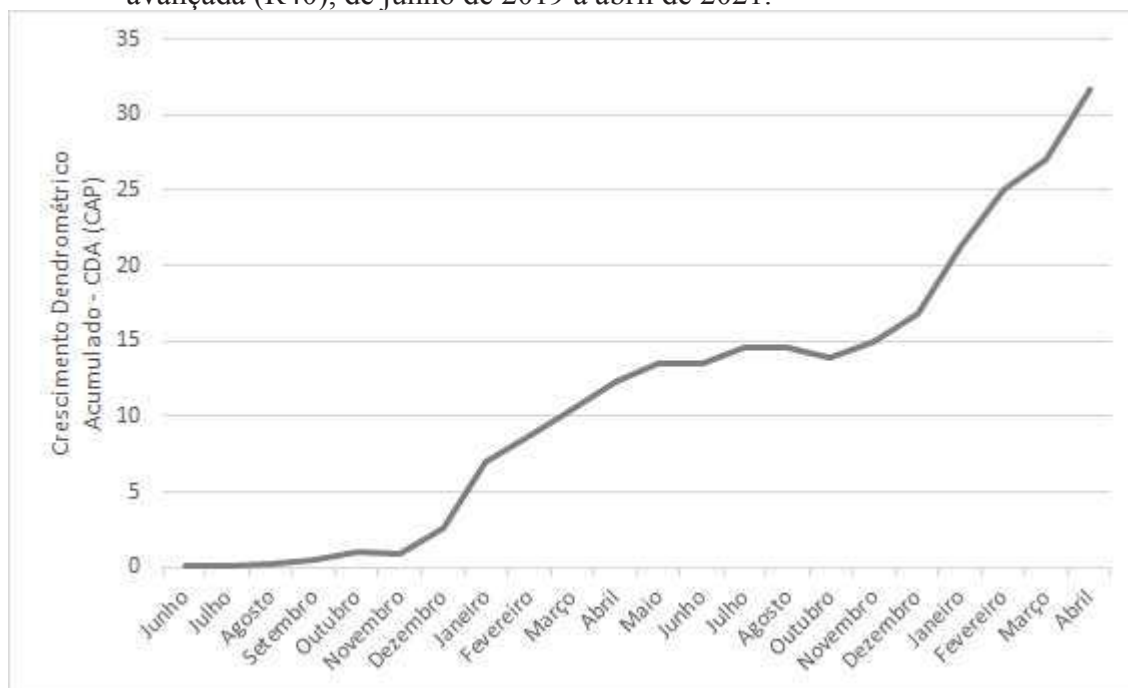
Figura 8 — Crescimento Diamétrico Acumulado (CDA, cm) da área em regeneração intermediária (R12), de junho de 2019 a abril de 2021.



Na Figura 8 é possível observar que o pico de crescimento da primeira estação chuvosa começa entre outubro e dezembro de 2019 e o segundo pico em outubro de 2020. Vale ressaltar que no mês de setembro de 2020 não houve coleta de dados, sendo que o período entre as datas de coleta de agosto a outubro de 2020 e de outubro a novembro de 2020 foi de 40 e de 49 dias, respectivamente.

As curvas de CDA considerando e desconsiderando as árvores perdidas não tiveram uma diferença relevante nos picos de crescimento, nem no CDA final. Isso aconteceu pois somente duas árvores perderam os dendrômetros e foram desconsideradas, além das árvores da R12 terem um crescimento menos acelerado que as árvores da RP.

Figura 9 — Crescimento Diamétrico Acumulado (CDA, cm) da área em regeneração avançada (R40), de junho de 2019 a abril de 2021.



Os dois picos de crescimento das árvores da R40 estão muito bem definidos. Eles começam entre novembro e dezembro e vão até abril, começando a crescer de forma mais acelerada um ou dois meses após o início da estação chuvosa (outubro). É possível observar uma estabilidade do crescimento nos períodos de seca.

As últimas três figuras (Figuras 7 a 9) demonstram que na RP, o período de crescimento mais acentuado coincide com o mês do início da estação chuvosa (outubro). Já na R12 e R40, esse período de crescimento mais acentuado ocorre dois meses depois do início da estação chuvosa. Vale ressaltar que na RP grande parte das árvores de estudo tem um baixo valor de CAP. A variação do início do crescimento diamétrico provocado pelo começo da estação chuvosa pode ser explicada por um estudo realizado na Amazônia, o qual apontou que a resposta — provocada pelo início da época chuvosa — em relação ao crescimento diamétrico das árvores de menor diâmetro ocorreu antes do aumento do crescimento das árvores de maior diâmetro (SILVA et al., 2003).

5.2 Crescimento Diamétrico Acumulado Sazonal — CDASaz

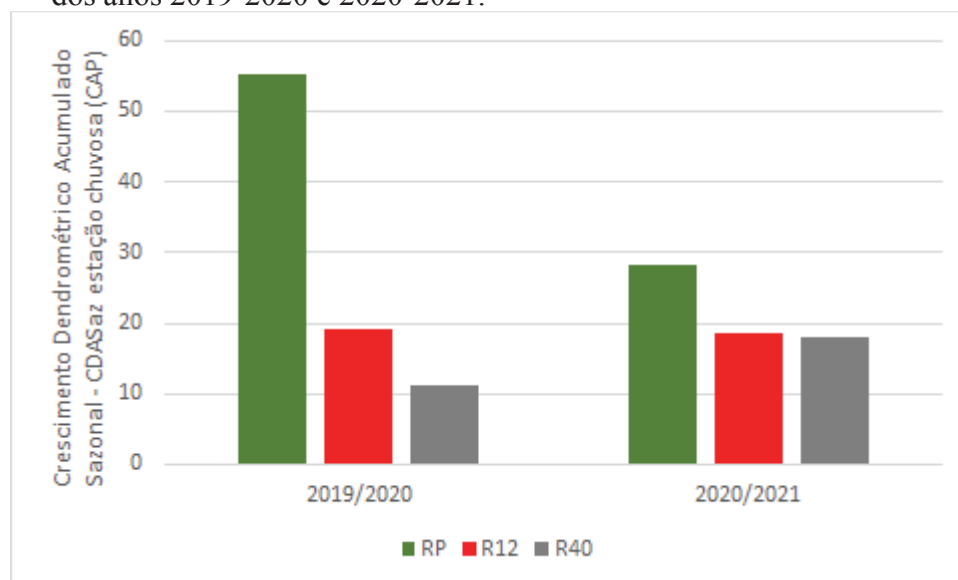
Os resultados do crescimento diamétrico acumulado sazonal (CDASaz) estão representados na Figura 10, que abrange as estações chuvosas (outubro a março) dos períodos

de 2019-2020 e 2020-2021. É observado um crescimento maior na RP em comparação às outras áreas, principalmente na primeira estação chuvosa. O segundo CDASaz da RP foi muito menor que o primeiro, o que pode ter acontecido pela combinação de dois motivos.

O primeiro motivo é que, no começo de 2021, as chuvas na área foram muito acima do normal, o que fez com que o nível do lençol freático na área de estudo, que é uma zona ripária, subisse consideravelmente, prejudicando a respiração das raízes e consequentemente prejudicando também o crescimento do tronco. Esse motivo é melhor discutido na Seção 5.3., em que os crescimentos diamétricos mensais foram comparados com a precipitação.

O segundo motivo pode ter sido a perda dos dendrômetros em três das árvores monitoradas no final do primeiro período chuvoso em 2020 — um em fevereiro e dois em abril de 2020 —, além da perda de mais três dendrômetros no segundo período chuvoso — um em fevereiro e dois em abril de 2021. As três árvores que tiveram os dendrômetros perdidos no final do primeiro período chuvoso tiveram, juntas, um CDASaz de mais de 10 cm em CAP. Portanto, a perda dessas árvores pode ter tido uma contribuição significativa para a diminuição do CDASaz no segundo período chuvoso.

Figura 10 — Crescimento Diamétrico Acumulado Sazonal (CDASaz, cm) das áreas em regeneração inicial ocupada anteriormente por pastagem (RP), regeneração intermediária (R12) e regeneração avançada (R40), durante a estação chuvosa dos anos 2019-2020 e 2020-2021.

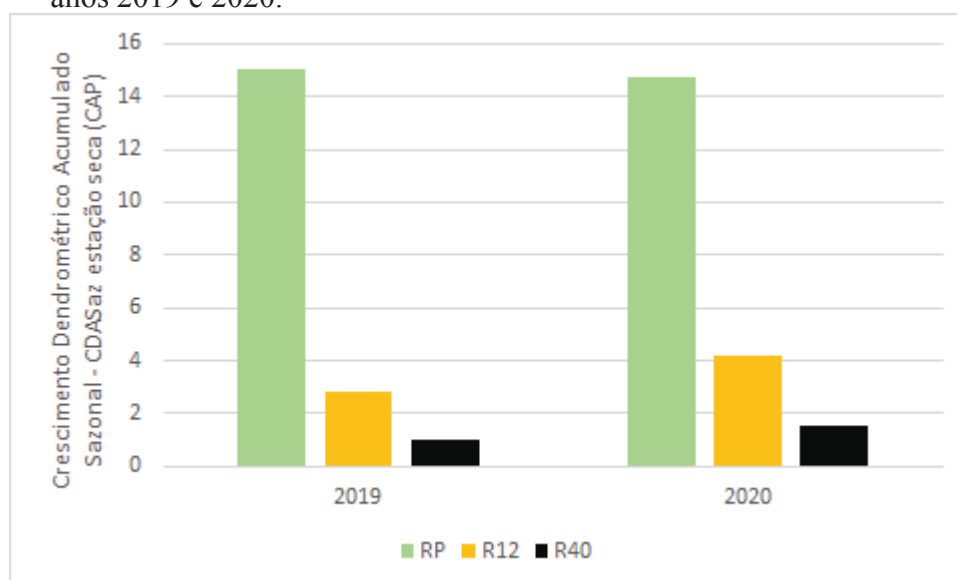


Um estudo realizado em 1970 na Amazônia identificou que o mês do pico de crescimento varia entre algumas espécies. O autor observou que algumas espécies têm o pico de crescimento em dezembro, outras em janeiro ou fevereiro, enquanto outras têm o pico de

crescimento em abril (MORAES, 1970). Os diferentes meses de picos de crescimento entre espécies explicam a variação dos meses em que os dendrômetros foram perdidos. É provável que a perda dos dendrômetros nas árvores monitoradas no estudo tenha ocorrido no período de maior crescimento mensal da espécie.

