



Universidade Federal de Ouro Preto
Instituto de Ciências Exatas e Biológicas
Departamento de Biodiversidade, Evolução e Meio Ambiente
Laboratório de Ecofisiologia Vegetal



Monografia

**Produção e decomposição de serapilheira em área de
referência de floresta estacional semidecidual circundada por agrossistemas**

Ouro Preto, MG

2021



Universidade Federal de Ouro Preto
Instituto de Ciências Exatas e Biológicas
Departamento de Biodiversidade, Evolução e Meio Ambiente
Laboratório de Ecofisiologia Vegetal



Monografia

Produção e decomposição de serapilheira em área de referência de floresta estacional semidecidual circundada por agrossistemas

Monografia apresentada ao Departamento de Biodiversidade, Evolução e Meio Ambiente do Instituto de Ciências Exatas e Biológicas da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Aluno: Henrique Douglas Pinheiro de Souza

Orientadora: Profa. Dra. Alessandra Rodrigues Kozovits

Co-Orientador: Mestrando Pedro Casari

Ouro Preto, MG

2021



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE BIODIVERSIDADE, EVOLUÇÃO E MEIO AMBIENTE



FOLHA DE APROVAÇÃO

Henrique Douglas Pinheiro de Souza

Produção e decomposição de serapilheira em área de referência de floresta estacional semidecidual circundada por agrossistemas

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas

Aprovada em 8 de novembro de 2021

Membros da banca

Dra. Alessandra Rodrigues Kozovits - Orientadora - Universidade Federal de Ouro Preto
Dra. Yasmine Antonini - Universidade Federal de Ouro Preto
MSc. Eduardo André Ribeiro Valim - Technische Universität München (Alemanha)

Alessandra Rodrigues Kozovits, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 08/11/2021



Documento assinado eletronicamente por **Alessandra Rodrigues Kozovits, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 08/11/2021, às 11:18, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0209516** e o código CRC **606584BB**.

Referência: Caso responda este documento, indicar expressamente o Processo nº 23109.008399/2021-05

SEI nº 0209516

R. Diogo de Vasconcelos, 122, - Bairro Pilar Ouro Preto/MG, CEP 35400-000
Telefone: 3135591747 - www.ufop.br

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Cláudia e Gilmar, por sempre acreditar e manter vivo o sonho do diploma.

À minha companheira de jornada, Caroline, que sempre me motivou a ser melhor, profissionalmente, pessoalmente e emocionalmente.

Aos meus avós, especialmente meu segundo pai, Jesus Fidelis, presente em todas as etapas da minha vida, me inspirando a ser uma pessoa honrada.

À UFOP pelo ensino público de qualidade e pela oportunidade de tantos conhecimentos adquiridos.

Ao Laboratório de Ecofisiologia Vegetal pelo suporte técnico.

À Alessandra pela orientação e ensinamentos transmitidos ao longo do curso, além de cordial.

Ao Pedro por auxiliar, acompanhar, orientar e por estar sempre presente na realização desse trabalho.

Ao CNPq pelo reconhecimento da importância deste estudo e concessão da bolsa de iniciação científica.

À CEMIG pelo financiamento do projeto guarda-chuva que engloba o meu projeto.

À PROGRAD, especialmente ao Adriano, local de muitos ensinamentos acadêmicos, profissionais e pela amizade construída.

À força inabalável de passar por cima de todas adversidades e hostilidades vividas em uma universidade pública, devido a minha etnia, cor e origem social.

Por fim, agradeço de coração a todos que passaram por minha vida e contribuíram de alguma forma para que eu pudesse chegar até aqui.

SUMÁRIO

LISTA DE IMAGENS	5
RESUMO.....	6
ABSTRACT	7
1. INTRODUÇÃO.....	8
2. JUSTIFICATIVA	11
3. OBJETIVOS	12
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	13
4.1. ÁREA DE ESTUDOS	13
4.2. DESENHO AMOSTRAL.....	16
4.3. ANÁLISES DE DEPOSIÇÃO.....	18
4.4. ANÁLISE DE DECOMPOSIÇÃO.....	18
5. RESULTADOS	20
6. DISCUSSÃO	22
REFERÊNCIAS	26
APÊNDICE.....	31

LISTA DE IMAGENS

- Figura 1:** Imagem de satélite da região onde está inserida a Usina Hidrelétrica Emborcação - UHE, destacando (seta) a área onde foi realizado o estudo, fragmento florestal onde foram coletados dados de serapilheira e adicionados as bolsas de decomposição (*litter bags*), adjacente à área degradada. Fonte: Adaptado de Google Maps 2021 13
- Figura 2:** Imagem da área de estudo, região da Usina Hidrelétrica de Emborcação, destacando (seta) a região de fragmento florestal ao centro da demarcação preta utilizada no estudo e as vastas regiões de pastagem, agricultura e a usina que circundam a área de empréstimo. Fonte: Adaptado de Maria Augusta Fujaco (dados não publicados). 14
- Figura 3:** Climograma de outubro de 2019 à maio de 2021 para a região na qual se localiza a área de empréstimo no distrito de Pedra Branca, Catalão-GO. Os dados foram retirados do site do Instituto Nacional Meteorológico (Inmet), estação Catalão-A034 (18°15' S 47°93' W). 16
- Figura 4:** Coletores de serapilheira nas áreas de fragmento florestal. A: Padronização da altura durante instalação. B: O mesmo coletor no local antes da retirada do material vegetal, esta durante a última coleta realizada em maio/2021. Fonte: Arquivo pessoal do autor 17
- Figura 5:** Imagem de satélite do fragmento florestal utilizado como área de referência, onde foram instalados os coletores de serapilheira e *litter bags*, mostrando as 3 áreas de coleta. Fonte: Adaptado de Google Maps 2021. 17
- Figura 6:** Bolsas de decomposição (*litter bags*) adicionadas as áreas de fragmento florestal. A: Bolsa de decomposição ainda no local antes de sua coleta. B: Bolsa de decomposição sendo desenterrada do local, ao observar o quadrante superior esquerdo é possível visualizar mais de um *litter bag*. Fonte: Arquivo pessoal do autor 18
- Figura 7:** Deposição média trimestral ($t \cdot ha^{-1}$) da serapilheira no fragmento florestal (área de referência) em contato com a área degradada pelo empréstimo de solo para a construção da barragem da UHE-Emborcação (dados obtidos entre maio/2020 e maio/2021).
..... 20
- Figura 8:** Massa seca de serapilheira (g), presente nos *litters bags* adicionados no fragmento florestal (área de referência) da área de estudo em Catalão-GO, ao longo dos 215 dias de experimento, entre outubro/2019 e agosto/2020. 21

RESUMO

Para avaliar parâmetros ecossistêmicos, quantificou-se por um ano a produção e taxa de decomposição de serapilheira em Catalão, Goiás, em fragmento florestal denominando área de referência, paralela à área de empréstimo degradada. O local está inserido em um ecótono entre os biomas Cerrado e Mata Atlântica, dois *hotspots* mundiais para a conservação da biodiversidade e apresenta áreas de Floresta Estacional Semi-Decidual e faixas de Cerrado *stricto sensu*. É circundada por lavouras de monoculturas, pastagens, pequenos fragmentos de vegetação nativa e a Usina Hidrelétrica de Emborcação - UHE. Durante o trabalho, a quantidade total de serapilheira produzida foi de 8,8 t.ha⁻¹/ano, tendo o ápice do aporte de serapilheira no trimestre entre setembro e novembro (4,2 t.ha⁻¹), ao final da estação seca. A deposição da serapilheira assemelha-se com estudos em Florestas Estacionais Decíduas e Floresta Estacionais Semidecíduas. A taxa de decomposição (k) obtida para a serapilheira foi de k=0,012, com o tempo para decomposição de 50% do material estimado em 99 dias. Os dados sugerem que as altas taxas de decomposição (k) da serapilheira na área de referência, podem refletir o enriquecimento nutricional involuntário causado pelas atividades agrícolas da matriz do entorno. Os parâmetros ecossistêmicos avaliados demonstram, portanto, sensibilidade para refletir condições ambientais que não são de fácil visualização e que podem influenciar o andamento dos projetos de restauração ecológica a serem feitos na área degradada próxima.

