



Universidade Federal
de São João del-Rei
Programa de Pós-Graduação em Geografia

WINKLER JOSÉ PINTO

**QUALIDADE AMBIENTAL EM PLANTAÇÕES DE *EUCALYPTUS*
SPP. DETERMINADA A PARTIR DE PROCESSOS FUNCIONAIS
DA SERAPILHEIRA**

SÃO JOÃO DEL-REI
2021

WINKLER JOSÉ PINTO

**QUALIDADE AMBIENTAL EM PLANTAÇÕES DE *EUCALYPTUS*
SPP. DETERMINADA PELA ESTRUTURA FUNCIONAL DA
SERAPILHEIRA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de São João del-Rei, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de concentração: Geografia

Linha de pesquisa: Dinâmica das Paisagens Tropicais

Orientador: André Batista de Negreiros

SÃO JOÃO DEL-REI
2021

À Terezinha de Jesus Silva in memoriam.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Francisco Régis Pinto e Maria Aparecida Florindo Pinto, por todo suporte ao longo da minha vida e pelo apoio incondicional à minha pesquisa desde os tempos da graduação.

À Jéssica Xavier, por todo amor, paciência, companheirismo e incentivo, permanecendo ao meu lado durante toda minha jornada acadêmica, sempre me apoiando e me encorajando nos momentos mais difíceis.

A todos os meus familiares, em especial meus irmãos Wayne, Winter e Wesley.

Ao professor Dr. André Batista de Negreiros, meu orientador desde os tempos de graduação, que além de um orientador se tornou um grande amigo, sem a sua orientação não seria possível a realização desta pesquisa.

Aos professores Dr. Björn Gücker e Dr.^a Iola Boechat, membros da banca de qualificação, que fizeram contribuições importantíssimas para o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos professores membros da banca de defesa da dissertação, Dr. Achilles Chirol e Dr. Fábio de Oliveira, pelas reflexões e sugestões, que com toda certeza enriqueceram bastante as discussões propostas nesta dissertação.

A todos os professores e demais funcionários do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de São João del-Rei.

Ao meu grande amigo João Henrique Castro, um irmão que a vida me deu, que me apoiou durante toda minha jornada, me incentivou, e me ensinou a correr atrás dos meus objetivos, aprendi muito vendo o esforço desse garoto.

Aos meus companheiros de república, Julio Costa, Gustavo Pyra e Júlio Gallícia, amigos que fizeram parte de grandes momentos da minha vida, e que me incentivaram durante o percurso traçado na graduação e pós-graduação.

Aos meus irmãos Ricardo Morais e Diego Tadeu, amigos que me acolheram em São João del-Rei, me socorreram inúmeras vezes, me apoiaram e sempre estiveram ao meu lado na minha jornada na Cidade dos Sinos.

À todas as amizades construídas em São João del-Rei, em especial ao Felipe Rosa, Jonas Maciel, Eduardo Mendonça, Pablo Henrique, Mateus Henrique, João Silveira, Cristian Morais, Thiago Longatti, Renato Silveira.

A todos os meus companheiros de curso no Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de São João del-Rei, em especial ao Lucas Rodrigues, que se tornou um grande amigo.

Aos amigos do Labhidro.

Ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), e a todos os funcionários da Floresta Nacional de Ritópolis, que autorizaram a realização da pesquisa dentro da área da Flona, e sempre foram muito receptivos comigo e me deram todo suporte necessário para minha pesquisa.

À Estação de Tratamento de Esgoto da COPASA e todos os seus funcionários, por permitirem a realização de parte da pesquisa dentro da sua área.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento da Pós-Graduação, e à Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ) pela concessão da bolsa de estudos.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização desta pesquisa.

RESUMO

Transformações nas paisagens naturais do planeta causam impactos negativos nos ecossistemas. As intensas ações antrópicas aceleram as perturbações dos habitats. Dentre estas, inclui-se a atividade da monocultura, que sob a ótica da geoecologia, age como um fator de redução da biodiversidade. Neste contexto, análises relacionadas aos processos responsáveis sobre o funcionamento dos ecossistemas, surgem como alternativa para avaliar os níveis de perturbações nos ambientes. Desta forma, o principal objetivo do estudo foi avaliar e comparar a qualidade ambiental entre áreas de cultivo de *Eucalyptus spp.* e áreas de vegetação heterogênea, através de análises sobre a estrutura funcional da serapilheira foliar, devido às suas funções exercidas nos ecossistemas. Para tal, foram utilizadas três áreas de eucaliptais situadas no município de São João del-Rei - MG, e uma área controle composta por vegetação heterogênea, localizada na Floresta Nacional de Ritópolis (FNR). Nestas áreas, foram realizadas mensurações sobre a perda de massa da serapilheira foliar, testes de capacidade de retenção hídrica (CRH), mensuração da concentração dos macronutrientes, micronutrientes e das frações orgânicas na serapilheira, além de análises químicas e físicas do topo dos solos. Foram testadas às seguintes hipóteses: (1) as amostras de *Eucalyptus spp.*, apresentariam menores taxas de decomposição da serapilheira foliar, menor CRH, assim como solos e serapilheira com qualidade nutricional mais baixa, em comparação com as amostras provenientes da área controle (efeito espécie-específico); (2) os materiais amostrados, apresentariam menores taxas de decomposição quando depositados nas áreas de eucaliptais (efeito do ambiente); (3) as taxas de decomposição e retenção hídrica da serapilheira estariam estatisticamente relacionadas às características físicas e químicas do topo do solo e do material vegetal amostrado; (4) e seria estabelecida relação entre os efeitos específicos das espécies e do ambiente sobre a decomposição e a CRH das amostras de serapilheira. Na FNR (área controle), as amostras de serapilheira provenientes desta área apresentaram coeficiente de decomposição (k) ($k = 0,78; 0,82; 0,87$), significativamente maiores que os das amostras de *Eucalyptus spp.* ($k = 0,62; 0,57; 0,58$). Ocorrendo da mesma forma com as amostras depositadas nas áreas de eucaliptais, com as espécies da área controle ($k = 0,51; 0,52; 0,55$), apresentando maior coeficiente de decomposição em relação às amostras de *Eucalyptus spp.* ($k = 0,47; 0,48; 0,50$). Para a CRH, amostras provenientes da área controle apontou valor médio igual a 260%, que foi significativamente maior que o apontado pelas amostras das áreas de eucaliptais, que apresentou valor médio igual a 112%. O material foliar coletado na área controle apresentou valor médio significativamente maior para a concentração de N, Mg, S, Cu e Fe, em