Os dados revelam que durante as estações chuvosas, o crescimento proporcional do tronco foi muito maior e representou a maior parte do crescimento diamétrico acumulado final. Na RP o crescimento durante as duas estações chuvosas representou 73,7% do total, na R12 a porcentagem do crescimento nas estações chuvosas comparada ao total foi de 84,4%, enquanto na R40 esse valor foi de 91,9%.

Figura 11 - Crescimento Diamétrico Acumulado Sazonal (CDASaz, cm) das áreas em regeneração inicial ocupada anteriormente por pastagem (RP), regeneração intermediária (R12) e regeneração avançada (R40), durante a estação seca dos anos 2019 e 2020.

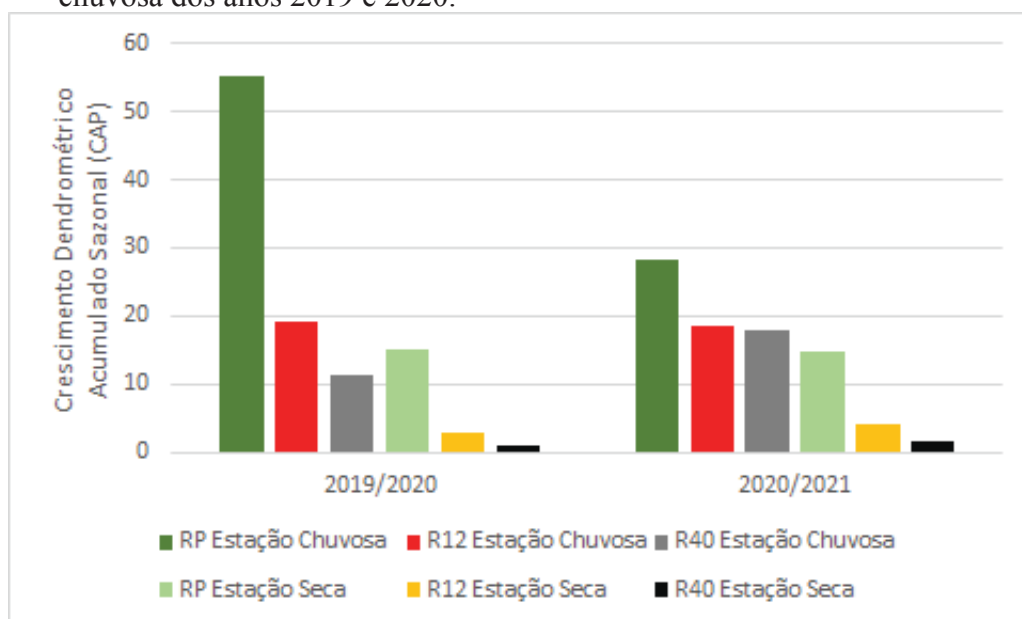


Vale ressaltar que a estação seca não possui o crescimento diamétrico do primeiro mês da estação, que é o crescimento de abril de 2019, devido a instalação dos dendrômetros de fita ter sido realizada em maio de 2019. Vale pontuar também que a Figura 11 está em uma escala diferente da escala adotada na Figura 10, justamente para se ter uma melhor visualização do CDASaz na estação seca.

Os crescimentos foram semelhantes nos dois períodos de estação seca. A RP cresceu muito mais que as outras áreas, aproximadamente quatro vezes mais que a R12 e mais de sete vezes que a R40. Diferentemente da estação chuvosa, a perda dos dendrômetros das três árvores de estudo na estação seca não teve um impacto relevante na estação seca de 2020.

A Figura 12 apresenta o crescimento diamétrico acumulado sazonal com todas as estações juntas e na mesma escala gráfica. Nele é possível observar o que foi discutido anteriormente analisando melhor os dados na mesma escala. A Figura 12 está disposta com as 3 primeiras colunas da estação chuvosa de cada área, e as 3 seguintes são da estação seca. Essa ordem se repete no segundo ciclo de estações.

Figura 12 — Crescimento Diamétrico Acumulado Sazonal - (CDASaz, cm) das áreas em regeneração inicial ocupada anteriormente por pastagem (RP), regeneração intermediária (R12) e regeneração avançada (R40), durante as estações seca e chuvosa dos anos 2019 e 2020.



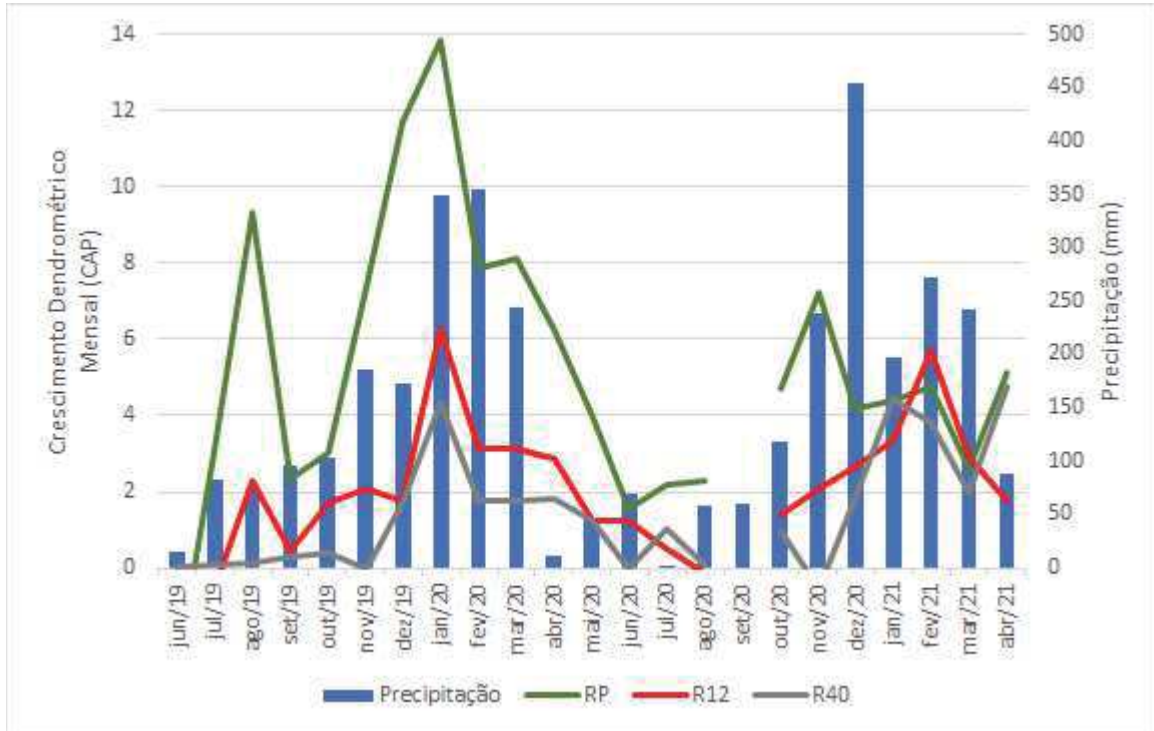
5.3 Comparação entre crescimento diamétrico e precipitação

A Figura 13 compara o crescimento diamétrico mensal (CDM) com a precipitação mensal. Dessa forma, é possível observar os meses em que o CDM foi maior e comparar com a precipitação mensal. O CDM do mês de setembro de 2020 não foi calculado devido a ausência de coleta de dados neste mês.

É possível observar os meses em que o crescimento diamétrico mensal foi maior em cada área de estudo. Na RP, os meses com maior CDM começaram em novembro e foram até abril. Na R12, os meses com maior CDM foram de dezembro a janeiro de 2020 e de dezembro a fevereiro de 2021, sendo que os crescimentos nessa área foram menores que na RP. Na R40, o CDM começou a ser significativo a partir de novembro, ficando em um patamar elevado para a área até janeiro, mês em que o pico foi atingido. Na primeira estação chuvosa o pico de maior

CDM foi no mês de janeiro em todas as áreas de estudo e os crescimentos foram elevados até abril — um mês depois do final da estação chuvosa. Vale apontar que na segunda estação chuvosa, a RP teve o maior CDM em novembro e na R12 o pico variou de janeiro para fevereiro.

Figura 13 — Comparação entre crescimento diamétrico mensal e precipitação nas áreas em regeneração inicial ocupada anteriormente por pastagem (RP), regeneração intermediária (R12) e regeneração avançada (R40), de junho de 2019 a abril de 2021.



Analisando a segunda estação chuvosa (Figura 13), é possível entender os resultados apontados na Figura 12, em que o crescimento diamétrico da RP na segunda estação chuvosa foi consideravelmente menor que o crescimento na primeira estação chuvosa. Esse gráfico demonstra a precipitação acima da média em dezembro de 2020, que é um dos motivos da diminuição do crescimento mensal da RP e de não ter existido um pico em janeiro ou fevereiro de 2021. Como foi dito na discussão da Figura 12 da seção 5.2., a precipitação da segunda estação chuvosa na área de estudo foi muito intensa, fazendo com que o nível do lençol freático na RP subisse muito, já que a RP encontra-se em uma zona ripária (próxima de um rio). Os dados do sensor que mede o nível do lençol freático na área apontaram que o nível do lençol freático nessa área estava a pouco mais de um metro de profundidade do solo.

Essa explicação é sustentada por um estudo sobre o crescimento diamétrico em floresta de várzea, que encontrou um baixo crescimento nas árvores com CAP menor que 94 cm (DAP

menor que 30 cm) — que abrange todas as árvores monitoradas na RP, em nosso estudo — no período de maiores chuvas e inundações (MACHADO, 2019). Esse autor também observou que essas árvores tiveram um maior crescimento no período de seca posterior às inundações — o que o nosso estudo não pôde demonstrar, já que o período seco depois da elevação significativa do lençol freático na RP foi de maio a setembro de 2021 e a última coleta de dados foi em abril de 2021.

Nas áreas que não são próximas do rio — R12 e R40 — a precipitação acima da média não afetou negativamente o crescimento diamétrico mensal. Na R40, essa precipitação fez com que o crescimento diamétrico da segunda estação chuvosa fosse maior que da primeira, como demonstrado na Figura 10.