PALAVRAS-CHAVE

Serapilheira, Decomposição, Deposição, Cerrado, Recuperação de áreas degradadas, *litter bags*.

ABSTRACT

To evaluate ecosystem parameters, the production and rate of decomposition of litter in Catalão, Goiás, were quantified for one year in a forest fragment called the reference area, parallel to the degraded borrow area. The site is located in an ecotone between the Cerrado and Atlantic Forest biomes, two global hotspots for biodiversity conservation, and features areas of Semi-Deciduous Seasonal Forest and Cerrado *stricto sensu* strips. It is surrounded by monoculture plantations, pastures, small fragments of native vegetation and the Emborcação Hydroelectric Power Plant - UHE. During the work, the total amount of litter produced was 8.8 t.ha⁻¹/year, with the peak of litter input in the quarter between September and November (4.2 t.ha⁻¹), at the end of dry season. Litter deposition is similar to studies in Seasonal Deciduous Forest and Seasonal Semideciduous Forest. The decomposition rate (k) obtained for the litter was $k=0.012$, with the time to decomposition of 50% of the material estimated at 99 days. The data suggest that the high rates of litter decomposition (k) in the reference area may reflect the involuntary nutritional enrichment caused by agricultural activities in the surrounding matrix. The evaluated ecosystem parameters therefore demonstrate sensitivity to reflect environmental conditions that are not easily visualized and that can influence the progress of ecological restoration projects to be carried out in the nearby degraded area.

KEY WORDS

Litter, decomposition, deposition, Cerrado, Recovery of degraded areas, Litter bags.

1. INTRODUÇÃO

Até 2015, estimava-se que cerca de 30 % do solo mundial encontrava-se degradado e que 50 % dos solos latino-americanos sofriam algum tipo de degradação (FAO, 2015). Embora a erosão, a deterioração química e física do solo, ocorram em resposta à processos naturais, as atividades antrópicas têm amplificado as suas consequências. Como resultados, observam-se a expressiva perda de áreas agriculturáveis, o aumento de problemas relacionados à sedimentação, alterações das funções ecossistêmicas em bacias hidrográficas, incluindo balanços relevantes para o controle climático, a redução da biodiversidade e consequentemente, estoque genético (Jie et al., 2002). Em conjunto, as alterações decorrentes da degradação do solo afetam, de maneira preocupante, a provisão de recursos essenciais para a sobrevivência e qualidade de vida das populações humanas, deixando clara, portanto, a urgente demanda por ações de recuperação dos solos e dos ecossistemas como um todo nas próximas décadas (UN-*Environment Programme*, 2019).

A recuperação de áreas degradadas pode assumir diferentes objetivos e compromissos, que se refletem, consequentemente, em ampla variação de métodos, de tempo e recursos financeiros empregados. Dentre todas as possibilidades, a restauração ecológica é provavelmente a mais desafiadora, pois objetiva-se, por meio de ações assistidas, a restaurar todas as funcionalidades do ecossistema original, pré-distúrbio, de maneira a que retorne ao estado de autossustentabilidade e resiliência (SER 2004; Ruiz-Jaen e Aide 2005; Solomon et al. 2007).

Os desafios para a restauração iniciam-se então pela aquisição de informação sobre o ecossistema nativo que ocupava o local antes do distúrbio e sobre seu funcionamento. Essas informações são imprescindíveis, pois servem de referência tanto para guiar as ações a serem realizadas quanto para permitir a avaliação do grau de sucesso do empreendimento de restauração (SER 2004). Segundo a Sociedade Internacional de Restauração Ecológica (SER), áreas de referência selecionadas devem, preferencialmente, ocorrer perto da área degradada a ser restaurada e estar expostas a condições similares de distúrbios (Ruiz-Jaen e Aide 2005; Hernandez-Santin et al., 2021). Além disso, a escolha de mais de uma área de referência é indicada para que a variação inerente dos ecossistemas seja considerada. A inclusão de estudos em áreas de referência em projetos de restauração ecológica, entretanto, aumenta os custos do empreendimento, o que pode inibir ou inviabilizar a sua existência. No Brasil, a recuperação de áreas degradadas, com o objetivo de restaurar o ecossistema, é assimetricamente representada entre os biomas, sendo a Mata Atlântica o mais citado na literatura sobre o tema (Guerra

et al., 2020). Segundo esses autores, dos estudos realizados nesse bioma, apenas 31% fazem uso de áreas de referência.

Para além da possibilidade de se incluir áreas de referência nos projetos de restauração, outra questão importante é a definição dos parâmetros a serem avaliados como indicadores do seu funcionamento. A SER define um conjunto ideal de nove categorias de atributos ecossistêmicos, mas reconhece que tal abordagem exigiria, com raras exceções, somas de recursos financeiros e de tempo inviáveis (Ruiz-Jaen e Aide, 2005). A análise de 468 artigos publicados no periódico internacional *Restoration Ecology* entre 1993 e 2003 revelou que a grande maioria dos trabalhos apresenta dados representantes de três categorias a saber: biodiversidade, estrutura da vegetação e processos ecológicos (Ruiz-Jaen e Aide, 2005). Com enfoque mais realista a SER sugere então que os projetos de restauração ecológica se preocupem em acessar pelo menos duas variáveis dentro de cada uma dessas três categorias. Processos ecológicos, como ciclagem de nutrientes ou interações ecológicas, são os menos frequentes nos estudos, pois demoram mais tempo a ser restaurados que a diversidade e a estrutura da vegetação. Além disso, a mensuração é mais complexa, exigindo abordagens de múltiplos parâmetros, o que demanda mais tempo e custos para o projeto. Apesar das dificuldades levantadas, a SER recomenda fortemente a inclusão da avaliação de atributos de processos ecossistêmicos nas áreas em restauração e nas áreas de referência (SER2004).

Enquanto a importância da inclusão de áreas de referência em projetos de restauração ecológica é, atualmente, inquestionável, critérios para a seleção das áreas estão ainda em debate e podem variar em função dos objetivos da restauração (Hernandez-Santin et al., 2021). Há também outros pontos a serem considerados, por exemplo, para muitos ecossistemas, a restauração para um padrão histórico é anacrônica. O ambiente pode mudar com o tempo e, portanto, os alvos da restauração devem acompanhar tal mudança. Ecossistemas, mesmo do passado recente, podem ser insustentáveis em patamares atuais ou futuros de poluição atmosférica, ou climáticos (Kozovits e Bustamante, 2013). Além disso, as atividades humanas deixam legados ecológicos que podem ser difíceis ou impossíveis de substituir na restauração (Bullock et al, 2011). Em áreas onde, além da retirada da cobertura vegetal, os horizontes orgânicos do solo tenham sido também completamente retirados, como ocorre em áreas de mineração à céu aberto e de empréstimo para a construção de barragens hidrelétricas, a restauração ecológica para o ecossistema original pode ser severamente dificultada, devendo ações para a reconstrução dos parâmetros físicos, químicos e biológicos

do solo serem priorizadas (de Souza et. al, 2021). O tempo necessário para reconstrução do solo, entretanto, pode ultrapassar o tempo de vida de uma ou mais gerações de estudiosos, e então, pergunta-se, qual seria a melhor área de referência para a avaliação da trajetória do projeto de restauração iniciado? Além disso, ao longo desse período de tempo, o uso e a ocupação das áreas próximas podem ser drasticamente modificados, exercendo novos efeitos sobre a área em recuperação e sobre as áreas de referência.

2. JUSTIFICATIVA

A presente proposta faz parte de um projeto guarda-chuva financiado pela CEMIG que se destina a encontrar soluções inovadoras para superar os obstáculos que dificultam a restauração dos serviços ecossistêmicos de áreas de empréstimo de solo usado para a construção de barragens das hidroelétricas. O controle da erosão, assim como a recuperação dos fluxos biogeoquímicos, de nascentes e de níveis de lençol freático, entre outros inúmeros serviços ecossistêmicos de relevância para a CEMIG e para sociedade como um todo, além da demanda legal definida pela legislação vigente, são forças motrizes.