comparação às amostras de *Eucalyptus spp.* Em contra partida, para a concentração de ligninas e polifenóis, as amostras provenientes das áreas de eucaliptais apresentaram valores significativamente maiores (Teste t- de Student, $p < 0,05$). Os resultados obtidos, apontaram para forte correlação estatística entre as concentrações de N, Mg, S, lignina e polifenóis, no material foliar e os processos ecossistêmicos avaliados (Correlação de Pearson, $p < 0,01$). O topo dos solos das áreas amostrais são ácidos e distróficos, apresentando baixo valor para a soma de bases trocáveis (SB), e índice de saturação de bases (V). Os solos da área controle apresentaram alta saturação de alumínio ($m > 50\%$). Enquanto os solos das áreas de eucaliptais apresentaram baixa saturação de alumínio ($m < 50\%$). Os solos da área controle apresentaram alto valor para a taxa de fósforo remanescente no solo (P-rem). Quanto às características físicas do topo do solo, as amostras da área controle apresentaram textura arenosa, e das áreas eucaliptais, textura argilosa. A área controle apresentou predominância de agregados dos solos maiores que 2 mm. As taxas de decomposição e CRH, foram influenciadas pela composição da serapilheira, vista a correlação estatística entre as variáveis. Foi também apontada uma relação estatística, de interação somatória, entre a composição do material vegetal e a qualidade do ambiente (*Two-way ANOVA*, $p < 0,01$). Em suma, a decomposição da serapilheira de *Eucalyptus spp.* corroborou um padrão apresentado pela literatura, demonstrando uma lenta decomposição, fortemente ligada à sua composição química. As análises realizadas neste estudo demonstraram ser eficazes para o entendimento do funcionamento dos ecossistemas florestais. Indicou que os ecossistemas em áreas de menor intervenção antrópica apresentam funcionamento mais eficiente. Destacando a importância da proteção dos ambientes que apresentam maiores diversidades de espécies de fauna e flora. De maneira que se torna essencial pensar em um manejo ambiental menos predatório, visando não prejudicar o funcionamento dos ecossistemas, para que não sejam gerados futuros problemas relacionados à falta de recursos essenciais para a sociedade.

Palavras-Chave: Processos Ecossistêmicos; Decomposição da Serapilheira; Retenção Hídrica da Serapilheira; Qualidade nutricional da serapilheira; Processos funcionais da serapilheira.

ABSTRACT

Transformations in the planet's natural landscapes impact negatively the ecosystems. Intense anthropic actions accelerate habitats perturbances. Among these, it includes the activity of monoculture, which under the perspective of geocology act as a factor in reducing biodiversity. In this context, analyzes related to the processes responsible for the functioning of ecosystems, appear as an alternative to assess the levels of disturbances in the environments. Thus, the main objective of the study was to evaluate and compare the environmental quality between areas of *Eucalyptus spp.* plantations and heterogeneous vegetation areas, through analysis of a functional structure of leaf litter, due to their functions exercised in ecosystems. To this, were used three eucalyptus areas located in the municipality of São João del-Rei-MG, and a control area composed of heterogeneous vegetation, located in the Ritópolis National Forest. In these areas, were measurements the leaf litter mass loss, water retention capacity (WRC) tests, measurement of concentration macronutrient (N, P, K, Ca, Mg, S), micronutrients (B, Cu, Mn, Zn, Fe) and organic fractions (lignin, cellulose and polyphenols) in the litter, in addition to analyzes physics and chemicals of the topsoils. The following hypotheses were tested: (1) The samples of *Eucalyptus ssp.*, They would present lower rates of leaf litter decomposition, lower WRC, as well as topsoils and litter with lower nutritional quality, in comparison with as derived from the control area (effect species-specific); (2) the sampled materials would present lower decomposition rates when deposited at areas eucalyptus plantations (effect of the environment); (3) the litter decomposition and water retention rates would be statistically related to the physical and chemical characteristics of topsoils and the sampled leaf litter; (4) would be established a relationship between effects species-specific and environmental effects on litter decomposition and WRC. In the control area, the litter from this area presented decomposition coefficient (k) (k = 0.78; 0.82; 0.87), a greater significantly than that of *Eucalyptus spp.* (k = 0.62; 0.57; 0.58). Occurring in the same way with the samples deposited in the eucalyptus areas, with the species the of control area (k = 0.51; 0.52; 0.55), greater presenting decomposition coefficient in relation to the species of *Eucalyptus spp.* (k = 0.47; 0.48; 0.50) (Student's t-test, p <0.05). For the WCR, the samples from the control area, they indicated values between 161% and 339%, with an average value equal to 260%. These values being higher than the eucalyptus areas, which varied between 72% and 156%, appointing an average value equal to 112% (Student's t-test, p <0.05). Regarding the characteristics chemicals of the samples, the material collected in the control area presented a greater average value for the concentration of N, Mg, S, Cu and Fe, in comparison to samples of *Eucalyptus*. As for the lignin and polyphenols, the samples of the eucalyptus area

presenting greater concentration (Student's t-test, $p < 0.05$). The results obtained showed a strong correlation statistic between the concentrations of N, Mg, S, lignin, and polyphenols in the leaf material and the ecosystem processes analyzed (Pearson's correlation, $p < 0.01$). The topsoils in the sample areas are acidic and dystrophic, low value for the sum of exchangeable bases, and base saturation index. The soils in the control area presence of high aluminum saturation ($m > 50\%$). As of the soils of the eucalyptus areas appointed low aluminum saturation ($m < 50\%$). The topsoils of the control area high value for the rate of phosphorus remaining in the soil (P-rem). As for the physical characteristics of the topsoils, the samples of control area presence sandy texture, and of the eucalyptus areas, clay texture. The control area presented a predominance of soil aggregates greater than 2 mm. The decomposition rates and CRH were influenced by the composition of the litter, considering the statistical correlation between the variables. It was also pointed out a statistical relationship, of summation interaction, between the composition of plant material and the quality of the environment at the determination of the ecosystem processes analyzed (Two-way ANOVA, $p < 0.01$). In short, the decomposition of the litter of *Eucalyptus* spp. corroborated a pattern presented by the literature, demonstrating a slow decomposition, strongly linked to its chemical composition. The analyzes carried out in this study proved to be useful for the functioning of forest ecosystems. He indicated that ecosystems in areas with lower human intervention have more efficient acting. Highlighting the importance of protecting environments that present greater diversity of fauna and flora species. So that is becomes essential to think about a less predatory environmental management, not to harm the functioning of ecosystems, so that future problem related to the lack of essential resources for the society are not generated.