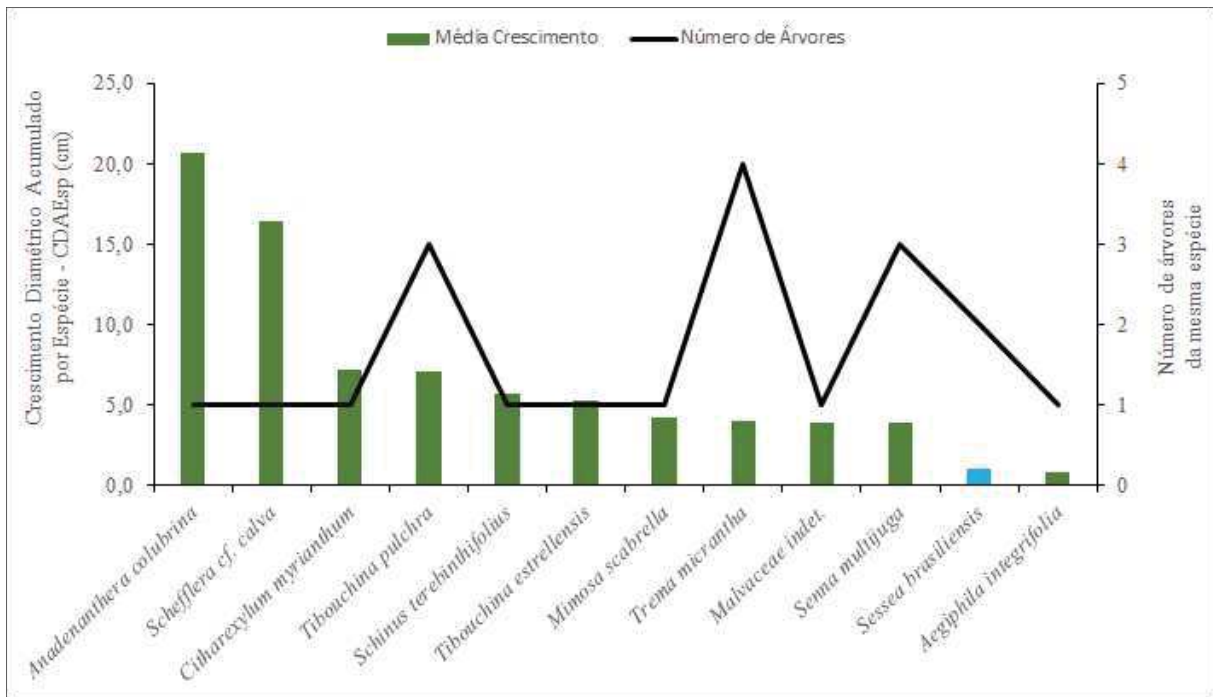
5.4 Crescimento Diamétrico Acumulado por Espécie – CDAEsp

As Figuras 14 a 16 apresentam o CDAEsp de cada área de regeneração. As linhas pretas apontam o número de árvores de estudo da mesma espécie que ocorrem na área. A cor da maioria das colunas representa a cor padrão que cada estágio de regeneração foi representado (verde para RP, vermelha para R12 e cinza para R40). As cores das colunas diferentes umas das outras representam as espécies comparadas (na Figura 17) que ocorrem em mais de uma área de estudo. As cores azul escuro, azul claro, roxo e amarelo representam respectivamente as espécies ou gêneros: *Tibouchina* sp.; *Sessea brasiliensis* Toledo; *Alchornea* sp.; *Venonanthura petiolaris* (DC.) H. Rob..

A Figura 14 demonstra que o CDAEsp de duas espécies na RP foi muito maior que o crescimento das demais espécies. As árvores que tiveram os maiores crescimentos, de 20,68 cm e 16,44 cm, respectivamente, foram: *Anadenanthera columbrina* (Vell.) Brenan e *Schefflera cf. calva* (Cham.) Frodin & Fiaschi. A espécie *Anadenanthera columbrina* perdeu o dendrômetro em fevereiro de 2020 e teve o dendrômetro recolocado em novembro de 2020. Durante esse período, essa árvore teve um incremento de 6,78 cm. Já a espécie *Schefflera cf. calva* teve o dendrômetro perdido em abril de 2021, última data de coleta de dados. A última medida da fita foi de 7,24 cm.

As espécies das árvores monitoradas com mais indivíduos na área foram: *Trema micrantha* (L.) Blume, com quatro indivíduos; *Tibouchina pulchra* (cham.) Cogn. e *Senna multijuga* (Rich.) H.S. Irwin & Barneby, com três indivíduos cada.

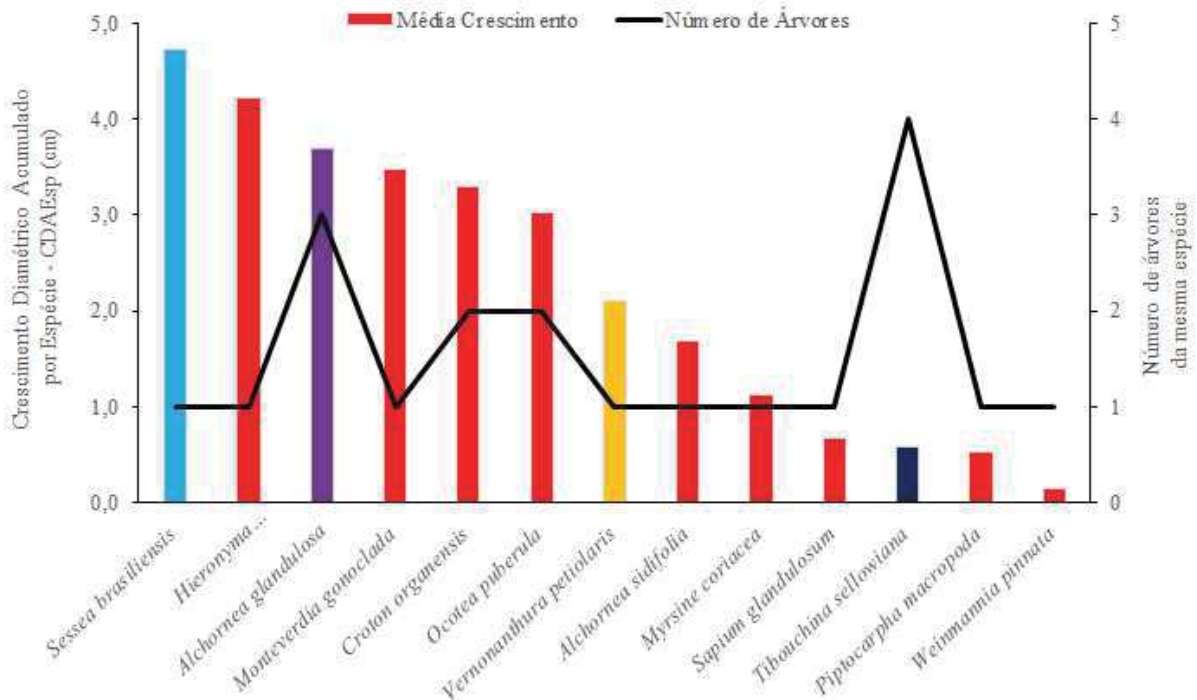
Figura 14 — Crescimento Diamétrico Acumulado por Espécie (CDAEsp, cm) na área em regeneração inicial ocupada anteriormente por pastagem (RP).



Comparando a Figura 14 com as demais análises de CDAEsp (Figuras 15 e 16) é notável a diferença de escala entre o gráfico da RP com as demais. Isso se deve ao crescimento elevado das duas espécies apontadas anteriormente, se não fosse por elas, as escalas seriam semelhantes. Outro ponto interessante sobre o crescimento na RP é que apenas sete árvores do estudo — 35% — tiveram o crescimento acumulado menor que 4 cm. O CDAEsp na RP foi alto e constante — aproximadamente entre 4 e 7 cm - em comparação às demais áreas. Na R12, apenas duas árvores do estudo tiveram o crescimento acumulado maior que 4 cm, ou seja, 90% das árvores tiveram um CDAEsp menor que 4 cm. Já na R40, uma única árvore do estudo teve um CDAEsp maior que 4 cm, sendo o CDAEsp de 95% das árvores menor que 4 cm.

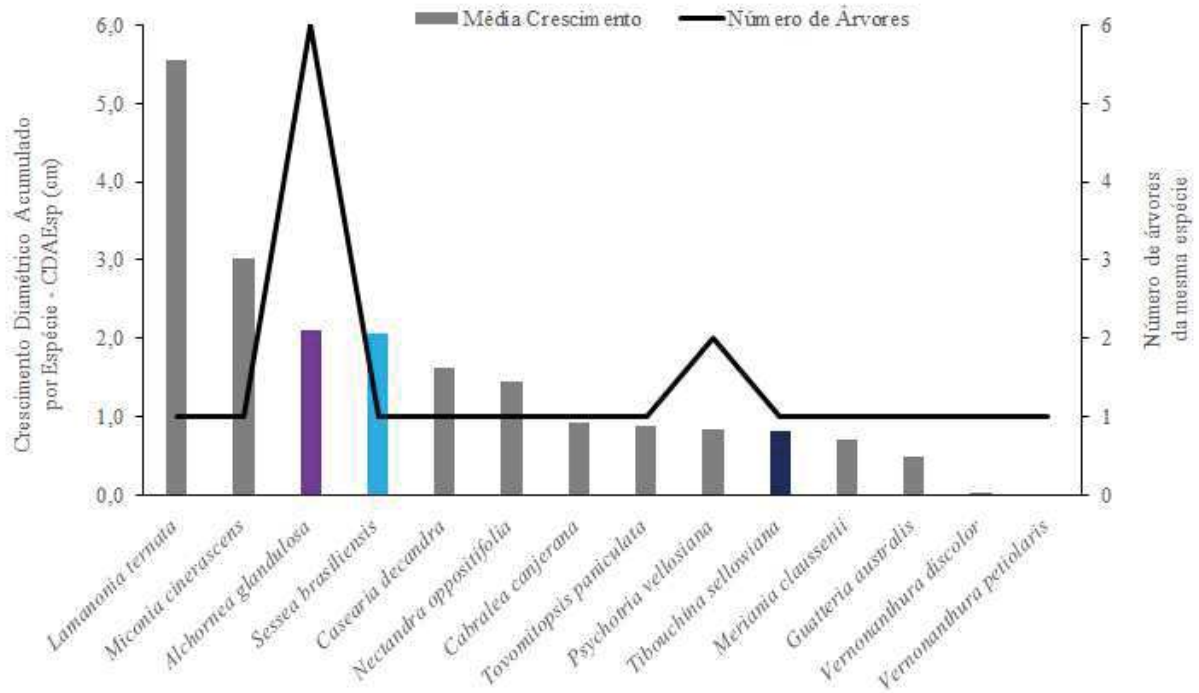
A Figura 15 demonstra que não existe nenhum CDAEsp muito discrepante na R12. As espécies das árvores monitoradas do estudo com mais representantes foram a *Tibouchina sellowiana* (Cham) Cogn. — quatro indivíduos — e a *Alchornea glandulosa* Poepp. — três indivíduos.