Em decorrência do crescimento da população e do modelo de desenvolvimento econômico vigente, observa-se crescente consumo de energia elétrica. No Brasil, as 217 Usinas Hidrelétricas (UHE) em operação são responsáveis por quase 70% da produção de energia elétrica (Morais, 2015). Após construção de UHE, às áreas adjacentes aos reservatórios artificiais tornam-se automaticamente APP (áreas de preservação permanentes) e medidas de recuperação e/ou restauração diante dos impactos ambientais são resguardadas pela legislação ambiental (Lei 12.651/2012). Entretanto, até o momento, a eficiência de métodos de recuperação de áreas cujo substrato exposto é o horizonte C, como é o caso da área foco desse estudo, é insatisfatória.

Sabe-se da carência, da importância e das dificuldades relacionadas à inclusão de estudos sobre funcionamento de áreas de referência em projetos de restauração de áreas degradadas (Ruiz-Jaen e Aide, 2005, Guerra et al. 2020, Hernandez-Santin et al., 2021). Além disso, a própria escolha das áreas de referência pode ser difícil, a depender de diversos fatores, entre eles, do uso da terra nas proximidades, e dos do grau de distúrbio na área degradada e dos objetivos da RAD. Este projeto propôs-se a caracterizar o funcionamento de fragmentos de ecossistemas de referência que circundam uma área degradada pelo empréstimo de solo para a construção da barragem da hidrelétrica de Emborcação entre Goiás e Minas Gerais. Espera-se que este estudo de caso traga elementos para contribuir com o debate atual sobre a importância e dificuldade de escolha das áreas de referência, levantando pontos de reflexão sobre o tema.

3. OBJETIVOS

O presente estudo objetivou-se a caracterizar o funcionamento de fragmentos de ecossistemas de referência que circundam uma área degradada pelo empréstimo de solo para a construção da barragem da hidrelétrica de Emborcação entre Goiás e Minas Gerais. Para isso foram avaliados processos ecossistêmicos relacionados à produtividade, ciclagem de nutrientes e formação de solos, como as taxas de produção e de decomposição de serapilheira. Dada às características dos fragmentos florestais de referência e do uso da terra ao seu redor, esse estudo de caso oferece oportunidade para contribuir com o debate atual sobre a importância e dificuldade de escolha das áreas de referência para projetos de restauração ecológica.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. ÁREA DE ESTUDOS

Este estudo foi realizado no distrito de Pedra Branca, em Catalão, Goiás (18°28'36.4"S e 47°59'05.1"W, Figura 1), em fragmentos florestais que margeiam uma área degradada para a construção da barragem da usina hidrelétrica de Emborcação (UHE) de onde foram removidos a vegetação e os horizontes A e B do solo em cerca de 220 ha. A área está inserida dentro do domínio dos Cerrados. Atualmente, a área degradada apresenta-se com o subsolo exposto e com escassez da vegetação, margeada por pequenos fragmentos florestais (áreas de referência), áreas de Cerrado *sensu stricto* (Mastela et al. 2019), monoculturas e pastagens (Figura 2). Em 2002, a CEMIG realizou um Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) na área de empréstimo, mas os resultados não foram satisfatórios, uma vez que 19 anos depois, apenas 10% das 35.000 mudas de espécies arbóreas plantadas sobreviveram e a erosão laminar continua evidente (de Souza, 2021).



Figura 1: Imagem de satélite da região onde está inserida a Usina Hidrelétrica Emborcação - UHE, destacando (seta) a área onde foi realizado o estudo, fragmento florestal onde foram coletados dados de serapilheira e adicionados as bolsas de decomposição (*litter bags*), adjacente à área degradada. Fonte: Adaptado de Google Maps 2021.

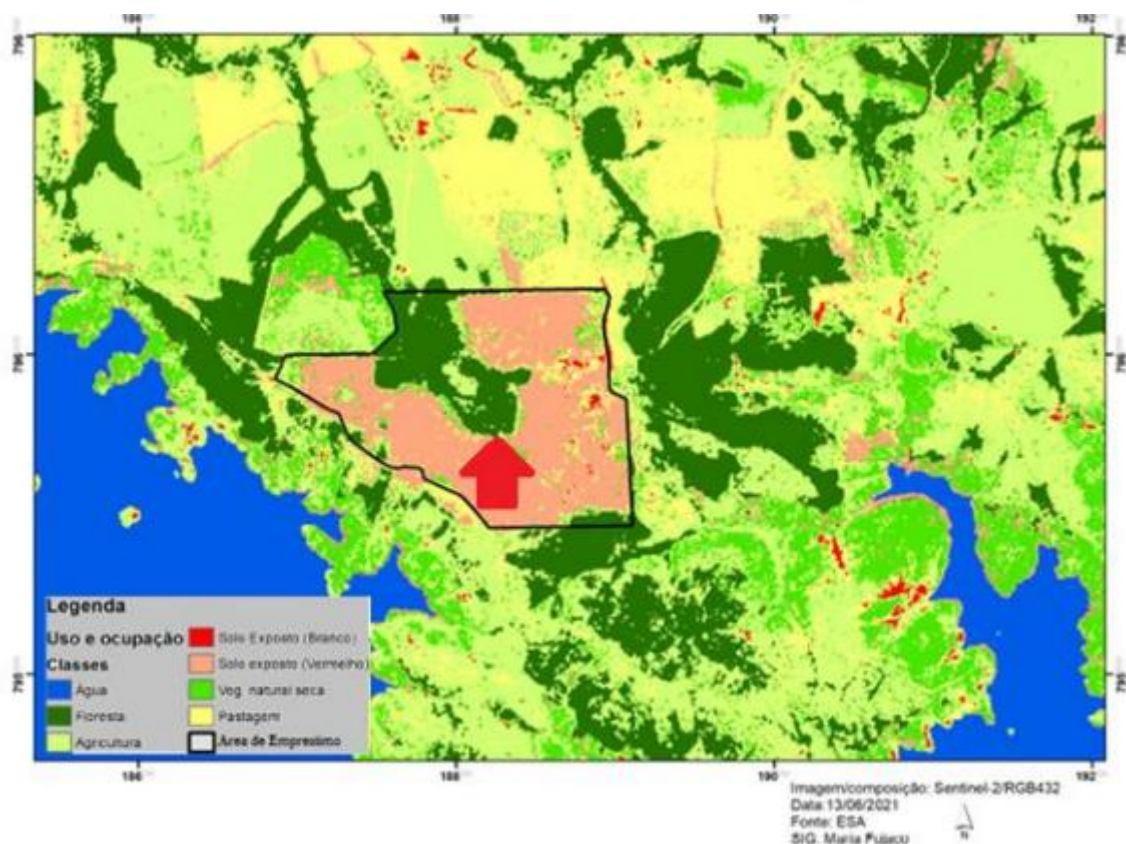


Figura 2: Imagem da área de estudo, região da Usina Hidrelétrica de Emborcação, destacando (seta) a região de fragmento florestal ao centro da demarcação preta utilizada no estudo e as vastas regiões de pastagem, agricultura e a usina que circundam a área de empréstimo. Fonte: Adaptado de Maria Augusta Fujaco (dados não publicados).

O fragmento de formação florestal central (indicado pela seta nas figuras 1 e 2) foi escolhido como área de referência devido à proximidade da área degradada e por estar imerso no mesmo contexto climático e de uso da terra ao redor, seguindo as sugestões da SER. Resultados dos estudos da equipe multidisciplinar demonstram que os solos do fragmento são caracterizados como argiloso e franco-argiloso, composto de 46,3% de argila de granulometria média de 0,12mm (de Souza et al. 2021).