Keywords: Ecosystem Processes; Litter decomposition; Litter Water Retention; Nutritional Quality of Litter; Functional Processes of Litter.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo, contendo as áreas de eucaliptais e a área controle.....	36
Figura 2: Precipitação pluvial e temperatura, durante o período de estudos... 39	
Figura 3: A - Modelo de <i>litter bag</i> utilizado na pesquisa. B – Os <i>litter bags</i> sendo utilizados em campo.....	40
Figura 4: Processo de triagem do material amostral.	42
Figura 5: Procedimentos laboratoriais realizados para a obtenção da CRH. ..	43
Figura 6: Procedimentos realizados para a coleta de amostras do solo.	45
Figura 7: Média do percentual de material foliar remanescente nos <i>litter bags</i> , ao longo do período de duração do experimento. O gráfico apresenta a perda de massa das amostras de serapilheira alocadas em sua própria área de origem, assim como nas áreas cruzadas.	48
Figura 8: Amostras de serapilheira de <i>Eucalyptus spp.</i> , com o mesmo período de decomposição (6 meses), alocadas nas distintas áreas experimentais. A amostra “A” foi depositada na área controle, enquanto a “B” foi alocada em área de eucaliptais.	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Características químicas do <i>Topsoil</i> , na profundidade de 0 - 40 cm. Valores entre parênteses são relativos ao desvio padrão.	46
Tabela 2: Valores do coeficiente de decomposição (k), após 360 dias de experimento, e tempo de meia-vida para a decomposição das espécies avaliadas, depositadas nas distintas áreas experimentais.	50
Tabela 3: Coeficiente de decomposição (k), para as amostras de serapilheira das espécies controle depositadas nas distintas áreas amostrais.	50
Tabela 4: Coeficiente de decomposição (k), para as amostras de serapilheira das espécies de <i>Eucalyptus ssp.</i> , depositadas nas distintas áreas amostrais.	51
Tabela 5: Coeficiente de decomposição (k), para as amostras de serapilheira, depositadas de forma cruzada nas distintas áreas amostrais.	51
Tabela 6: Média e desvio padrão do percentual da capacidade de retenção hídrica para as amostras provenientes da área controle e eucaliptais.	52
Tabela 7: Valores médios para a concentração de macronutrientes na serapilheira amostrada das diferentes áreas experimentais. Valores entre parênteses são relativos ao desvio padrão.	53
Tabela 8: Valores médios para a concentração das frações orgânicas (lignina, celulose e polifenóis), na serapilheira amostrada das distintas áreas experimentais. Valores entre parênteses são relativos ao desvio padrão.	54
Tabela 9: Valores médios para a concentração dos micronutrientes na serapilheira amostrada nas diferentes áreas experimentais. Valores entre parênteses são relativos ao desvio padrão.	54
Tabela 10: Valor médio das características químicas do solo nas distintas áreas experimentais. Valores entre parênteses são relativos ao desvio padrão.	56
Tabela 11: Características da textura do solo nas diferentes áreas amostrais.	57
Tabela 12: Valores para o percentual de agregados no <i>topsoil</i> (0 – 20 cm), nos pontos amostrados dos diferentes domínios.	57

Tabela 13: Valores médios para o percentual de agregados no <i>topsoil</i> (0 – 20 cm) nos diferentes domínios. Valores entre parênteses são relativos ao desvio padrão.	58
Tabela 14: Coeficiente de Decomposição (k) da serapilheira, em <i>Eucalyptus spp.</i>	63
Tabela 15: Valores para a Capacidade de Retenção Hídrica, em diferentes tipos de vegetação.....	67

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANOVA	Análise de Variância
B	Boro
C	Carbono
Ca	Cálcio
CRH	Capacidade de Retenção Hídrica
CTC (T)	Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0
CTC (t)	Capacidade de Troca Catiônica Efetiva
Cu	Cobre
DCS	Departamento de Ciência do Solo
DP	Desvio Padrão
EUA	Estados Unidos da América
FDA	Fibra em Detergente Ácido
Fe	Ferro
FNR	Floresta Nacional de Ritópolis
ha	Hectares
K	Potássio
k	Coeficiente de decomposição
M	Índice de Saturação de Alumínio
M.O.	Matéria Orgânica
Mg	Magnésio
MG	Minas Gerais

mm	Milímetro
Mn	Manganês
N	Nitrogênio
nm	Nanómetro
P	Fósforo
PAST	Paleontological Statistics Software
P-Rem	Fósforo Remanescente
RJ	Rio de Janeiro
S	enxofre
SB	Soma de Bases Trocáveis
TFSA	Terra Fina Seca ao Ar
UFLA	Universidade Federal de Lavras
UFSJ	Universidade Federal de São João del-Rei
V	Índice de Saturação de Bases
Zn	Zinco

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	19
2. OBJETIVOS	23
2.1. Objetivo geral	23
2.2. Objetivos específicos	24
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	24
3.1. Ciclagem de Nutrientes	24
3.2. A Deposição e Decomposição da Serapilheira	27
3.3. A Serapilheira e a Capacidade de Retenção Hídrica	32
3.4. A Serapilheira Como Indicador de Qualidade Ambiental	34
4. MATERIAIS E MÉTODOS	35
4.1. Área de Estudos	35
4.1.1. <i>São João del-Rei</i>	36
4.1.2. <i>Floresta Nacional de Ritópolis</i>	38
4.1.3. <i>Precipitação pluvial e temperatura do ar, durante o período de estudos</i>	39
4.2. Decomposição da Serapilheira	39
4.3. Capacidade de Retenção Hídrica	43
4.4. Análises Químicas da Serapilheira	44
4.5. Análises Físicas e Químicas do <i>Topsoil</i>	44
4.6. Análises Estatísticas	47
5. RESULTADOS	48
5.1. Taxa de Decomposição da Serapilheira	48
5.2. Capacidade de Retenção Hídrica	51

5.3. Composição Química da Serapilheira.....	52
5.4. Análises Químicas e Físicas do <i>Topsoil</i>	55
6. DISCUSSÕES DOS RESULTADOS	58
6.1. Taxa de Decomposição da Serapilheira	58
6.2. Capacidade de Retenção Hídrica	65
6.3. Composição Química da Serapilheira.....	68
6.4. Análises do <i>Topsoil</i>	71
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	74
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75

1. INTRODUÇÃO

Como resultado direto de ações antrópicas, a fragmentação de habitats, figura entre as mais graves ameaças à conservação dos ecossistemas, modificando a dinâmica e as relações ecológicas entre populações da fauna e flora, e destas com o meio abiótico (ALMEIDA, 2008). As ações humanas causam perturbações ambientais, que resultam na perda de habitats, biodiversidade, e outros inúmeros problemas ambientais (FOLEY *et al.*, 2005).