Figura 15 - Crescimento Diamétrico Acumulado por Espécie (CDAEsp, cm) na área em regeneração intermediária (R12).



A Figura 16 mostra que apenas dois indivíduos tiveram o CDAEsp ≥ 3 cm, o que enfatiza o baixo CDA das árvores monitoradas na R40. As espécies *Vernonanthura petiolaris* (DC.) H. Rob. e *Vernonanthura discolor* (Spreng.) Baker não tiveram um CDA durante o período de monitoramento do estudo. Para a primeira, observou-se um diâmetro 0,1 cm menor, e para a segunda, o mesmo diâmetro em relação à CAP medida no início do estudo (22/05/2019). Isso pode ter acontecido devido a alguns fatores, como por exemplo a descalibração do equipamento (dendrômetro de fita), o erro de medição da CAP inicial, o erro de posição do dendrômetro no fuste da árvore (em relação ao local exato da medição inicial), ou ainda pela contração da casca da árvore durante o período de seca. As espécies das árvores monitoradas no estudo com mais representantes nessa área foram: *Alchornea glandulosa* Poepp., com seis indivíduos, e *Psychotria vellosiana* Benth., com dois indivíduos.

Figura 16 - Crescimento Diamétrico Acumulado por Espécie (CDAEsp, cm) na área em regeneração avançada (R40).

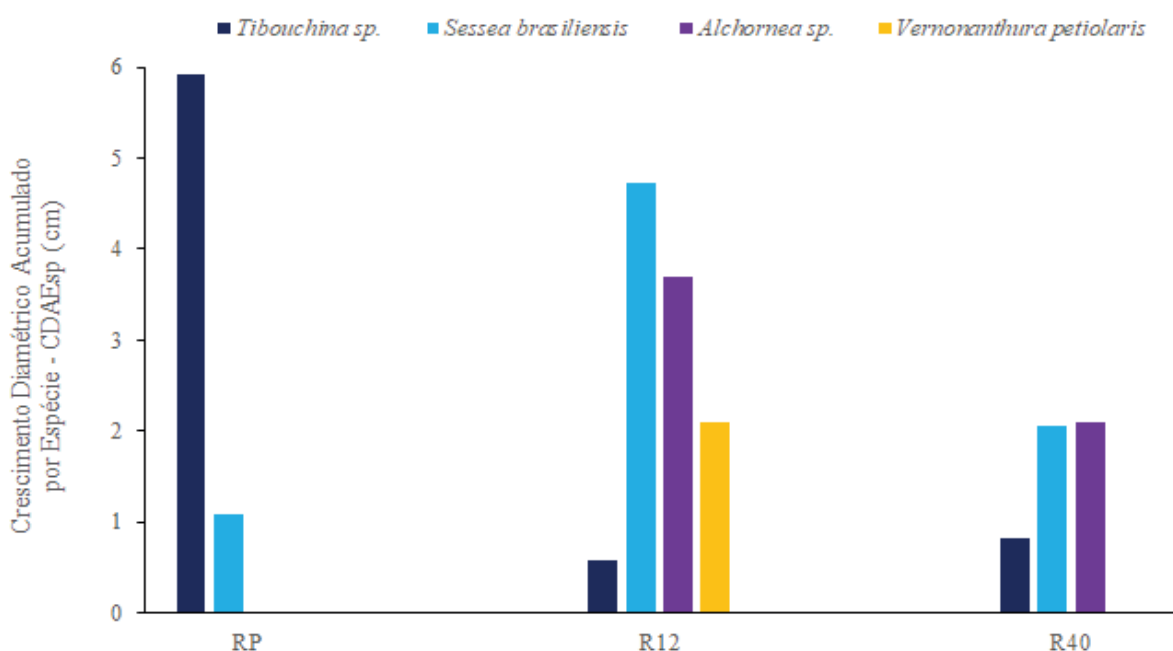


A Figura 17 faz a comparação entre o CDAEsp nas espécies em comum monitoradas em mais de uma das áreas de estudo. Na RP, existem duas espécies diferentes do gênero *Tibouchina*, sendo três indivíduos de *Tibouchina pulchra* (cham.) Cogn. e um indivíduo de *Tibouchina estrellensis* (Raddi) Cogn. Essas árvores foram agrupadas como *Tibouchina* sp., para facilitar uma comparação com as demais áreas de estudo (Figura 17). Porém, essas duas espécies tiveram crescimentos acumulados muito diferentes, provavelmente devido à CAP inicial da *Tibouchina estrellensis* ter sido de 69,0 cm, enquanto as medidas de CAP iniciais dos indivíduos de *Tibouchina pulchra* terem sido, todas, menores que 50,0 cm (48,0, 46,2 e 34,0 cm).

Também vale pontuar que os quatro indivíduos de *Tibouchina sellowiana* (cham.) Cogn. presentes na R12 (Figura 15) foram apresentados como *Tibouchina* sp., e as medidas dos três indivíduos de *Alchornea glandulosa* foram agrupadas com a medida do indivíduo de *Alchornea sidiflora* Müll. Arg., para serem apresentados no gráfico de comparação entre espécies como *Alchornea* sp. (Figura 17). A espécie *Alchornea glandulosa* Poepp., monitorada na R40 (Figura 16), foi exposta como *Alchornea* sp. para comparação entre as espécies que ocorrem em mais de uma área (Figura 17).

É possível observar que três das quatro espécies que ocorrem ao mesmo tempo na R12 e na R40 tiveram um CDA maior na R12. A exceção é a *Tibouchina* sp., que mostrou um crescimento ligeiramente maior na R40. A *Tibouchina* sp. teve um CDAEsp mais de seis vezes maior na RP em comparação às outras áreas. Já a espécie *Sessea brasiliensis* cresceu metade na RP comparado ao crescimento na R40 e, principalmente, na R12, onde cresceu quatro vezes mais do que na RP.

Figura 17 - Comparação dos CDAEsp (cm) que ocorrem em mais de uma área de estudo.



5.5 Produção de serrapilheira

A Figura A1 (Anexo A) apresenta a massa média e o desvio padrão da produção de serrapilheira por data de coleta. Nos primeiros seis meses do estudo realizado por Bandoria (2020), as coletas foram a cada 15 dias. Isso dificultou a análise dos picos de queda de serrapilheira.

A Figura A2 (Anexo A) mostra os dados da MMSD, de acordo com a data coletada. Com esse resultado é possível observar alguns picos de queda de serrapilheira nas datas coletadas nas áreas de estudo. Os resultados obtidos com essa análise serviram como base para a construção da Figura 18, na qual é possível observar com maior clareza esse fenômeno.

Para a construção da Figura 18, foi considerada a MMSD (Figura A2), conforme descrito na metodologia (Seção 4.4.3.). Vale ressaltar que nas Figuras A2, 18 e 20, a MMSM

não foi calculada para o mês de abril, já que para a realização do cálculo desse mês seria necessária a coleta de dados no mês de maio.

5.5.1 Variação sazonal da produção de serrapilheira

A Figura 18 demonstra que o padrão da queda de serrapilheira foi semelhante na maioria dos meses entre os estágios de regeneração, variando em intensidade. Na R12 e na R40, os valores da massa de queda de serrapilheira foram próximos e, em 16 dos 21 meses, a massa de queda de serrapilheira das áreas não ripárias foi maior que os valores da RP. Na R12 e R40, os períodos máximos de queda de serrapilheira foram nos meses de junho e setembro. Já na RP, os meses dos picos de queda de serrapilheira variaram mais, sendo que o período de queda de serrapilheira mais acentuado foi na época de maio e junho. Um terceiro pico, pouco acentuado, mas que ocorreu em todas as áreas de estudo, ocorreu no período entre dezembro e fevereiro, na estação chuvosa. pode ser explicado pelas chuvas intensas, características dessa época do ano, que derruba alguns galhos mais pesados, elevando a massa média de queda de serrapilheira, como é observado em campo e ilustrado pela Figura 19 em que um galho grande cai em cima do coletor de serrapilheira.

A Figura 18 também demonstra uma relação entre a produção mensal de serrapilheira e a precipitação. Observa-se que os meses de maior produção de serrapilheira foram junho e setembro. O mês de junho é dois meses depois do fim da estação chuvosa (ou seja, é o auge da seca, e também o mês mais frio do ano), já o mês de setembro é o mês que precede o começo da estação chuvosa.

Um estudo realizado por Ferreira et al. (2014) na Mata Atlântica encontrou uma forte correlação entre precipitação e queda de serrapilheira, sendo que a época em que mais houve queda foi no período de setembro a março, durante a estação chuvosa. Vale ressaltar que este estudo da Mata Atlântica durou um ano e encontrou uma taxa de serrapilheira total de $5,7 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, sendo muito semelhante à média anual de produção de serrapilheira na RP do presente estudo ($5,59 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), área em estágio de regeneração mais nova. A semelhança entre as médias anuais de produção de serrapilheira do presente estudo com o estudo de Ferreira et al. (2014) é um indicativo de que a produção de serrapilheira em áreas nos estágios de regeneração iniciais sofre uma grande influência das chuvas, sendo maior no período chuvoso. Além de Ferreira et al. (2014), Wagner et al. (2016) também encontraram uma alta correlação entre a queda de serrapilheira e a precipitação.