A fitofisionomia do local está dentro do domínio do bioma Cerrado (PACUERA, 2014), cuja vegetação original é caracterizada por um ecótono de formações florestais semidecíduas (Mata Atlântica) e savânicas (Cerrado) (Mastella et al., 2019), dois hotspots mundiais para a conservação da biodiversidade (Myers et al., 2000), com dominância das espécies *Serjania marginta*; *Styrax camporum*; e *Roupala montana*, respectivamente, todas típicas do ecossistema Cerrado (Silveira, 2020), no caso da *Roupala montana* de ampla

distribuição no continente sul-americano. Segundo dados do Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno do Reservatório Artificial (PACUERA) da UHE Emborcação de 2014, destaca-se a presença de mamíferos de portes variados, como por exemplos, a espécie rara *Myrmecophaga tridactyla* e o gênero de primatas *Callithrix* amplamente difundido no Brasil. Há ainda dados de macrofauna presente na área conduzidos por Parreira (2020), a autora encontrou elevados valores de biomassa para as famílias de *Blattodea* (17.579,6 mg); *Hymenoptera* (4.630,6 mg); e *Orthoptera* (3.859,2 mg). Em estudo baseado em gêneros de solo, mais especificamente, com formigas conduzido por Coelho (2020), a autora observou 25 espécies distintas.

Os dados obtidos no site do Instituto Nacional Meteorológico (Inmet), estação Catalão-A034 (18°15' S 47°93' W), para o período do estudo, corroboram a classificação Aw de Köppen, clima tropical úmido e com a estação seca no inverno com temperaturas médias de 22,2°C, com chuvas concentradas no período do verão, e estação seca de abril a setembro, cuja precipitação média anual varia entre 1400 a 1600 (Figura 3) (Beck et al., 2018; Mastella et al., 2019). A precipitação pluviométrica anual durante o estudo foi de 1.467,2 mm (Figura 3), com maiores contribuições no período de dezembro-fevereiro (1.021,6 mm), semelhantes aos dados obtidos entre o mesmo período do ano anterior, e as menores entre maio-agosto (11 mm). A temperatura média registrada durante o estudo foi de 24,5°C, pouco acima da média anual da região (22°C). As maiores temperaturas médias foram registradas no trimestre de setembro-novembro (26,9°C) e as menores entre maio-agosto (21,5°C), (Figura 3).

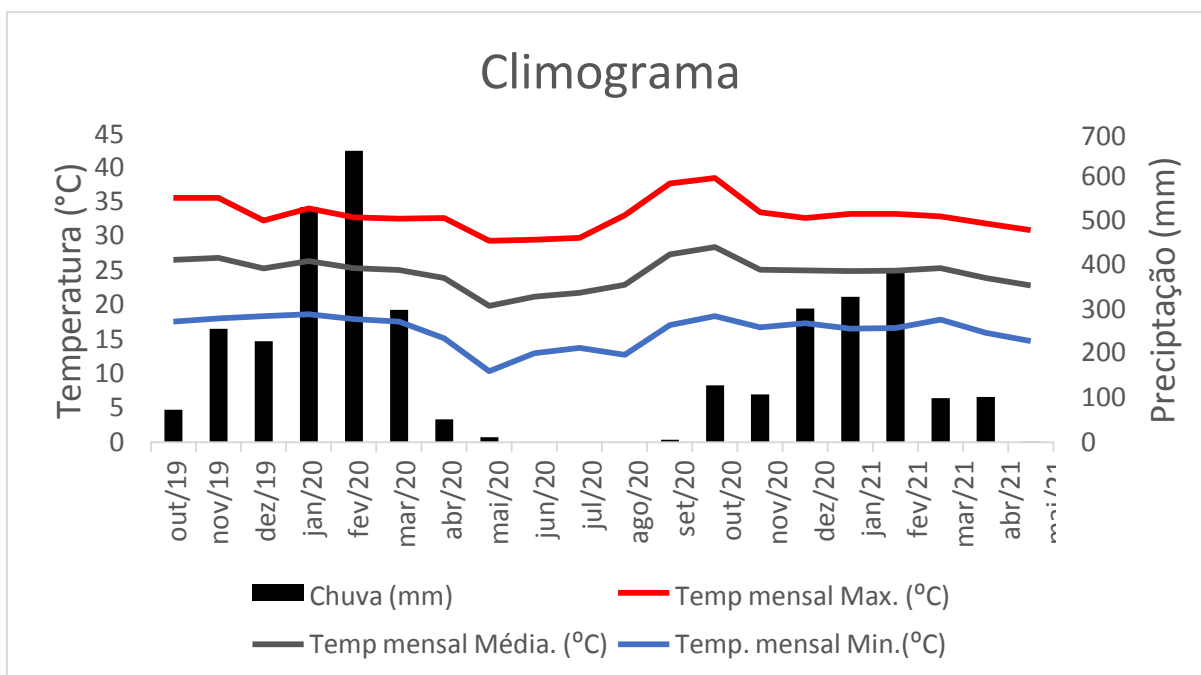


Figura 3: Climograma de outubro de 2019 à maio de 2021 para a região na qual se localiza a área de empréstimo no distrito de Pedra Branca, Catalão-GO. Os dados foram retirados do site do Instituto Nacional Meteorológico (Inmet), estação Catalão-A034 (18°15' S 47°93' W).

4.2. DESENHO AMOSTRAL

Para a mensuração da deposição de serapilheira, 15 coletores foram distribuídos em parcelas sorteadas dentro de três subáreas do fragmento florestal (Figuras 4 e 5). Os coletores de serapilheira foram montados com vergalhões de metal, com área de coleta de 1m² e tela sombrite de 70% (Figura 4). Eles foram instalados à 70cm acima do solo em maio de 2020, distribuídos igualmente, cinco coletores em cada, nas três áreas distintas e separadas entre si por no mínimo três metros (Figura 5). Estes dados foram coletados a cada três meses até maio de 2021.

Para o cálculo da taxa de decomposição (k) e meia vida da serapilheira, 60 bolsas de decomposição (*litter bags*) foram confeccionadas e distribuídas em parcelas sorteadas nas três subáreas do fragmento florestal. Os *litter bags* foram confeccionados em malha sombrite 50%, com 25cm². Cada *litter bag* foi preenchido com cinco gramas de folhas secas coletadas na área em agosto de 2019 e colocado nas parcelas levemente coberto com serapilheira local (Figura 6) em setembro de 2019.



Figura 4: Coletores de serapilheira nas áreas de fragmento florestal. A: Padronização da altura durante instalação. B: O mesmo coletor no local antes da retirada do material vegetal, esta durante a última coleta realizada em maio/2021. Fonte: Arquivo pessoal do autor



Figura 5: Imagem de satélite do fragmento florestal utilizado como área de referência, onde foram instalados os coletores de serapilheira e litter bags, mostrando as 3 áreas de coleta. Fonte: Adaptado de Google Maps 2021.



Figura 6: Bolsas de decomposição (litter bags) adicionadas as áreas de fragmento florestal. A: Bolsa de decomposição ainda no local antes de sua coleta. B: Bolsa de decomposição sendo desenterrada do local, ao observar o quadrante superior esquerdo é possível visualizar mais de um *litter bag*. Fonte: Arquivo pessoal do autor.

4.3. ANÁLISES DE DEPOSIÇÃO

A serapilheira total depositada em cada coletor na área de estudo foi coletada a cada três meses, transportada para o laboratório Ecofisiologia Vegetal da Universidade Federal de Ouro Preto onde foi seca em estufa de circulação a 40°C por 72 horas e pesada em balança de precisão.

A instalação dos coletores de deposição de serapilheira, foi realizado na primeira semana de maio de 2020, estas coletas aconteceram até maio de 2021, abrangendo as estações secas e chuvosas da região. O material de cada bolsa foi retirado, seco em estufa a 40°C por 72h e pesado. A serapilheira produzida e depositada sobre os coletores foi coletada trimestralmente a partir de julho de 2020 até maio de 2021. As amostras foram secas em estufa a 40°C por 72 horas e o peso seco determinado. A produtividade será expressa em biomassa seca produzida por t.ha⁻¹ por ano.