Assim, identificar os efeitos das perturbações de habitats sobre a biodiversidade e propor ações para mitigar seus impactos têm se tornado um grande desafio enfrentado por cientistas, políticos e os demais agentes responsáveis pela conservação da natureza (FOLEY *et al.*, 2005). Tal desafio se torna ainda mais complexo em áreas de grande extensão e heterogeneidade do território, onde ocorre acelerada destruição das paisagens naturais, devida à expansão agropecuária (MMA, 2003). Desta forma, para o estudo da biodiversidade, é necessário levar em conta a integração entre elementos estruturais e os processos nas paisagens, assim como sua dinâmica temporal e espacial em condições naturais e sob ação antrópica (MESSIER e PUEITTMANN, 2011).

A perda da biodiversidade na Terra tem consequências diretas e indiretas sobre a qualidade de vida no planeta (BENSUNSAN, 2006). Quanto menor a quantidade de florestas nativas, menos recursos e condições existirão naquela região e, assim, menos espécies poderão sobreviver naquele local (PÁDUA e CHIARAVALLOTI, 2012). Existe uma combinação entre recursos e condições (nicho ecológico) de um lugar para que cada espécie esteja presente (SANTANA, 2006). Portanto, quanto mais combinações existem entre os recursos e as condições de um ambiente, maior será a biodiversidade e a heterogeneidade da paisagem (PÁDUA e CHIARAVALLOTI, 2012), o que implica em uma maior quantidade de características ambientais e, conseqüentemente, uma maior diversidade biológica (BAPTISTA, 1998).

Dentre as atividades antrópicas responsáveis por perturbações ambientais, incluem-se as atividades da monocultura de espécies arbóreas (FOLEY *et al.*, 2005), sendo aqui destacada, a silvicultura de *Eucalyptus spp.*, que têm avançado em várias regiões (FERREIRA *et al.*, 2017). O desenvolvimento de eucaliptais tem aumentado em resposta à demanda da indústria madeireira comercial global (FORRESTER *et al.*, 2013) e não é diferente no estado de Minas Gerais (SIMIONI, 2017). Devido ao seu rápido crescimento, curta rotação no plantio e o alto consumo de nutrientes do solo e da água, a ciclagem de nutrientes é uma das limitações para o estabelecimento de ecossistemas sustentáveis em áreas onde ocorre a cultura de *Eucalyptus spp.* (LEMA *et al.*, 2007).

Existente no Brasil desde o final do século XIX, o cultivo de eucaliptais tem sido apontado como indutor de desertificação em associação ao ressecamento do solo, desestabilizador da ciclagem de nutrientes e causador de efeitos alelopáticos (LIMA, 1996). Espécies de *Eucalyptus spp.* consomem alta quantidade de água do solo e suas raízes atingem grandes profundidades (CANNELL, 1999), fazendo com que ocorra um déficit no balanço hídrico do sistema, prejudicando o lençol freático, ocasionando o rebaixamento de seu nível (VIANA, 2004).

Adicionalmente, em culturas de *Eucalyptus spp.* são apontadas baixas taxas de decomposição da serapilheira (GAMA-RODRIGUES e BARROS, 2002), o que diminui a transferência de nutrientes na interação entre serapilheira e solo (GUO e SIMS, 2001), além de concentrar matéria seca de baixa qualidade nutricional para as cadeias microbianas responsáveis pela decomposição do material vegetal (FORRESTER *et al.*, 2006). O contínuo uso da terra para a cultura de *Eucalyptus spp.* pode ocasionar um acúmulo de fitotoxinas no solo, empobrecendo e comprometendo ainda mais a sua capacidade de fertilização (ZHANG e FU, 2009).

A serapilheira é responsável por incontáveis funções no equilíbrio e dinâmica dos ecossistemas (WOOD *et al.*, 2006). Situada na camada superficial

do solo, ela é composta pela fração folha, galhos, caules, flores, restos de organismos vivos, detritos, solos, entre outros (COSTA *et al.*, 2010). A serapilheira realiza importante papel na ciclagem dos nutrientes (ODUM, 1988), uma vez que sua deposição e decomposição são as principais fontes de transferência de nutrientes para os solos florestais (ABER e MELILO, 1980). De forma que a serapilheira se torna ainda mais importante em solos considerados pobres em nutrientes, como nas florestas tropicais (FACELLI e FACELLI, 1993; CALDEIRA *et al.*, 2008).

A serapilheira está também relacionada ao armazenamento de umidade e controle dos fluxos hídricos no ambiente (VALLEJO, 1982), controlando a capacidade de infiltração de água no solo (COELHO NETTO, 2003), além de minimizar os efeitos erosivos no solo (VOIGTLAENDER, 2019). Compreender a dinâmica espacial e temporal dos processos da serapilheira torna-se um mecanismo eficaz para a compreensão dos distúrbios ambientais (SCHUMACHER *et al.*, 2004), transformando-a em um potente indicador de qualidade do ecossistema (ALVARENGA, 2013).

A qualidade nutricional da serapilheira em *Eucalyptus spp.*, estimada por suas características físicas e químicas, influencia as taxas de decomposição de forma direta e indireta (GUO e SIMS, 2001). Ela interfere na composição e estado fisiológico das comunidades de decompositores, interferindo, portanto, na diversidade de espécies de serapilheira e na manutenção da fertilidade do solo (CALDEIRA *et al.*, 2008). Também interfere na ciclagem de carbono e nutrientes (ABER e MELILO, 1980), uma vez que as altas taxas de decomposição da serapilheira contribuem para o aceleração da ciclagem de nutrientes (FORRESTER *et al.*, 2013; WU *et al.*, 2014).

Tendo em vista a expansão da silvicultura de *Eucalyptus spp.* e a importância das funções exercidas pela serapilheira no ecossistema, este estudo pretende comparar a qualidade ambiental entre fragmentos de produção eucaliptais e áreas naturais (controle), a partir de análises realizadas sobre a funcionalidade da serapilheira, a saber: a decomposição e a capacidade de

retenção hídrica (CRH) da serapilheira, relacionando-as com a qualidade nutricional desta e do solo onde se deposita.

Na primeira hipótese testada (1), era esperado que as amostras de serapilheira de *Eucalyptus spp.* apresentassem menores taxas de decomposição, menor capacidade de retenção hídrica (CRH) e pior qualidade nutricional de solo e serapilheira, quando comparadas com as amostras provenientes da área controle. Esta hipótese, visou mensurar a influência dos efeitos específicos das espécies sobre os processos ecossistêmicos avaliados.