Figura 18 — Comparação entre Massa Média de Queda de Serrapilheira Mensal (MMSM, g) e precipitação na RP, R12 e R40

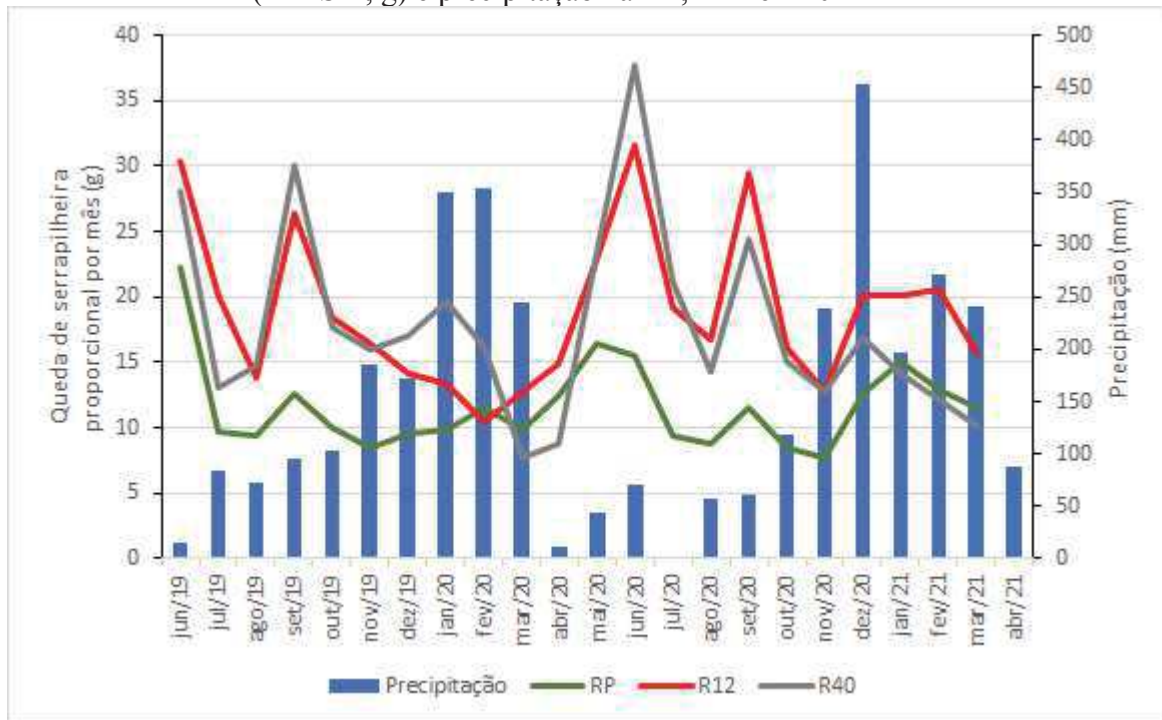


Figura 19 - Galho no coletor de serrapilheira na área em regeneração inicial ocupada anteriormente por pastagem (RP).



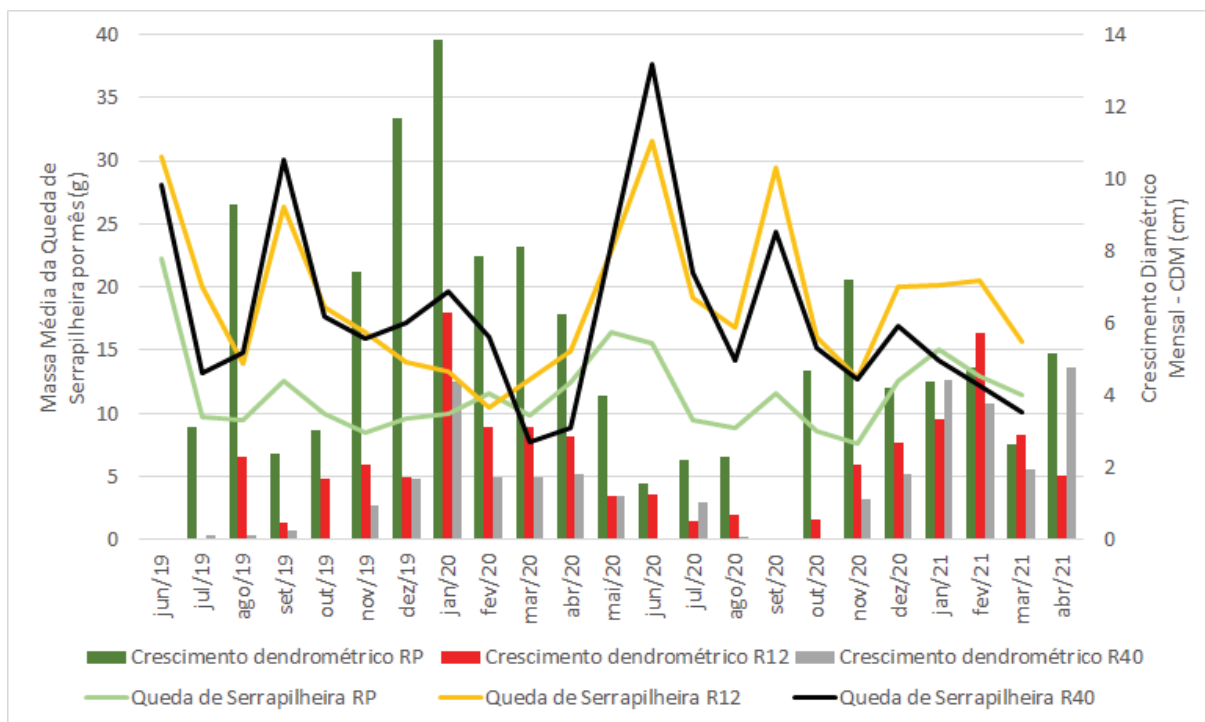
5.5.2 Produção anual de serrapilheira como indicativo de idade de regeneração

Os resultados da média anual de produção de serrapilheira (MAPS) foram: 9,08 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ para a R12, 8,54 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ para a R40 e 5,59 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ para a RP. Observa-se, dessa forma, que a R12 e a R40 não diferem muito em termos de produção de serrapilheira, e estariam em estágio de regeneração mais avançado que a RP. Já a RP, como esperado, apresentou uma MAPS menor, o que se deve ao não fechamento de copa e por ser uma área de regeneração mais nova que as demais. Um estudo realizado no Pará, cujo objetivo foi utilizar a quantidade de queda e a velocidade de decomposição da serrapilheira para indicar diferentes estágios de florestas em processo de regeneração, mostrou que a área com o estágio de regeneração mais novo, de cinco anos, produziu 7,41 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de serrapilheira. A área estudada de floresta primária teve 10,86 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ e as duas outras áreas estudadas — florestas secundárias — tiveram a produção de aproximadamente 9,00 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ (DA SILVA et al., 2018). Os nossos resultados, aliados aos resultados da pesquisa realizada por Da Silva et al. (2018), demonstram que a queda de serrapilheira pode ser um dos fatores que auxiliam na definição do estágio de regeneração florestal de uma área.

5.6 Comparação entre crescimento do tronco e queda de serrapilheira

A Figura 20 apresenta a relação entre a queda de serrapilheira e o crescimento diamétrico mensal. Deve ser ressaltado que, nos meses em que não há representação do CDM, não houve crescimento no mês de análise, com exceção do mês de setembro de 2020, em que não há representação do CDM porque não houve coleta de dados.

Figura 20 - Comparação entre Crescimento Diamétrico Mensal (CDM, cm) e Massa Média de Queda de Serrapilheira Mensal (MMSM, g) nas áreas em regeneração inicial ocupada anteriormente por pastagem (RP), regeneração intermediária (R12) e regeneração avançada (R40), de junho de 2019 a abril de 2021.



Na RP, não foi possível encontrar nenhuma relação consistente entre o crescimento do tronco e a queda de serrapilheira (Figura 20). Diferentemente da RP, na R12 e na R40, foi encontrada uma relação aparente entre o CDM e a MMSM. Contudo, essa relação é observada apenas no período seco, de maio a setembro, e aparenta ser mais forte no período do segundo pico de queda de serrapilheira do ano, que é em setembro.

Contudo, essa relação aparenta não ser muito clara. Na R12, o baixo crescimento diamétrico é no mesmo mês do pico de queda de serrapilheira (setembro). Na R40, o crescimento diamétrico foi afetado dois meses depois do pico de queda de serrapilheira de setembro de 2019. No ano seguinte, o crescimento diamétrico foi afetado no mês ou no mês seguinte do pico de queda de serrapilheira.

Um estudo realizado com dados de diversas regiões do planeta mostrou que existem diversos fatores que afetam o crescimento do tronco, principalmente precipitação e disponibilidade de água (WAGNER et al., 2016). Esse estudo buscou diversas correlações com as variantes que afetam o crescimento do tronco, como: amplitude térmica, pressão de vapor, temperatura média mínima e máxima, radiação solar, entre outros. As correlações positivas

mais fortes encontradas foram a de precipitação, disponibilidade de água e cobertura de nuvens, sendo a correlação negativa mais forte a de amplitude térmica.

Wagner et al. (2016) também avaliaram os fatores que afetam a queda de serrapilheira levando em consideração as mesmas variáveis analisadas para o crescimento de tronco. Os autores encontraram que os picos de queda de serrapilheira ocorrem principalmente durante os períodos secos, assim como apontam os resultados do nosso trabalho. Os principais fatores climáticos que afetam a queda de serrapilheira são as mudanças na insolação diária e a alta demanda de evaporação havendo baixa disponibilidade de água. A mudança da insolação diária provoca a produção de novas folhas e a abscisão de folhas velhas, enquanto a baixa disponibilidade de água e a alta demanda de evaporação induzem a queda de folhas na estação seca.