4.4. ANÁLISE DE DECOMPOSIÇÃO

Em setembro de 2019, cinco bolsas de decomposição foram acondicionadas por parcela experimental. Para a determinação da taxa de decomposição, a cada 60 dias uma bolsa foi retirada por parcela. O material do interior das bolsas foi primeiramente triado para a retirada de impurezas (partículas de solo, qualquer material diferente das folhas inicialmente colocadas) em peneira de 2mm, depois seco em estufa de circulação à 40°C por 72h e pesado em balança de precisão. A diferença entre o peso seco de cada uma das bolsas de

decomposição e o peso seco original de 5,0 g por período de tempo foi usada para o cálculo da taxa de decomposição. O coeficiente de decomposição (k), que expressa como a proporção da massa seca é perdida, foi calculado por meio da regressão de $\text{Ln}(X_{tn}/X_{t0})/t$, onde X_{t0} é o peso seco inicial, X_{tn} o peso seco após n unidades de tempo e t o tempo de decomposição (Olson, 1963). A meia-vida, ou seja, o tempo necessário para decomposição de 50% da serapilheira foi calculada por meio da expressão $t^{1/2}=\text{Ln}(2)/k$ (Rezende et al., 1997).

O cronograma das coletas dos *litter bags* foi alterado devido a pandemia do vírus SARS-CoV-2. Inicialmente, as coletas foram planejadas para ocorrer trimestralmente entre outubro de 2019 até agosto de 2020. Porém a terceira coleta (T3=186 dias) ocorreu com um espaçamento temporal maior que as demais, devido à dificuldade de transitar durante a pandemia.

5. RESULTADOS

Nos 12 meses de estudo realizado a deposição total da serapilheira coletada no fragmento florestal margeado pela área de empréstimo, monoculturas e pecuária, o qual usamos de área de referência, foi de $8,8 \text{ t.ha}^{-1}$ por ano, apresentando caráter sazonal e ininterrupto ao longo do ano. No trimestre entre setembro-novembro foram obtidos os maiores valores de deposição ($4,2 \text{ t.ha}^{-1}$) que correspondem a 47,8% da produção anual. Estas taxas sofreram gradativas reduções nos trimestres seguintes, atingindo os menores valores entre março-abril ($0,89 \text{ t.ha}^{-1}$). Entre maio-agosto, mais especificamente no final da estação seca, houve considerável aumento na produção ($2,1 \text{ t.ha}^{-1}$), que representa 23,5% da produção total (Figura7).

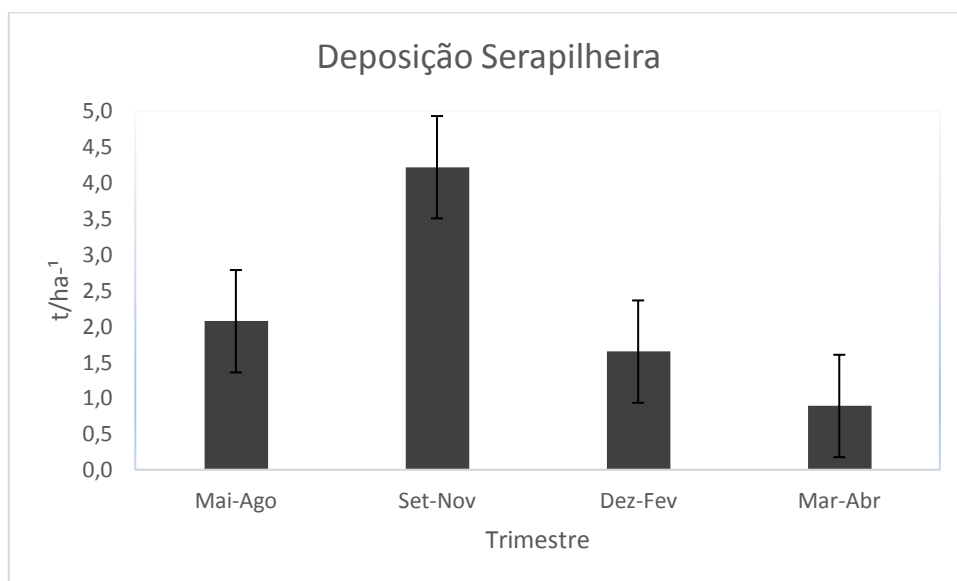


Figura 7: Deposição média trimestral (t.ha^{-1}) da serapilheira no fragmento florestal (área de referência) em contato com a área degradada pelo empréstimo de solo para a construção da barragem da UHE-Emborcação (dados obtidos entre maio/2020 e maio/2021).

Com relação à taxa de decomposição da serapilheira, maior perda de massa ocorreu durante os primeiros 90 dias de experimento, correspondente à 18,4% da massa inicial. Aos 186 e 215 dias de experimento, respectivamente 38,4% e 60,4% da massa seca inicial havia sido decomposta (Figura 8).

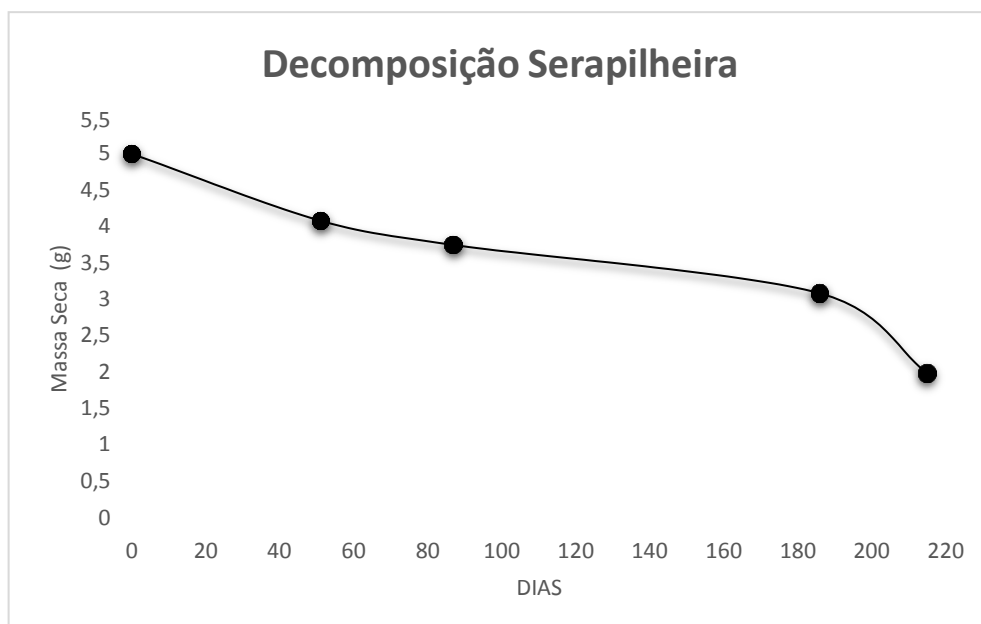


Figura 8: Massa seca de serapilheira (g), presente nos *litters bags* adicionados no fragmento florestal (área de referência) da área de estudo em Catalão-GO, ao longo dos 215 dias de experimento, entre outubro/2019 e agosto/2020.

A constante de decomposição (k) obtida foi de $k=0,012$, e o tempo médio para que ocorra a perda de 50% da massa seca de serapilheira inicial ($t^{1/2}$) foi estimado em 99 dias, uma decomposição rápida.

6. DISCUSSÃO

O valor médio de deposição da serapilheira obtido na área de referência, 8,83 t.ha⁻¹ por ano, confirma o comportamento esperado para formações florestais estacionais decíduais e semidecíduais no país (Tabela 1, apêndice). Por outro lado, os valores médios de taxa e decomposição e de meia-vida da serapilheira são significativamente mais elevados que o esperado para tais ecossistemas (Tabela 2, apêndice), aproximando-se mais de sistemas florestais manejados (Arato et al. 2003, Sanches et al. 2009, Menezes et al, 2020, Oliveira et al. 2020).

Ampla variação pode ser encontrada em parâmetros do funcionamento ecossistêmico relacionados à produtividade e ciclagem de nutrientes, como apresentado na breve revisão da literatura resumida nas tabelas do apêndice. Em áreas de Florestas Estacionais Semi- Decíduais a produção de serapilheira anual variou de 6,15 t.ha⁻¹ em Ouro Preto, Minas Gerais (Werneck et al 2001) a 10,64 t.ha⁻¹ em São Paulo, capital (Vital et al. 2004). Apesar da variação, que abarca inclusive formações florestais no extremo sul do país (Turchetto & De Oliveira Fortes 2014) e Matas de Galeria no Distrito Federal (Matos et al. 2017), os valores médios de produção de serapilheira nas formações florestais estacionais semidecíduais são, em geral, superiores aos registrados em fisionomias claramente savânicas, como as de Cerrado *sensu stricto*, cujos valores oscilam entre 1,51 t.ha⁻¹ (Kozovits et al. 2007) e 7,11 t.ha⁻¹ (Matos et al. 2017, Tabela 1 do apêndice).