Esta primeira hipótese é justificada pelo fato de que em áreas de eucaliptais são apontadas serapilheira de baixa qualidade nutricional (COSTA *et al.*, 2005), sendo destacada a baixa concentração de N e P, elevada razão C:N, além de altos teores de lignina e polifenóis na composição destas espécies (GAMA-RODRIGUES e BARROS, 2002; COSTA *et al.*, 2005). Fatores que tornam o material vegetal não palatável para os agentes decompositores (DINIZ e PAGANO, 1997; SANTOS e CAMARGO, 1999), propiciando baixas taxas de decomposição da serapilheira de eucaliptais (ZAIA e GAMA-RODRIGUES, 2004; VIEIRA *et al.*, 2013). A composição química do material vegetal, também contribui para uma menor CRH na serapilheira de *Eucalyptus spp.* (CABANÉ *et al.*, 2004), além de outros fatores como a velocidade da decomposição, a porosidade, o tamanho e a forma das folhas (VOIGT e WALSH, 1976).

Para a segunda hipótese testada (2), era aguardado que as amostras de serapilheira apresentariam menores taxas de decomposição quando depositadas nas áreas de eucaliptais em comparação com as amostras inseridas na área controle. Esta hipótese visou mensurar a influência dos efeitos da qualidade do ambiente sobre os processos ecossistêmicos avaliados. A literatura aponta que os níveis de perturbações ambientais em áreas de monoculturas são maiores que em áreas de vegetação natural (FOLEY *et al.*, 2005). Nestas áreas os recursos são pouco variados (PÁDUA e CHIARAVALLI, 2012), agravado pelo fato que a composição química das folhas de *Eucalyptus spp.* (COSTA *et al.*, 2005), fazem com que elas não sejam atrativas para os agentes

decompositores (DINIZ e PAGANO, 1997), resultando em uma menor diversidade da microbiota nestas áreas (CALDEIRA *et al.*, 2008), o que propicia uma menor velocidade de decomposição para as amostras de serapilheira das áreas de eucaliptais (VIEIRA *et al.*, 2013).

Na terceira hipótese (3), foi testado que as taxas de decomposição e CRH da serapilheira estariam estatisticamente relacionadas às características físicas e químicas do material vegetal e do solo amostrado (DINIZ e PAGANO, 1997; SANTOS e CAMARGO, 1999; MONTEZUMA, 2004; MELOS, 2009). As taxas mensuradas estão intimamente ligadas à qualidade ambiental, e ao tipo de espécies que o constitui (CIANCIARUSO *et al.*, 2006; WOOD e LAWRENCE, 2008), a forma e a composição química destes materiais, influenciam nos processos que ocorrem nos ecossistemas (VOGEL *et al.*, 2007). Assim como a precipitação, temperatura, evapotranspiração, disponibilidade de luz (TRISTÃO e PESSOA, 2002; SANTANA *et al.*, 2010), entre outros fatores. Ainda foi testada uma quarta hipótese (4), buscando detectar uma possível combinação (sinérgica, antagônica ou somatória) dos efeitos espécie-específicos e do ambiente sobre os processos ecossistêmicos avaliados.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

O objetivo geral desta pesquisa é avaliar e comparar a qualidade ambiental entre fragmentos de cultivo de *Eucalyptus spp.* e fragmentos naturais, utilizando o funcionamento da serapilheira expresso por análises da decomposição e da capacidade de retenção hídrica da fração foliar da serapilheira. Mais ainda, pretende-se contribuir para o entendimento dos mecanismos de interação entre os efeitos espécie-específicos (originados na composição química e bioquímica das espécies da serapilheira) e do ambiente, alterado na monocultura, sobre a decomposição foliar e a capacidade de retenção hídrica da serapilheira. A justificativa final é possibilitar compreender e determinar a influência da cultura de eucaliptais sobre a qualidade do ambiente

na qual este está inserido e, desta maneira, fornecer dados e fomentar discussões para um manejo ambiental menos predatório.

2.2. Objetivos específicos

(a) Mensurar a taxa de decomposição da serapilheira de espécies de *Eucalyptus spp.*, comparando-as com a de vegetação espontânea e heterogênea (para se compreender o efeito espécie-específico).

(b) Realizar experimentos “cruzados” para verificar alterações nas taxas de decomposição entre as áreas de eucaliptais e área controle (para se testar o efeito das condições ambientais alteradas).

(c) Verificar, em laboratório, a capacidade de retenção hídrica das amostras coletadas.

(d) Analisar e comparar as propriedades químicas e físicas de amostras retiradas dos horizontes superficiais dos solos nas áreas amostrais.

(e) Analisar e comparar as características químicas das amostras de serapilheira coletadas (compreensão do efeito espécie-específico).

(f) Comparar os dados levantados nas áreas de eucaliptais com os dados da área controle, visando estimar as perturbações da monocultura de *Eucalyptus spp.* sobre o funcionamento da serapilheira e as propriedades físicas e químicas do solo.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. Ciclagem de Nutrientes

Ao fluxo e acúmulo de materiais entre os diversos compartimentos físicos e biológicos dos ecossistemas (atmosfera, flora, fauna, solo, água), e as transferências que ocorrem entre os ecossistemas, dá-se o nome de ciclagem de nutrientes (ODUM, 1988), processo de grande importância para a manutenção dos ambientes florestais, principalmente em ambientes oligotróficos

(BABBAR e EWEL, 1989; MARTINS, 2004). A ciclagem de nutrientes minerais se faz através da troca constante (ciclo) que se estabelece entre os organismos vivos e o ambiente que os envolvem (DELITTI, 1995), em uma contínua interação solo e planta, onde os nutrientes retirados da vegetação são devolvidos para o solo, através dos agentes decompositores (MARTINS, 2004; PEDRO, 2017). Esta constante troca entre planta e solo é fundamental para a funcionalidade do sistema florestal, estabelecendo a sua dinâmica e manutenção (KIMMINS, 2004), o que torna sua eficiência de grande importância para a conservação dos processos ecossistêmicos em seus diferentes compartimentos (BARNES *et al.*, 2011).