É imprescindível apontar que, para este tipo de análise (CDM), qualquer erro de medição, ou “outlier”, compromete a análise dos dados, pois interfere no valor de crescimento total do mês de análise e do mês seguinte. No presente estudo, foram encontrados alguns “outliers” nos dados, fazendo com que os resultados ficassem negativos em alguns meses e, nos meses seguintes, o crescimento ficasse acima do real.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo conseguiu responder os objetivos propostos e identificou algumas limitações na coleta e análise de dados referentes aos dendrômetros de fita utilizados. Foi possível: identificar a época de maior crescimento do tronco e os períodos de maior queda de serrapilheira; avaliar a relação entre o crescimento do tronco e a queda de serrapilheira em três fragmentos florestais em diferentes estágios de regeneração (RP, R12 e R40); avaliar a relação entre precipitação e queda de serrapilheira e avaliar se a queda de serrapilheira causa impacto no crescimento do tronco. Os resultados obtidos contribuem com o conhecimento sobre o comportamento do crescimento do tronco e a produção de serrapilheira em diferentes estágios de regeneração. As diferenças do comportamento diamétrico entre as áreas podem ser usadas para estimar a quantidade de carbono absorvida pela floresta de acordo com a idade de cada estágio de regeneração. Além disso, foi mostrado que a queda de serrapilheira pode ser usada como ferramenta para a indicação do estágio da regeneração florestal em algumas áreas, como já apresentando em alguns estudos.

O crescimento diamétrico mais elevado se deu no período chuvoso, como esperado. A maior concentração das chuvas ocorreu entre os meses de outubro e março. O crescimento do tronco durante o período chuvoso foi significativamente maior do que o crescimento no período seco.

A diferença do crescimento diamétrico total entre as áreas foi notável, principalmente se compararmos a RP com a R12 e R40. A RP teve o crescimento diamétrico, em CAP, de 113,28 cm. Na R12, esse crescimento foi de 44,78 cm, enquanto na R40 foi de 31,76 cm. Em porcentagem, o crescimento da RP foi 60,5% maior que o da R12 e 72 % maior que o da R40. O crescimento da R12 foi 29,1% maior que o da R40. Essas diferenças de crescimento se devem à diferença de idades dos estágios de regeneração, já que a RP, área de regeneração de pastagem, tem cinco anos, a R12 tem por volta de 12 anos e a R40 tem aproximadamente 40 anos.

A ordem dos estágios de regeneração em que a média da queda de serrapilheira foi maior, em ordem decrescente foi: R12 com 9,08 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, R40 com 8,54 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ e RP com 5,59 Mg ha⁻¹ ano⁻¹. Os picos de queda de serrapilheira mais marcantes identificados nas três áreas foram em junho e setembro, dois meses após o final da estação chuvosa e logo antes do começo da estação seca. Na RP, a queda de serrapilheira foi muito menor do que nas outras duas áreas, já que essa área de estudo encontra-se em estágio de regeneração inicial, tem árvores de menor porte e o dossel é muito mais aberto que na R12 e R40. Um outro pico de queda de serrapilheira, que foi característico na RP e menos intenso na R12 e na R40, aconteceu

entre os meses de dezembro a fevereiro. Esse outro pico pode ter acontecido devido às fortes chuvas nos meses de verão, que provocam a queda de galhos, de folhas saudáveis, além de flores e sementes.

A queda de serrapilheira afeta o crescimento do tronco? Foi visto que, na RP, não foi possível encontrar essa relação direta. Já na R12 e R40, parece haver a relação do pico de queda de serrapilheira de setembro com o baixo crescimento do tronco no mesmo mês do pico ou no mês seguinte, em outubro. De qualquer forma, essa relação só pôde ser analisada na estação seca, já que na estação chuvosa o fator que mais afeta o crescimento do tronco é a precipitação.

Ao realizar este estudo, foram encontradas algumas limitações. A primeira limitação observada foi a perda de alguns dendrômetros de fita utilizados nas áreas de estudo. Ao todo, foram perdidos dez de 60 dendrômetros, sendo que um dos que foi perdido era de uma árvore que sofreu uma queda e dois deles foram encontrados e reinstalados depois de oito meses. Foi verificado que oito dos dez dendrômetros perdidos romperam com mais de 4 cm de crescimento, o que corresponde à metade da medida da régua do dendrômetro. Além disso, com exceção da árvore que caiu, todos os dendrômetros foram perdidos na estação chuvosa, na qual o crescimento diamétrico é maior. Para solucionar esse problema, recomenda-se fazer a manutenção dos dendrômetros antes da medida do crescimento alcançar os 4 cm, se possível, além da necessidade de intensificar o monitoramento dos dendrômetros na época chuvosa. Uma outra alternativa para solucionar essa questão seria adquirir algumas régua dendrométrica extras, no caso de algum dendrômetro se romper e não ser encontrado em campo.

Outro fator considerado limitante para algumas análises do estudo foi a periodicidade da coleta de dados. A variação de datas entre as coletas mensais foi de 21 a 49 dias, sendo que no mês de setembro não houve coleta de dados. Apesar do intervalo desigual entre coletas não afetar os resultados “brutos” do estudo, ele afeta os resultados e análises intermediárias, como o crescimento diamétrico mensal. O objetivo geral do estudo não foi afetado, porém a análise da relação entre o crescimento do tronco e a queda de serrapilheira — que usa dados mensais do crescimento do tronco — foi diretamente afetada. Uma solução para isso é avaliar previamente quais são os objetivos específicos e a duração do experimento para que possa ser definida uma periodicidade de coleta de dados. Se a análise realizada for mais detalhada — mês a mês, por exemplo — é necessário definir a regularidade das datas de coleta, e cumpri-las rigorosamente.

Uma outra limitação encontrada foi na análise de alguns dados do crescimento diamétrico mensal. Mesmo sem ter afetado o objetivo geral do trabalho, o crescimento

diamétrico mensal teve algumas variações que podem ter acontecido por erros na coleta de dados, erros de digitação e até pelo inchamento do tronco em alguns períodos. Porém, foi notado que uma mesma árvore crescia e decrescia na mesma proporção entre uma coleta de dados e outra. Portanto, para uma análise mais precisa, deve ser feita a identificação e o tratamento de todos os “outliers” presentes nos dados, para que as análises fiquem o mais próximo possível da realidade.

REFERÊNCIAS

- BANDORIA, M. C. S. **Dinâmicas de regeneração florestal na Mata Atlântica: integração de dados multi-sensores e medidas de campo.** 2020. 181p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, São José dos Campos, 2020.
- BINOTI, M. L. M. S.; LEITE, H. G.; BINOTI, D. H. B.; GLERIANI, J. M. Prognose em nível de povoamento de clones de eucalipto empregando redes neurais artificiais. **Cerne**, [S. l.], v. 21, n. 1, p. 97-105, 2015. DOI: 10.1590/01047760201521011153
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Serviço Florestal Brasileiro. **Florestas do Brasil em resumo: 2019.** 1 ed. Brasília, DF: MAPA/SFB, 2019. 207p.
- CAMARGO, M.; GIARRIZZO, T.; JESUS, A. J. S. Efeito da variação da inundação sazonal na produção de serrapilheira numa floresta aluvial do médio Rio Xingu (bacia do Amazonas, Brasil). **Brazilian Journal of Biology**, v. 75, n. 3, p. S250–S256, 2015. DOI: 10.1590/1519-6984.00514BM.
- CARVALHO, F. A.; FELFILI, J. M. Cost-benefit analysis of industrial and homemade dendrometer bands. **Acta Botanica Brasilica**, v. 25, n. 3, p. 566–570, 2011. DOI: 10.1590/S0102-33062011000300008.
- CELENTANO, D.; ZAHAWI, R. A.; FINEGAN, B.; OSTERTAG, R.; COLE, R. J.; HOLL, K. D. Litterfall dynamics under different tropical forest restoration strategies in Costa Rica. **Biotropica**, [S. l.], v. 43, n. 3, p. 279–287, 2011. DOI: 10.1111/j.1744-7429.2010.00688.x.
- CORDEIRO, I. M.; SCHWARTZ, G.; BARROS, P. L. Efeitos do clima sobre o incremento diamétrico de paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* – Fabaceae) em plantios comerciais. **Nativa**, [S. l.], v. 8, n. 2, p. 246, 2020. DOI: 10.31413/nativa.v8i2.9009.
- COSTANZA, R. et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, [S. l.], v. 387, n. 6630, p. 253–260, 1997. DOI: 10.1038/387253a0. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/387253a0>.
- DA 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**, [S. l.], v. 429, p. 189–197, 2018. DOI: 10.1016/j.foreco.2018.07.020.
- DAILY, G.; POSTEL, S.; BAWA, K.; KAUFMAN, L. Nature's Services: Societal Dependence On Natural Ecosystems. **Bibliovault OAI Repository, the University of Chicago Press**, [S. l.], 1997.
- DALMÁCIO, F. Z.; DE SOUSA RIBEIRO, M.; LELIS LEAL CALEGARIO, C. A. potencialidade dos créditos de carbono na geração de lucro econômico sustentável da atividade de reflorestamento. **Organizações Rurais & Agroindustriais**. [s.l: s.n.].
- DANTAS, M. S.; ALMEIDA, N. V.; MEDEIROS, I. S.; SILVA, M. D. Diagnóstico da vegetação remanescente de Mata Atlântica e ecossistemas associados em espaços urbanos. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, [S. l.], v. 2, n. 1, p. 87–97, 2017. DOI: 10.24221/jeap.2.1.2017.1128.87-97.
- DÉTIENNE, P. Appearance and Periodicity of Growth Rings in some Tropical Woods. **IAWA Journal**, [S. l.], v. 10, n. 2, p. 123–132, 1989. DOI: 10.1163/22941932-90000480.
- DOMINGOS, M.; MORAES, R. M.; VUONO, Y. S.; ANSELMO, C. E. Produção de serapilheira e retorno de nutrientes em um trecho de Mata Atlântica secundária, na Reserva Biológica de Paranapiacaba, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, [S. l.], v. 20, n. 1, p. 91–96, 1997. DOI: 10.1590/s0100-84041997000100009.

FELDPAUSCH, T. R.; RONDON, M. A.; FERNANDES, E. C. M.; RIHA, S. J.; WANDELLI, E. Carbon and nutrient accumulation in secondary forests regenerating on pastures in central Amazonia. **Ecological Applications**, [S. l.], v. 14, n. 4 SUPPL., p. 164–176, 2004. DOI: 10.1890/01-6015.