Diversos fatores afetam a produtividade dos ecossistemas naturais, tais como os regimes climáticos, variações inter e intra- anuais na disponibilidade de água e nutrientes, temperatura, frequência e intensidade de distúrbios naturais e antrópicos (Clark et al. 2003; Cornwell et al. 2008; Slot e Kitajima 2015; Pau et al. 2018; e Silveira 2020), explicando a variação encontrada para um mesmo ecossistema ou tipo vegetacional que se distribui em ampla escala geográfica, como as Florestas Estacionais Semi-Decíduais. Além disso, diferenças dentro de uma mesma área, de um fragmento do ecossistema estudado, podem ocorrer em resposta à heterogeneidade espacial das condições edáficas e microclimáticas, que resultam em diversidade funcional dos organismos (Cornwell et al. 2008). Para minimizar tantas fontes de variação e aumentar a resolução dos dados, como recomendado pela SER, sempre que possível, áreas de referência devem ser selecionadas o mais próximo possível da área degradada a ser restaurada. Além disso, o pesquisador deve encontrar meios de coletar os dados de maneira representativa de toda a área de estudo, o que pode, muitas vezes, se tornar uma tarefa de alta complexidade, exigindo diferentes níveis de simplificação do sistema

estudado. Dada a natureza sazonal da produção de serapilheira em florestas estacionais e a dependência da variação do clima, estudos deveriam ocorrer em períodos de tempo para além de 12 meses a fim de captar parte da amplitude de variação interanual das respostas do ecossistema. No presente estudo, por exemplo, a temperatura média anual foi cerca de 2,5 graus acima da média histórica (cf. Materiais e Métodos). Sabe-se que o balanço de carbono de plantas é sensivelmente afetado pela temperatura. Em especial, nos trópicos, leve aumento pode levar a relevante queda na produtividade dos ecossistemas (Slot e Kitajima 2015, Pau et al. 2018), sendo responsável por grande parte da variação interanual (Clark et al. 2003). A complexidade de fatores que afetam a produtividade dos ecossistemas e a sua mensuração, sem dúvida, é uma das razões do baixo número de estudos de recuperação de áreas degradadas no Brasil que, além de fazerem uso de áreas de referência, apresentam dados de parâmetros funcionais dos ecossistemas (Guerra et al. 2020).

Se estudos de produtividade dos ecossistemas em áreas de referência, por meio da quantificação da deposição de serapilheira, são pouco representativos, ainda mais raros são aqueles que se dedicam à estimativa das taxas de decomposição (Guerra et al. 2020), adicionado mais uma etapa para o entendimento da ciclagem de nutrientes. Os valores médios de taxa de decomposição da serapilheira variaram amplamente. A constante de decomposição (k) variou de 0,0016 em Floresta Estacional Semi-Decidual Montana na Bahia (Pinto et al. 2016) a 1,17 em sistema agroflorestal em Viçosa (Arato et al. 2003) (Tabela 2, apêndice). Enquanto esse parâmetro oferece informação de interpretação mais complexa, partindo-se do pressuposto de um modelo estatístico (Olson, 1963), o tempo necessário para que 50% da massa seca da serapilheira seja perdida pelo processo da decomposição, o tempo de meia-vida, traz informação que pode expressar mais facilmente a velocidade com que a ciclagem de nutrientes está ocorrendo no sistema. Nesse estudo a meia vida da serapilheira da área de referência foi estimada em 99 dias, o que difere substancialmente das médias encontradas em florestas estacionais semidecíduais e outros ecossistemas savânicos no país (tabela 2, apêndice). Os valores mais próximos, ainda que consideravelmente mais elevados, foram relatados por Sanches et al. (2009), 129 dias em Floresta Tropical de Transição em Sinop, Mato Grosso, e por Menezes et al. (2020), em Linhares, Espírito Santo, em área de Floresta Estacional Semi-Decidual com 193 dias (Tabela 2).

A decomposição da serapilheira é afetada tanto pelo clima (em escala regional) como pelo microclima, pela qualidade da serapilheira e pela comunidade de decompositores em escala local (Cornwell et al. 2008). Assim como encontrado nos trabalhos

de Cianciaruso et al. (2006) e Pinto et al. (2016), a taxa de decomposição foi maior nos primeiros 90 dias de experimento, devido ao material foliar estar mais palatável para os detritívoros e a presença de carboidratos solúveis de maior velocidade de decomposição (Swift et al., 1979 e Songwe et al., 1995). Segundo Staaf (1987), o regime hídrico, a temperatura do ar e o ambiente microclimático em que a serapilheira está depositada, afetam as taxas de decomposição da mesma. Além disso, a precipitação neste período de 215 de experimento de decomposição, foi de 1.090,6 mm, colaborando assim com essa alta taxa de decomposição. Hierarquicamente, a qualidade química da serapilheira se sobrepõe aos demais fatores, explicando a maior parte da variação associada às taxas de decomposição dentro dos ecossistemas. Atributos foliares, por sua vez, são espécie-específicos e refletem estratégias de captação e uso de nutrientes em resposta à heterogeneidade microambiental de disponibilidade de nutrientes e água na área. Assim, alteração na disponibilidade de nutrientes, por exemplo, pode afetar a qualidade da serapilheira e, conseqüentemente, a taxa de decomposição (Vitouseck e Hobbie 2000, Kozovits et al. 2007). O valor estimado da meia-vida para a serapilheira na área de referência indica que esta é composta principalmente por folhas de fácil decomposição. Embora não tenham sido medidos, estima-se que as folhas possuam baixas razões C:N e C:P, e baixos conteúdos de lignina e polifenóis, atributos que aceleram a decomposição (Vitouseck e Hobbie 2000, Kozovits et al. 2007, Cornwell et al. 2008). Em Florestas Estacionais Semi- Deciduais, entretanto, a velocidade da decomposição da serapilheira é de 2 a 4 vezes menor que a estimada nesse estudo, sugerindo que a área de referência ocorra sobre solos naturalmente eutróficos, hipótese descartada (ver dados de solo, de Souza et al. 2021) ou, alternativamente, esteja sofrendo influências externas capazes de alterar a disponibilidade de nutrientes.

De fato, o fragmento florestal em estudo está imerso em matriz dominada por monoculturas de interesse agrícola e pastos locais (Figura 2). Para aumentar a produtividade agrícola, grandes quantidades de fósforo (P) e nitrogênio (N), além de outros elementos são adicionados ao sistema por meio de fertilizações (Dentener et al., 2006). Em resposta à fertilização e outros manejos do solo, aumenta-se a transferência de espécies nitrogenadas (NO_x, NH₃ e NO₃) do solo para a atmosfera (Filoso et al. 2006, Kozovits e Bustamante, 2013). Tais formas nitrogenadas podem ser transportadas a longas distâncias, sendo precipitadas com a chuva, provocando a fertilização involuntária de áreas nativas. Em estudo conduzido por 11 anos em região de Florestal Tropical do Panamá por Wright et al (2011), o qual avaliava as alterações provocadas as adições de NPK (nitrogênio, fósforo e potássio),

estes comumente utilizado por atividades agrícolas, os autores concluíram que, a adição de K e N juntos foi associada a aumentos significativos nas taxas de crescimento das plantas; e a adição de P foi associada a um aumento marginalmente significativo na produção de serapilheira. Quanto a fertilização do solo e sua interferência nas taxas de decomposição (k), Kwabiah et al. (1999) analisaram a resposta da mesma com adições de fertilizantes, estes concluíram que, as constantes de taxa de decomposição (k) de perda de massa da serapilheira e liberação de Nitrogênio (N) e Fósforo (P) variaram entre os regimes de fertilidade. Em estudo conduzido por Vitouseck e Hobbie (2000) em Florestas Montana no Havaí, os autores observaram que a decomposição da serapilheira com baixo teor de lignina aumenta substancialmente com a adição de Nitrogênio (N). Kozovits et al. (2007) observaram aceleração na perda da massa da serapilheira devido à adição de N e P em área de cerrado.