As precipitações atmosféricas, o intemperismo da rocha matriz e a adubação, são apontados como os principais fatores responsáveis pela entrada de nutrientes nos ecossistemas. Já pela saída de nutrientes, são destacados como principais fatores a erosão, lixiviação, atividades antrópicas, e a degradação florestal (PRITCHETT, 1980; KOLM, 2001). A vegetação retorna os nutrientes ao solo através da circulação de matéria (VOGT *et al.*, 1986), outra forma de transferência de nutrientes minerais da vegetação para o solo são através das águas de precipitação interna da floresta e escoamento pelos troncos (ARCOVA e CICCIO, 1987).

Os minerais responsáveis pela ciclagem de nutrientes são divididos em quatro compartimentos básicos nos ecossistemas florestais. São eles: o compartimento orgânico, o de nutrientes disponíveis, o compartimento de solos e rochas e o compartimento atmosférico (DELITTI, 1993). O compartimento orgânico é composto pelos organismos vivos, os seus restos e excrementos. O compartimento dos nutrientes disponíveis, apresentam os nutrientes em solução no solo onde podem ser absorvidos nas superfícies do complexo argila-húmus. No compartimento dos solos e rochas, os nutrientes encontram-se momentaneamente não disponíveis. No compartimento atmosférico, os minerais estão em forma de gases e partículas em suspensão (BORMANN e LIKENS, 1970). Essa divisão gera diferentes focos relacionados à ciclagem de nutrientes,

resultando em uma gama de informações, que visa facilitar a compreensão dos processos químicos, biológicos e físicos que ocorrem de maneira simultânea durante o ciclo dos minerais (DELITTI, 1993).

A ciclagem de nutrientes é de grande importância para a manutenção da vegetação em ecossistemas florestais que apresentam solos de baixa fertilidade e que sofrem de maneira aguda com o intemperismo (BARNES *et al.*, 2011). Por meio da ciclagem, os nutrientes são disponibilizados para os organismos, possibilitando a retenção de cátions, complexação, retenção e filtração hídrica, além de fomentar a atividade dos microrganismos, fatores que em conjunto, contribuem para a capacidade produtiva desses ecossistemas (SANTANA, 2005). A compreensão da ciclagem de nutrientes passa principalmente pelo entendimento dos seus cursos no solo, que têm início com sua liberação pela serapilheira, até a absorção dos nutrientes na forma iônica (BAYER e MIELNICZUK, 1999). De forma que a matéria orgânica encontrada sobre o solo tem uma função fundamental na atividade de liberação de nutrientes que retornam para o solo novamente (WOOD *et al.*, 2006).

Estudos relacionados à ciclagem de nutrientes demonstram que os processos ecossistêmicos na serapilheira são importantes para a manutenção dos ecossistemas florestais (SOUZA e DAVIDE, 2015), principalmente quando se trata da deposição e decomposição de serapilheira, sendo os principais fatores responsáveis pela troca de nutrientes na interface biomassa-solo (SAYER e TANNER, 2010). Deste modo, a velocidade da ciclagem dos nutrientes (impulsionada pelas taxas de decomposição da serapilheira) influencia de maneira direta na capacidade de produção do ecossistema florestal (SOUTO, 2006; BARNES *et al.*, 2011). De forma que, conhecer a ciclagem de nutrientes é fundamental quando se deseja realizar um manejo florestal sustentável, visando a preservação de áreas ou a recuperação de ambientes degradados (SOUZA e DAVIDE, 2015).

Assim, esta pesquisa visa compreender a decomposição desenvolvida pela serapilheira da cultura de *Eucalyptus spp.*, e seus efeitos sobre o ambiente

no qual esta monocultura está inserida, não apenas pela sua importância para o processo de ciclagem de nutrientes (SOUZA e DAVIDE, 2015), mas também pelo seu potencial como indicador de qualidade ambiental (TADAKI, 1977).

3.2. A Deposição e Decomposição da Serapilheira

Os principais fatores relacionados à ciclagem de nutrientes no ecossistema estão relacionados à atividade biológica da serapilheira, principalmente aos processos de deposição e decomposição (WOOD *et al.*, 2006). A serapilheira é a camada de resíduos orgânicos que são depositados sobre a superfície do solo dos ecossistemas florestais (CARPENAZZI, 1980; POGGIANI, 1981; SOUTO, 2006; COSTA *et al.*, 2010), tais como, folhas, ramos, cascas, flores, frutos, sementes, entre outros fragmentos vegetais (CALDEIRA *et al.*, 2008), bem como, restos e excrementos de animais (FACELLI e PICKETT 1991). Portanto, a natureza destes resíduos e sua proporção na biomassa depositada afeta diretamente a taxa na qual estes componentes são processados no solo (SHUMACHER *et al.*, 2004). A fração foliar é considerada a parte principal da serapilheira, e a mais importante na composição do material orgânico decíduo, responsável por 60% a 80% do material que a constitui (BRAY e GOHRAM, 1964; POGGIANI *et al.*, 1998; SANTANA, 2005; CALVI *et al.*, 2009).

Em todos os ecossistemas florestais, a produção de serapilheira é responsável pelo primeiro estágio da ciclagem de nutrientes (CALDEIRA *et al.*, 2008; PEDRO, 2017). A fração de serapilheira disposta sobre a superfície do solo possui uma gama de funcionalidades na ciclagem de nutrientes (VILELLA *et al.*, 2006). Além de servir como fonte de energia e nutrientes, servem também como abrigo para os organismos decompositores (FACELLI e FACELLI, 1993; RIBEIRO, 2014). A disponibilidade de serapilheira sobre a superfície do solo é regulada pela quantidade de material decíduo e pela sua decomposição (CORRÊA, 2005). Desta forma, quanto maior a quantidade de material decidual e menor a taxa de decomposição, maior será o seu acúmulo sobre o solo (POGGIANI e SCHUMACHER, 2000). Este balanço interfere no equilíbrio do sistema (SHUMACHER *et al.*, 2004).

A decomposição da serapilheira é um processo contínuo, que pode ter início antes mesmo do material ser depositado sobre a superfície do solo (PEDRO, 2017). Ainda nas árvores, as folhas já sofrem lixiviação, e existem microrganismos e invertebrados que são responsáveis por iniciar o processo da decomposição do material vegetal ainda no material *standing crop* (TOLEDO, 2003). A decomposição pode ser separada em três etapas: lixiviação, intemperismo e ação biológica (MASON, 1980). Tais processos ocorrem de forma simultânea. Na lixiviação ocorre a rápida perda do material em solução pela ação hídrica pluvial e o escoamento de água (MARTINS, 2004). O intemperismo é responsável pela quebra mecânica dos materiais por causa dos fatores físicos, como a ação do vento, gelo ou ondas aquáticas (VIERA *et al.*, 2014). A ação biológica é resultado da ação dos organismos vivos que fragmentam gradualmente e oxidam os detritos (MASON, 1980; MARTINS, 2004). Essas fases resultam no processo de circulação de nutrientes no sistema solo-planta, tendo a serapilheira como importante agente na transferência (VIERA *et al.*, 2014) e, na nova disponibilização de nutrientes para as plantas (VIERA e SCHUMACHER, 2010).