FERREIRA, M. L.; SILVA, J. L.; PEREIRA, E. E.; LAMANO-FERREIRA, A. P. N. Produção e decomposição de serapilheira num fragmento de floresta secundária Atlântica de São Paulo, sudeste do Brasil. **Revista Árvore**, [S. l.], v. 38, n. 4, p. 591–600, 2014. DOI: 10.1590/S0100-67622014000400002.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica**: período 2019/2020, relatório técnico. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica, 2021. 73p.

GOMES, J. F.; LONGHI, S. J.; ARAÚJO, M. M.; BRENA, D. A. Classification and growth of vegetation units in Mixed Rainy Forest, São Francisco de Paula, RS. **Ciência Florestal**, [S. l.], v. 18, n. 1, p. 93–107, 2008. DOI: 10.5902/19805098514.

IMAZON. **A Amazônia em números - Imazon**. 2020. Disponível em: <https://imazon.org.br/imprensa/a-amazonia-em-numeros/>. Acesso em: 11 maio. 2021.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; NUNES-SILVA, P. As abelhas, os serviços ecossistêmicos e o Código Florestal Brasileiro. **Biota Neotropica**, [S. l.], v. 10, n. 4, p. 59–62, 2010. DOI: 10.1590/S1676-06032010000400008. INPE. **SOS Mata Atlântica e INPE lançam novos dados do Atlas do bioma**. Inpe, 2019. Disponível em: http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=5115. Acesso em: 11 maio. 2021.

INPE. **A taxa consolidada de desmatamento por corte raso para os nove estados da Amazônia Legal em 2020 foi de 10.851 km²**. 2021. Disponível em: http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=5811. Acesso em: 28 set. 2021.

JOLY, C. A.; METZGER, J. P.; TABARELLI, M. Experiences from the Brazilian Atlantic Forest: Ecological findings and conservation initiatives. **New Phytologist**: Blackwell Publishing Ltd, 2014. DOI: 10.1111/nph.12989. Disponível em: <http://whc.unesco.org/en/list/893>.

KEENLEYSIDE, K.; DUDLEY, N.; CAIRNS, S.; HALL, C.; STOLTON, S. **Ecological restoration for protected areas: Principles, guidelines and best practices**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://www.iucn.org/content/ecological-restoration-protected-areas-principles-guidelines-and-best-practices>.

KLEIJN, D. et al. Delivery of crop pollination services is an insufficient argument for wild pollinator conservation. **Nature Communications**, [S. l.], v. 6, 2015. DOI: 10.1038/ncomms8414.

KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. World Map of the Köppen-Geiger Climate Classification Updated. **Meteorologische Zeitschrift**, [S. l.], v. 15, p. 259–263, 2006. DOI: 10.1127/0941-2948/2006/0130.

LAURANCE, W. F. **Conserving the hottest of the hotspots Biological Conservation**, 2009. DOI: 10.1016/j.biocon.2008.10.011.

LAWRENCE, D.; VANDECAR, K. Effects of tropical deforestation on climate and agriculture. **Nature Climate Change**, [S. l.], v. 5, n. 1, p. 27–36, 2015. DOI: 10.1038/nclimate2430. Disponível em: www.nature.com/natureclimatechange.

MACHADO, G. E. L.; MEDEIROS, M. B.; FIGUEIRA, A. M. S.; MOURA, J. M. S. Crescimento diamétrico em floresta de várzea usando bandas dendrométricas. *In*: **Empreendedorismo e Inovação na Engenharia Florestal**. [s.l.]: Atena Editora, 2019. p. 14–24. DOI: 10.22533/at.ed.9251919113. Disponível em: www.atenaeditora.com.br.

MAY, P. H.; BOHRER, C. B.; TANIZAKI, K.; DUBOIS, J. C. L.; LANDI, M. P. M.; CAMPAGNANI, S.; OLIVEIRA NETO, S. N.; DA VINHA, V. G. **Sistemas Agroflorestais e Reflorestamento para Captura de Carbono e Geração de Renda 1**. [s.l.: s.n.].

MEA. **Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends, Volume 1.** [s.l.: s.n.].

MMA, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Clima.** [s.d.]. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas.html>. Acesso em: 27 maio. 2021.

MORAES, V. H. F. Periodicidade de crescimento do tronco em árvores da Floresta Amazônica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 5, p. 315-320, 1970.

NBL - ENGENHARIA AMBIENTAL LTDA E THE NATURE CONSERVANCY (TNC). **Manual de Restauração Florestal: Um Instrumento de Apoio à Adequação Ambiental de Propriedades Rurais do Pará.** Belém, PA: The Nature Conservancy, 2013. Disponível em: <https://www.nature.org/media/brasil/manual-de-restauracao-florestal.pdf>. Acesso em: 21 maio. 2021.

REIS, L. P.; SOUZA, A. L.; REIS, C. M. P.; MAZZEI, L.; H. B. B. D.; LEITE, H. G. Prognose da distribuição diamétrica na Amazônia utilizando redes neurais artificiais e autômatos celulares. **revistas.ufpr.br**, [S. l.], n. 1, p. 93–102, 2018. DOI: 10.5380/ufpr.v48. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/52748>.

PINTO, L. V. A.; DE ROMA, T. N.; BALIEIRO, K. R. C.. Avaliação qualitativa da água de nascentes com diferentes usos do solo em seu entorno. **Cerne**, v. 18, n. 3, p. 495–505, 2012. DOI: 10.1590/S0104-77602012000300018.

REZENDE, C. L.; SCARANO, F. R.; ASSAD, E. D.; JOLY, C. A.; METZGER, J. P.; STRASSBURG, B. B. N.; TABARELLI, M.; FONSECA, G. A.; MITTERMEIER, R. A. From hotspot to hopespot: An opportunity for the Brazilian Atlantic Forest. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 16, n. 4, p. 208–214, 2018. DOI: 10.1016/j.pecon.2018.10.002.

SANTOS, C.; CARNEIRO, R.; BORGES, C.; GASTMANS, D.; BORMA, L. Isotopic composition of precipitation in a southeastern region of Brazil during the action of the south Atlantic convergence zone. **Atmosphere**, [S. l.], v. 12, n. 4, p. 418, 2021. DOI: 10.3390/atmos12040418.

SCORIZA, R.; PEREIRA, M.; PEREIRA, G.; MACHADO, D.; SILVA, E. Métodos para coleta e análise de serrapilheira aplicados a ciclagem de nutrientes. **Revista Floresta e Ambiente**, [S. l.], v. 2, p. 1–18, 2012.

SER. The SER International Primer on Ecological Restoration Overview. **Ecological Restoration**, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 206–207, 2004. Disponível em: www.ser.org. Acesso em: 17 maio. 2021.

SILVA, R. P.; NAKAMURA, S.; AZEVEDO, C. P.; CHAMBERS, J.; ROCHA, R. M.; PINTO, A. C. M.; SANTOS, J.; HIGUCHI, N. Uso de banda dendrométrica na definição de padrões de crescimento individual em diâmetro de árvores da bacia do rio Cuieiras. **Acta Amazonica**, [S. l.], v. 33, n. 1, p. 67–84, 2003. DOI: 10.1590/1809-4392200331084.

SNUC. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. [S. l.], n. 9, 2000.

SYKTUS, J. I.; MCALPINE, C. A. More than carbon sequestration: Biophysical climate benefits of restored savanna woodlands. **Scientific Reports**, [S. l.], v. 6, n. 1, 29194, 2016. DOI: 10.1038/srep29194.

VAN DIJK, A. I. J. M.; HAIRSINE, P. B.; ARANCIBIA, J. P.; DOWLING, T. I. Reforestation, water availability and stream salinity: A multi-scale analysis in the Murray-Darling Basin, Australia. **Forest Ecology and Management**, [S. l.], v. 251, n. 1–2, p. 94–109, 2007. DOI: 10.1016/j.foreco.2007.06.012.

WAFAR, S.; UNTAWALE, A. G.; WAFAR, M. Litter fall and energy flux in a mangrove ecosystem. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, [S. l.], v. 44, n. 1, p. 111–124, 1997. DOI: 10.1006/ecss.1996.0152.

WAGNER, F. H. et al. Climate seasonality limits leaf carbon assimilation and wood

productivity in tropical forests. **Biogeosciences**, [*S. l.*], v. 13, n. 8, p. 2537–2562, 2016. DOI: 10.5194/bg-13-2537-2016.

ANEXO A

Figura A1 - Massa Média de Queda de Serrapilheira de acordo com a data de coleta (MMSC, g)

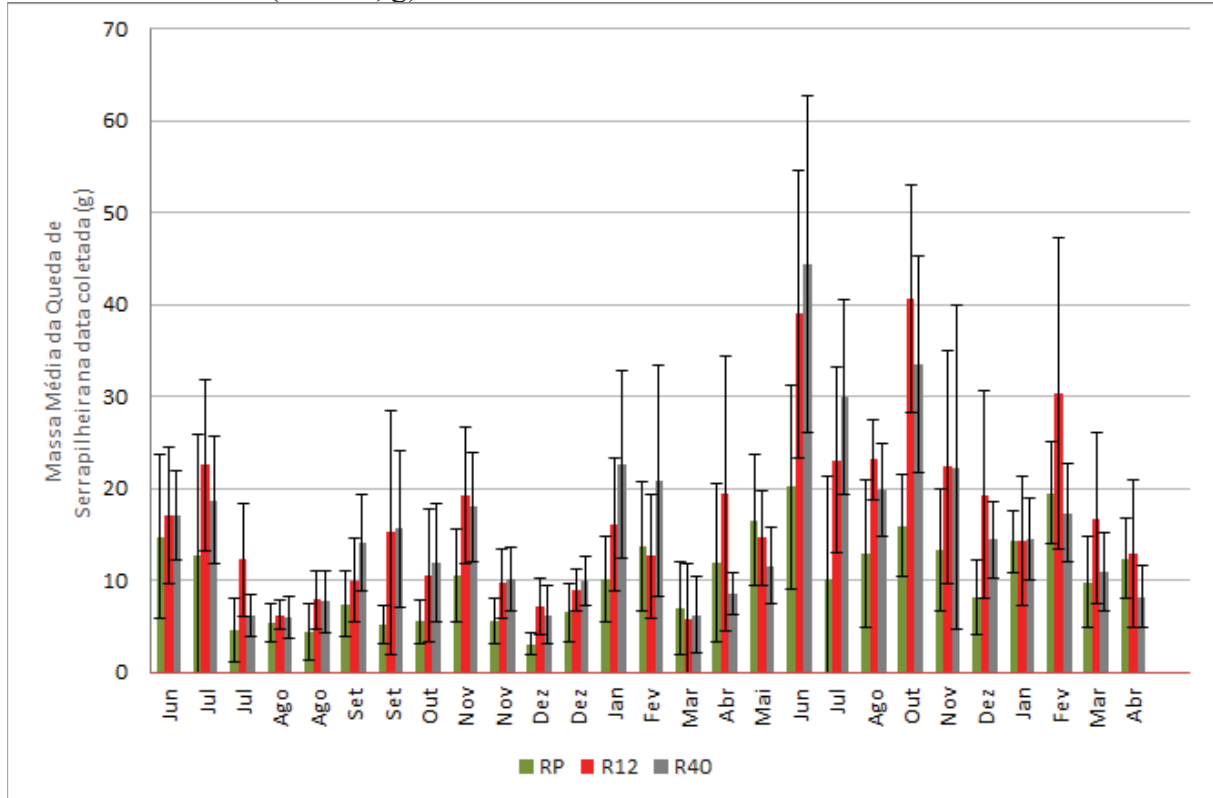


Figura A2 — Massa Média de Queda de Serrapilheira por Dia (MMSD, g)