Os resultados desses estudos e de outros em todo o mundo sugerem que as altas taxas de decomposição da serapilheira na área de referência, podem refletir o enriquecimento nutricional involuntário causado pelas atividades agrícolas da matriz do entorno. A produção anual de serapilheira situa-se entre valores máximos e mínimos de outras áreas de Floresta Estacional Semi-Decidual no país, entretanto, pode também ter sido elevada em relação à períodos pretéritos, nos quais as atividades agrícolas não representavam a maior proporção do uso da terra na região. Se por um lado o fragmento de Floresta Estacional Semi-Decidual estudado difere substancialmente, em termos da ciclagem de nutrientes, de outros do mesmo tipo de ecossistema, adicionado mais um fator de variação e complexidade a ser considerado na busca de padrões de funcionamento ecossistêmicos, por outro, ele reflete as condições atuais locais que também afetarão a futura área a ser restaurada. Assim, seus valores médios de produção e decomposição de serapilheira são referências mais confiáveis para os projetos de restauração ecológica na área degradada adjacente que aqueles encontrados em outras áreas de Floresta Estacional Semi-Decidual imersas em matrizes de uso do solo diferentes. Além disso, seguindo a recomendação da SER, a escolha de pelo menos dois parâmetros relacionados à funcionalidade do ecossistema, neste caso, produção e decomposição de serapilheira, oferece informações não redundantes, que podem demonstrar níveis de sensibilidade e respostas diferentes às condições ambientais. Sugere-se que, se a oportunidade existir, tais resultados sejam futuramente examinados em conjunto com dados de fertilidade de solo, estoques e dinâmica de nutrientes no sistema, estrutura e composição da vegetação.

REFERÊNCIAS

- ARATO, Helga Dias; MARTINS, Sebastião Venâncio; FERRARI, Silvia Helena de Souza. Produção e decomposição de serapilheira em um sistema agroflorestal implantado para recuperação de área degradada em Viçosa-MG. **Revista Árvore**, v. 27, p. 715-721, 2003.
- BRASIL. Presidência da República. LEI Nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012. Brasília, DF, 2012.
- BECK, Hylke E. et al. Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. **Scientific data**, v. 5, n. 1, p. 1-12, 2018.
- BULLOCK, James M. et al. Restoration of ecosystem services and biodiversity: conflicts and opportunities. **Trends in ecology & evolution**, v. 26, n. 10, p. 541-549, 2011.
- CIANCIARUSO, Marcus Vinicius et al. Produção de serapilheira e decomposição do material foliar em um cerradão na Estação Ecológica de Jataí, município de Luiz Antônio, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, p. 49-59, 2006.
- CLARK, David A. et al. Tropical rain forest tree growth and atmospheric carbon dynamics linked to interannual temperature variation during 1984–2000. **Proceedings of the national academy of sciences**, v. 100, n. 10, p. 5852-5857, 2003.
- COELHO, P. G. L. Impactos da degradação do solo em rede de interações formiga-diásporo em uma área de Cerrado. 2020. 57 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2020.
- CORNWELL, William K. et al. Plant species traits are the predominant control on litter decomposition rates within biomes worldwide. **Ecology letters**, v. 11, n. 10, p. 1065- 1071, 2008.
- DE SOUZA, Yuri A. Figueiredo; LEITE, Mariangela GP; FUJACO, Maria AG. A hydroelectric dam borrow pit rehabilitation. Two decades after the project, what went wrong?. **Journal of Environmental Management**, v. 293, p. 112850, 2021.
- DENTENER, Frank et al. Nitrogen and sulfur deposition on regional and global scales: A multimodel evaluation. **Global biogeochemical cycles**, v. 20, n. 4, 2006.
- FAO, ITPS. Status of the world's soil resources (SWSR)–main report. **Food and agriculture organization of the United Nations and intergovernmental technical panel on soils, Rome, Italy**, v. 650, 2015.

FILOSO, Solange et al. Human activities changing the nitrogen cycle in Brazil. In: **Nitrogen Cycling in the Americas: Natural and Anthropogenic Influences and Controls**. Springer, Dordrecht, 2006. p. 61-89.

GIÁCOMO, Rômulo Guimarães; PEREIRA, Marcos Gervasio; MACHADO, Deivid Lopes. APORTE E DECOMPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA EM ÁREAS DE CERRADÃO E MATA MESOFÍTICA NA ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE PIRAPITINGA-MG1. **Ciência Florestal**, v. 22, p. 669-680, 2012.

GUERRA, Angélica et al. Ecological restoration in Brazilian biomes: identifying advances and gaps. **Forest ecology and Management**, v. 458, p. 117802, 2020.

HERNANDEZ-SANTIN, Lorna et al. Reference site selection protocols for mine site ecosystem restoration. **Restoration Ecology**, v. 29, n. 1, p. e13278, 2021.

HINKEL, Rudnei; PANITZ, Clarice MN. Estudo comparativo da produção de serapilheira de uma área de Mata Atlântica e de um povoamento de *Pinus elliottii* Engelm. Var. *elliottii* na Ilha de Santa Catarina, Brasil. **Biotemas**, v. 12, n. 1, p. 67-93, 1999.

JIE, Chen et al. Soil degradation: a global problem endangering sustainable development. **Journal of Geographical Sciences**, v. 12, n. 2, p. 243-252, 2002.

KWABIAH, A. B. et al. Inorganic fertilizer enrichment of soil: effect on decomposition of plant litter under subhumid tropical conditions. **Biology and Fertility of Soils**, v. 30, n. 3, p. 224-231, 1999.

KOZOVITS, A. R. et al. Nutrient resorption and patterns of litter production and decomposition in a Neotropical Savanna. **Functional Ecology**, v. 21, n. 6, p. 1034-1043, 2007.

KOZOVITS, Alessandra R.; BUSTAMANTE, Mercedes MC. Land use change, air pollution and climate change—vegetation response in Latin America. In: **Developments in Environmental Science**. Elsevier, 2013. p. 411-427.

MASTELLA, Alexandre Dal Forno et al. Classificação do Estado de Goiás e do Distrito Federal segundo o Sistema de Zonas de Vida de Holdridge (Classification of Goiás State and the Federal District according to the Holdridge Life Zones System). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 2, p. 443-456, 2019.

MATOS, Nickolas Mendes et al. Estoque de serapilheira em três fisionomias no Cerrado do Distrito Federal. **Floresta e Ambiente**, v. 24, 2017.

MENEZES, Luis Fernando Tavares de et al. Different Patterns Of Nutrient Cycling In Contiguous Phytophysiognomies Of Atlantic Forest, Brazil. **Floresta e Ambiente**, v. 27, 2020.

MYERS, Norman et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853-858, 2000.

MORAIS, Luciano Cardoso de. Estudo sobre o panorama da energia elétrica no Brasil e tendências futuras. 2015.

OLIVEIRA, Ariane Miranda de et al. Decomposição da serapilheira foliar em plantios de bambu, nim indiano e eucalipto. **Ciência Florestal**, v. 30, p. 845-855, 2020.

OLSON, Jerry S. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. **Ecology**, v. 44, n. 2, p. 322-331, 1963.

Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno do Reservatório Artificial (PACUERA) da UHE Emborcação, Belo Horizonte – MG. Janeiro de 2014

PARREIRA, Beatriz de Vilhena. Efeitos da transposição de Topsoil na diversidade taxonômica e funcional da macrofauna e sua correlação com o solo em uma área degradada de cerrado. 2020. 64 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Biomas Tropicais) - Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2020.

PAU, Stephanie et al. Tropical forest temperature thresholds for gross primary productivity. **Ecosphere**, v. 9, n. 7, p. e02311, 2018.

PEREIRA, Guilherme Henrique Almeida et al. Decomposição da serrapilheira, diversidade e funcionalidade de invertebrados do solo em um fragmento de Floresta Atlântica. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 5, 2013.