São observados diversos estágios da decomposição foliar no ambiente, qual podem ser analisados a partir de uma secção da camada de serapilheira no ecossistema florestal (MASON, 1980). Millar (1974) descreve estes estágios da seguinte forma:

O estágio inicial, denominado A_{000L} , é demarcado por folhas recém depositadas no solo e não decompostas; A_{000F} , contém folhas reconhecíveis, ainda intactas, maciçamente colonizadas por fungos; a camada F_2 é caracterizada por folhas, de cor acinzentada, fragmentadas e comprimidas, porém ainda reconhecíveis, contendo ainda excrementos de animais; na A_0H forma-se húmus, presença de fezes de organismos vivos, fragmentos de folhas e microrganismos; a camada A_1 apresenta um estágio de decomposição mais avançado, resultando em uma forte mistura de húmus e solo mineral. O húmus se forma a partir do acúmulo do material orgânico morto, que é fragmentado e quimicamente alterado por um grupo de fatores físicos e abióticos (MILLAR, 1974, p. 109).

A produção e decomposição de serapilheira é influenciada por uma gama de elementos bióticos e abióticos (CIANCIARUSO *et al.*, 2006; WOOD e

LAWRENCE, 2008), dentre eles: o tipo de vegetação (GUO e SIMS, 1999; CIANCIARUSO *et al.*, 2006), nível sucessional (MENEZES *et al.*, 2010), latitude e altitude (VALENTI *et al.*, 2008), relevo (SANTANA *et al.*, 2010) temperatura e precipitação (ZHANG *et al.*, 2008), evapotranspiração, disponibilidade hídrica (MONTEZUMA, 2005), disponibilidade de luz e fotoperíodo (ABREU *et al.*, 2010), estoque de nutrientes no solo (XU *et al.*, 2013), diversidade da macro e microbiota (GONZÁLEZ *et al.*, 2001), herbivoria (SEASTEDT e CROSSLEY JR, 1984), diversidade do material vegetal e a qualidade nutricional da serapilheira (FERNANDES *et al.*, 2007; VOGEL *et al.*, 2007), incluindo quantidade de ligninas e polifenóis, relação C/N, C/P, lignina/N, polifenóis/N e lignina + polifenóis/N, concentração de nutrientes e de CO₂ atmosférico e deposição de nitrogênio (FACELLI e PICKET, 1991; PORTES *et al.*, 1996; DINIZ e PAGANO, 1997).

Existem grandes variações nos valores, para as taxas de decomposição da serapilheira foliar, seja entre as diferentes espécies vegetais já estudadas, seja em relação ao tipo de ambiente no qual estas estão inseridas (SANKARAN, 1993; GUO e SIMS, 2001; DUTTA e AGRAWAL, 2001; COSTA *et al.*, 2005). A decomposição da serapilheira é regulada principalmente por três fatores: a qualidade do material orgânico, as condições do ecossistema e a ação dos organismos decompositores (ABER e MELILO, 1991).

Um dos principais responsáveis pela decomposição da serapilheira e ciclagem de nutrientes, causando alterações químicas, físicas e biológicas no solo, é a denominada fauna edáfica, que é formada pelos microrganismos e invertebrados que passam a maior parte de sua vida no solo e na serapilheira, e são os encarregados pelo rearranjo dos detritos e sua fragmentação (GONZÁLEZ *et al.*, 2001; PEDRO, 2017). Esta fauna do solo interfere nos processos ocorridos no solo de forma direta, modificando as características físicas e químicas da serapilheira (GONZÁLEZ *et al.*, 2001). A diversidade biológica do solo é de grande importância para a manutenção da sua qualidade, ela exerce um papel muito importante na decomposição e mineralização dos resíduos orgânicos (CRAGG e BARDGETT, 2001; BROWN e SAUTTER, 2009).

A fauna do solo é classificada de acordo com sua mobilidade no solo, função desempenhada, e, principalmente pelo seu tamanho e pelos seus hábitos alimentares. Em relação ao tamanho, ela recebe a seguinte classificação: Microbiota (<16,0 µm), microfauna (<0,2 mm), mesofauna (0,2 – 2,0 mm), macrofauna (2,0 – 30,0 mm) e megafauna do solo (>30,0 mm) (SWIFT *et al.*, 1979; BARETTA, 2007). Quando classificados de acordo com os seus hábitos alimentares, podem ser denominados como saprófagos ou biófagos (SWIFT *et al.*, 1979). Os saprófagos estão ligados ao consumo da matéria orgânica morta, são de grande importância para a decomposição da serapilheira e os processos da ciclagem de nutrientes (GONZÁLEZ *et al.*, 2001). Podem ser denominados: cadaverícolas, que se alimentam de restos de animais mortos; coprófagos, que ingerem os excrementos de animais; e detritívoros, que consomem resíduos vegetais em diferentes estágios de decomposição. Já os organismos biófagos se alimentam de tecidos vivos, e são eles: os microbióvoros, que se alimentam da micro e mesofauna; os fungívoros, que consomem fungos; os fitófagos, que ingerem plantas; os predadores, que comem animais vivos, matando de imediato a sua presa; e os parasitas que também se alimentam de animais vivos, mas matam o seu hospedeiro lentamente (SWIFT *et al.*, 1979; BARETTA *et al.*, 2011).

Além dos organismos decompositores da fauna edáfica, existem outros fatores importantes que influenciam na decomposição. O clima é um destes fatores, principalmente a precipitação, umidade e temperatura (MONTEZUMA, 2005). A qualidade nutricional da serapilheira, condicionada pelas suas características físicas e químicas, também é de grande importância, pois atrai e modula a ação dos organismos decompositores (MASON, 1980; CIANCIARUSO *et al.*, 2006). O solo, de acordo com suas características físicas e químicas, como a porosidade, granulometria, aeração e teor de matéria orgânica, também influencia a atividade da microbiota edáfica e, portanto, as taxas de decomposição da serapilheira (MASON, 1980; PORTES *et al.*, 1996; COSTA *et al.*, 2010; HERNÁNDEZ, 2014).