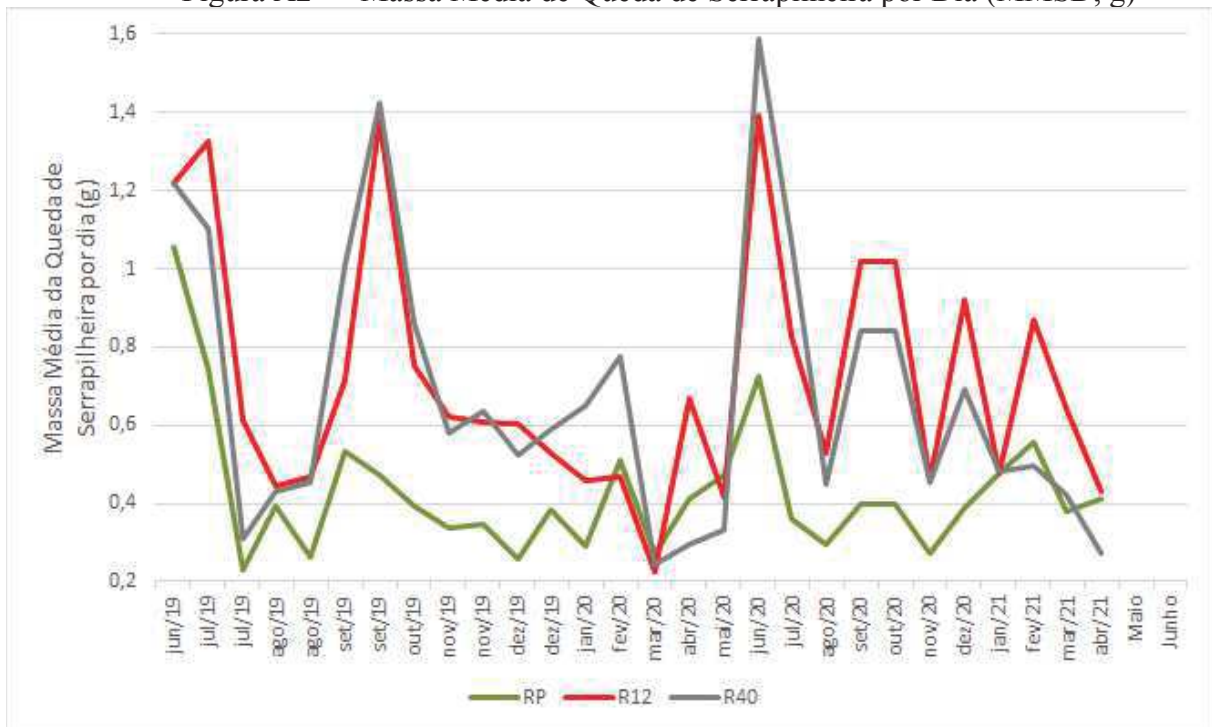


Tabela 1 - Número de identificação, espécie, família e CAP inicial (22/05/2019) das árvores monitoradas com os dendrômetros de fita na RP.

Área	Espécie	Família	Grupo Sucessional	CAP inicial (cm)
RP	<i>Senna multijuga</i> (Rich) H.S. Irwin & Barneby	Fabaceae	P	49,00
RP	<i>Schefflera cf. calva</i> (Cham.) Frodin & Fiaschi	Araliaceae	P	52,00
RP	<i>Sessea brasiliensis</i> Toledo	Solanaceae	SI	47,00
RP	<i>Sessea brasiliensis</i> Toledo	Solanaceae	SI	66,00
RP	<i>Tibouchina pulchra</i> (Cham.) Cogn	Melastomataceae	P	48,00
RP	<i>Senna multijuga</i> (Rich) H.S. Irwin & Barneby	Fabaceae	P	62,30
RP	Indeterminada	Malvaceae		60,40
RP	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brerian	Fabaceae	SI	49,30
RP	<i>Senna multijuga</i> (Rich) H.S. Irwin & Barneby	Fabaceae	P	48,40
RP	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Cannabaceae	P	45,20
RP	<i>Tibouchina pulchra</i> (Cham.) Cogn	Melastomataceae	P	34,00
RP	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Cannabaceae	P	59,00
RP	<i>Tibouchina estrellensis</i> (Raddi) Cogn	Melastomataceae	P	69,00
RP	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Cannabaceae	P	75,30
RP	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Cannabaceae	P	87,00
RP	<i>Citharexylum myricanthum</i> Cham.	Verbenaceae	P / SI	53,10
RP	<i>Tibouchina pulchra</i> (Cham.) Cogn	Melastomataceae	P	46,20
RP	<i>Mimosa scabrella</i> Berth	Fabaceae	P	47,00
RP	<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	Aracardiaceae	P	68,00
RP	<i>Aegiphila integrifolia</i> (Jacq.) Moldenk	Lamiaceae	P	66,00

Tabela 2 - Número de identificação, espécie, família e CAP inicial (22/05/2019) das árvores monitoradas com os dendrômetros de fita na R12.

Área	Espécie	Família	Grupo Sucessional	CAP inicial (cm)
R12	<i>Vernonanthura petiolaris</i> (DC.) H. Rob.	Asteraceae	P	74,50
R12	<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp.	Euphorbiaceae	SI / CL	51,00
R12	<i>Alchornea sidifolia</i> Mill. Arg.	Euphorbiaceae	SI	57,00
R12	<i>Ocotea puberula</i> (Rich) Nees	Lauraceae	SI	71,40
R12	<i>Hieronyma alchorneoides</i> Allemão	Phyllanthaceae	CL	97,00
R12	<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	Euphorbiaceae	CL	66,10
R12	<i>Tibouchina sellowiana</i> (Cham.) Cogn.	Melastomataceae	P	41,20
R12	<i>Monteverdia gonoclada</i> (Mart) Biral	Celastraceae	ST	58,60
R12	<i>Croton organensis</i> Baill.	Euphorbiaceae	SI	48,40
R12	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schüt.	Primulaceae	P	41,40
R12	<i>Tibouchina sellowiana</i> (Cham.) Cogn.	Melastomataceae	P	62,20
R12	<i>Sessea brasiliensis</i> Toledo	Solanaceae	SI	37,40
R12	<i>Tibouchina sellowiana</i> (Cham.) Cogn.	Melastomataceae	P	53,80
R12	<i>Weinmannia pinnata</i> L.	Cunoniaceae	SI	59,40
R12	<i>Croton organensis</i> Baill.	Euphorbiaceae	SI	62,20
R12	<i>Tibouchina sellowiana</i> (Cham.) Cogn.	Melastomataceae	P	55,60
R12	<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp.	Euphorbiaceae	SI / CL	35,00
R12	<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp.	Euphorbiaceae	SI / CL	43,00
R12	<i>Piptocarpha macropoda</i> (DC.) Baker	Asteraceae	P	43,00
R12	<i>Ocotea puberula</i> (Rich) Nees	Lauraceae	SI	61,30

Tabela 3 - Número de identificação, espécie, família e CAP inicial (22/05/2019) das árvores monitoradas com os dendrômetros de fita na R40.

Área	Espécie	Família	Grupo Sucessional	CAP inicial (cm)
R40	<i>Coccoloba decandra</i> Jacq.	Salicaceae	CL	64,60
R40	<i>Licanonia ternata</i> Vell.	Cunoniaceae	SI	69,20
R40	<i>Meriania clausenii</i> (Naudin) Triana	Melastomataceae	ST	83,30
R40	<i>Guatteria australis</i> A. St-Hil.	Arnonaceae	CL	55,90
R40	<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp.	Euphorbiaceae	SI / CL	83,20
R40	<i>Psychotria vellosiana</i> Berth	Rubiaceae	ST	64,90
R40	<i>Tovomitopsis paniculata</i> (Spreng.) Planch & Triana	Clusiaceae	C	55,80
R40	<i>Psychotria vellosiana</i> Berth	Rubiaceae	ST	60,40
R40	<i>Miconia cinerascens</i> Miq.	Melastomataceae	SI	65,00
R40	<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp.	Euphorbiaceae	SI / CL	77,70
R40	<i>Nectandra oppositifolia</i> Nees & Mart.	Lauraceae	ST	36,00
R40	<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp.	Euphorbiaceae	SI / CL	82,90
R40	<i>Cabreraea canjerana</i> (Vell.) Mart.	Meliaceae	P / ST / C	50,30
R40	<i>Vernonanthura discolor</i> (Spreng.) Baker	Asteraceae	P	66,50
R40	<i>Tibouchina sellowiana</i> (Cham.) Cogn.	Melastomataceae	P	42,20
R40	<i>Vernonanthura petiolaris</i> (DC.) H. Rob.	Asteraceae	P	69,90
R40	<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp.	Euphorbiaceae	SI / CL	46,00
R40	<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp.	Euphorbiaceae	SI / CL	89,90
R40	<i>Sessea brasiliensis</i> Toledo	Solanaceae	SI	46,30
R40	<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp.	Euphorbiaceae	SI / CL	68,00