PIMENTA, José Antonio et al. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de um reflorestamento e de uma floresta estacional semidecidual no sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 25, p. 53-57, 2011.

PINTO, Heloísa Cintra Alves et al. Decomposição da serapilheira foliar de floresta nativa e plantios de *Pterogyne nitens* e *Eucalyptus urophylla* no Sudoeste da Bahia. **Ciência Florestal**, v. 26, p. 1141-1153, 2016.

REZENDE, JLP et al. Decomposição de folhas de *Dalbergia nigra* e de *Eucalyptus grandis* incubadas em terra de mata e de eucaliptal. **SIMPÓSIO NACIONAL DE**

RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS: DO SUBSTRATO AO SOLO, v. 3, p. 136-143, 1997.

RUIZ-JAEN, Maria C.; MITCHELL AIDE, T. Restoration success: how is it being measured?. **Restoration ecology**, v. 13, n. 3, p. 569-577, 2005.

SANCHES, Luciana et al. Dinâmica sazonal da produção e decomposição de serrapilheira em floresta tropical de transição. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, p. 183-189, 2009.

SER- Sociedade Internacional de Restauração Ecológica (2004). Padrões Internacionais Para a Prática da Restauração Ecológica – Incluindo Princípios e Conceitos Chaves. In: https://cdn.ymaws.com/www.ser.org/resource/resmgr/custompages/publications/ser_publications/SER_Standards_Portuguese.pdf. Acesso em Julho de 2021.

SILVA, Carlos José da et al. Produção de serrapilheira no Cerrado e Floresta de transição Amazônia-Cerrado do centro-oeste brasileiro. **Acta Amazonica**, v. 37, p. 543-548, 2007.

SILVEIRA, Bárbara Rúbia. Transposição de solo de mata cria núcleos de vegetação pioneira de cerrado em área de empréstimo. 2020.

SLOT, Martijn; KITAJIMA, Kaoru. Whole-plant respiration and its temperature sensitivity during progressive carbon starvation. **Functional Plant Biology**, v. 42, n. 6, p. 579-588, 2015.

SOLOMON, Susan et al. **Climate change 2007-the physical science basis: Working group I contribution to the fourth assessment report of the IPCC**. Cambridge university press, 2007.

SONGWE, Nicholas C.; OKALI, D. U. U.; FASEHUN, F. E. Litter decomposition and nutrient release in a tropical rainforest, Southern Bakundu Forest Reserve, Cameroon. **Journal of Tropical Ecology**, v. 11, n. 3, p. 333-350, 1995.

STAAF, H. Foliage litter turnover and earthworm populations in three beech forests of contrasting soil and vegetation types. **Oecologia**, v. 72, n. 1, p. 58-64, 1987.

SWIFT, Michael John et al. **Decomposition in terrestrial ecosystems**. Univ of California Press, 1979.

TURCHETTO, Felipe; DE OLIVEIRA FORTES, Fabiano. Aporte e decomposição de serrapilheira em Floresta Estacional Decidual na região do Alto Uruguai, RS. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 34, n. 80, p. 391-397, 2014.

UN Environment Programme (2019) New UN Decade on Ecosystem Restoration offers unparalleled opportunity for job creation, food security and addressing climate change. In: UNEP - UN Environ. Programme. <http://www.unenvironment.org/news-and-stories/pressrelease/new-un-decade-ecosystem-restoration-offers-unparalleled-opportunity>.

Acesso em Julho de 2021.

VALIM, Eduardo André Ribeiro; NALINI JR, Hermínio Arias; KOZOVITS, Alessandra Rodrigues. Litterfall dynamics in a iron-rich rock outcrop complex in the southeastern portion of the Iron Quadrangle of Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 27, n. 2, p. 286-293, 2013.

VITAL, Ana Rosa Tundis et al. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. **Revista Árvore**, v. 28, p. 793-800, 2004.

VITOUSEK, Peter M.; HOBBIIE, Sarah. Heterotrophic nitrogen fixation in decomposing litter: patterns and regulation. **Ecology**, v. 81, n. 9, p. 2366-2376, 2000.

WERNECK, MÁRCIO DE SOUZA; PEDRALLI, GILBERTO; GIESEKE, LETÍCIA FARAH. Produção de serapilheira em três trechos de uma floresta semidecídua com diferentes graus de perturbação na Estação Ecológica do Tripuí, Ouro Preto, MG. **Brazilian Journal of Botany**, v. 24, p. 195-198, 2001.

WRIGHT, S. Joseph et al. Potassium, phosphorus, or nitrogen limit root allocation, tree growth, or litter production in a lowland tropical forest. **Ecology**, v. 92, n. 8, p. 1616- 1625, 2011.

APÊNDICE

Tabela 1: Valores médios de aporte anual de serapilheira estimados em algumas fitofisionomias no Brasil, incluindo o presente estudo (em negrito). Os valores dos demais estudos foram retirados de publicações em periódicos científicos, cujas referências são citadas.

Autor	Ano	Fitofisionomia	Local	Valor
Vital et al.	2004	Floresta Estacional Semi-Decidual	São Paulo-SP	10,64 t.ha-1
Matos et al.	2017	Mata de Galeria	Distrito Federal-BR	9,36 t.ha-1
Este estudo	2021	Floresta Estacional Semi-Decidual	Catalão-GO	8,83 t.ha-1
Pimenta et al.	2011	Floresta Estacional Semi-Decidual	Londrina-PR	8,21 t.ha-1
Turchetto & De Oliveira Fortes	2014	Floresta Estacional Decidual	Alto Uruguai-RS	7,14 t.ha-1
Matos et al.	2017	Cerrado Típico	Distrito Federal-BR	7.11 t.ha-1
Silva et al.	2007	Floresta de Transição	Nova Xavantina-MT	6,57 t.ha-1
Paiva et al.	2011	Cerrado <i>sensu stricto</i>	Curvelo-MG	6,46 t.ha-1
Hinkel & Panitz	1999	Mata Atlântica	Santa Catarina-RS	6,37 t.ha-1
Werneck et al.	2001	Floresta Estacional Semi-Decidual	Ouro Preto-MG	6,15 t.ha-1
Matos et al.	2017	Cerrado Típico	Distrito Federal-BR	6,08 t.ha-1
Cianciaruso et al.	2006	Cerradão	São Paulo -SP	5,65 t.ha-1
Valim et al.	2012	Floresta Semi-decidual	Ouro Preto-MG	4,40 t.ha-1
Giácomo et al.	2012	Cerradão	Pirapitiniga-MG	2,50 t.ha-1
Kozovits et al.	2007	Cerrado <i>sensu stricto</i>	Brasilia-DF	1,51 t.ha-1
Silva et al.	2007	Cerradão	Nova Xavantina-MT	1,05 t.ha-1

Tabela 2: Taxa média de decomposição (k) da serapilheira e tempo médio de decomposição de 50% da massa seca de serapilheira foliar ($T^{1/2}$) em algumas fitofisionomias no Brasil, incluindo valores estimados no presente estudo (em negrito). Os valores dos demais estudos foram retirados de publicações em periódicos científicos, cujas referências são citadas.

Autor	Ano	Fitofisionomia	Local	(k)	$T^{1/2}$
Cianciaruso et al.	2006	Cerradão	Luiz Antônio-SP	0,56	657 dias
Pinto et al.	2016	Floresta Estacional Semi-Decidual Montana	Vitória da Conquista-BA	0,002	433 dias
Oliveira et al.	2020	Floresta Estacional Semi-Decidual Montana	Vitória da Conquista-BA	0,002	365 dias
Pereira et al.	2013	Mata Atlântica	Pinheiral-RJ	0,003	216 dias
Arato et al.	2003	Agrofloresta	Viçosa-MG	1,17	215 dias
Menezes et al.	2020	Floresta Estacional Semi-Decidual	Linhares-ES	0,004	193 dias
Sanches et al.	2009	Floresta Tropical de Transição	Sinop-MT	0,044	129 dias
<i>Este estudo</i>	<i>2021</i>	<i>Floresta Estacional Semi-Decidual</i>	<i>Catalão-GO</i>	<i>0,012</i>	<i>99 dias</i>