A temperatura e a umidade do solo, são apontados como um dos principais fatores climáticos que regulam a decomposição da serapilheira (DUTTA e AGRAWAL, 2001; CAMPOS *et al.*, 2004). Locais que apresentam climas mais quentes e úmidos apontam maiores taxas de decomposição, que áreas de climas secos e frios (ZHANG *et al.*, 2008). Outro fator importante na regulação da decomposição do material vegetal decíduo, são as estações do ano, os períodos secos e úmidos determinados por elas, são responsáveis por estabelecer microclimas dentro do ambiente, que influenciam de forma direta na ação dos agentes decompositores (GARCÍA-PALACIOS *et al.*, 2013). De maneira que, os fatores que regulam o processo de decomposição da serapilheira podem ser divididos em duas diferentes escalas, global (Clima) e local (características químicas e físicas do ambiente e do *litter*) (SANTOS, 2014). Deste modo, as taxas de decomposição da serapilheira, podem variar em mesmas condições climáticas, em decorrência das propriedades físicas e químicas do substrato florestal e características da composição das espécies (SWIFT *et al.*, 1979; XU e HIRATA 2005; WEEDON *et al.*, 2009).

Um fator importante que regula as taxas de decomposição da serapilheira, está relacionado a sua composição estrutural do tecido vegetal (DINIZ e PAGANO, 1997; FERNANDES *et al.*, 2007). Os tecidos vegetais, apresentam diferentes comportamentos quanto a velocidade de decomposição, que está relacionada a composição química e física do material (HÄTTENSCHWILER *et al.*, 2005), de modo a interferir na atuação dos microrganismos do solo que são responsáveis por esta decomposição (GONZÁLEZ *et al.*, 2001). Estes microrganismos realizam o trabalho de decomposição do material vegetal visando obter energia e nutrientes (SANTOS e CAMARGOS, 1999).

Materiais vegetais que apresentam altos percentuais de lignina, celulose e polifenóis, dificultam a ação dos microrganismos responsáveis pela decomposição (DINIZ e PAGANO, 1997), tornando o material vegetal menos atrativos para eles, conseqüentemente, estes materiais são menos susceptíveis à decomposição, em comparação aos que apresentam baixas concentrações

destes elementos (O'CONNELL, 1988), e altos teores de substâncias solúveis e simples (SANTOS e CAMARGOS, 1999). A lignina tem forte influência sobre as taxas de decomposição da serapilheira (ABER e MELLILO, 1991), além de suas funções referentes à fisiologia do material vegetal, ela apresenta funções biológicas, que dentre elas está a proteção contra herbívoros (CABANÉ *et al.*, 2004), de modo que quanto maior sua concentração no material vegetal, maior a dificuldade para a ação dos microrganismos decompositores (SANTOS e CAMARGOS, 1999).

Ainda relacionado à composição do material vegetal na regulação das taxas de decomposição, destaca-se, a qualidade nutricional da serapilheira (ABER e MELLILO, 1991). Por exemplo, as concentrações de N e P interferem na decomposição do material vegetal (KEMP *et al.*, 1994), materiais pobres em concentração desses nutrientes apresentam decomposição mais lentas que materiais com alta concentração destes (LIU *et al.*, 2006). Também interferem na decomposição da serapilheira, a concentração de N e C, a razão C:N (SANTANA *et al.*, 2005). Materiais com altos valores na relação C:N, apontam para taxas de decomposição mais baixas que materiais que apresentam menores valores (SANTOS e CAMARGO, 1999). A concentração inicial dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S, também são destacadas na literatura como importante regulador do processo de decomposição do material vegetal (ANDRADE *et al.*, 1999).

3.3. A Serapilheira e a Capacidade de Retenção Hídrica

A serapilheira está relacionada com a retenção e armazenamento de quantidade considerável da água, que ultrapassa o dossel das árvores (VALLEJO, 1982; COELHO NETTO, 2005). Este armazenamento, associado à atividade biogênica na superfície do solo, propicia altas taxas de infiltração e estocagem das águas pluviais nos solos, permitindo a alimentação perene das descargas fluviais básicas e evitando, desta maneira, que ocorram transformações repentinas nas características físicas da superfície da área (COELHO NETTO, 2005). Tal controle não ocorre em solos desnudos, onde o

escoamento superficial ocorre de forma brusca, devido à falta de uma camada protetora sobre a superfície do solo (MONTEZUMA, 2005). Além destes fatores, a serapilheira pode contribuir para diminuir o processo de erosão por salpicamento (VALLEJO, 1982), também denominado efeito “*splash*”, reduzindo a compactação do solo por este tipo de erosão, auxiliando também na manutenção das altas taxas de infiltração de água no solo (VOIGTLAENDER, 2019).

A serapilheira funciona, ainda, como um componente do ecossistema relacionado a fatores hidro-ecológicos nos processos de sucessão (BRUN *et al.*, 2001). O material vegetal acumulado sobre o solo tem a capacidade de controlar o fluxo das águas pluviométricas em seu processo de escoamento superficial, sub superficial e percolação, além de transportar os nutrientes para o interior do solo, atuando desde o recebimento dos propágulos até sua germinação e crescimento (CIANCIARUSO *et al.*, 2006).

A retenção de umidade pela serapilheira depositada sobre o solo está relacionada aos fatores de absorção e adsorção superficial. O fenômeno da absorção está relacionado principalmente com a porosidade do material, velocidade de decomposição, variação da precipitação e temperatura no ecossistema. A adsorção está ligada aos diversos aspectos físicos das folhas, tais como a sua área, estrutura, relevo, forma, relação superfície/peso seco e composição orgânica (VOIGT e WALSH, 1976). A relação superfície/peso seco se apresenta como um dos melhores indicadores das diferentes capacidades de retenção de umidade entre distintas espécies de folhagem (BLOW, 1955). Em relação à composição do material, um exemplo são folhas que apontam elevada concentração de lignina, e assim, apresentam menor capacidade de retenção hídrica (CABANÉ *et al.*, 2004).

Desta forma, além de atuar como importante compartimento ativo da decomposição e da ciclagem biogeoquímica, a serapilheira também atua nos processos hidrológicos superficiais dos ecossistemas florestais (COELHO NETTO, 1987). A proteção contra o efeito “*splash*” e a capacidade de armazenar

umidade e controlar os fluxos hídricos interferem diretamente na manutenção da capacidade de infiltração de água no solo (VALLEJO, 1982). Devido aos fatores mencionados, neste estudo torna-se igualmente importante analisar a capacidade de retenção hídrica da serapilheira das áreas amostradas, para a compreensão da qualidade ambiental de monoculturas de eucaliptais.

3.4. A Serapilheira Como Indicador de Qualidade Ambiental

Ao exercer um papel importante na transferência de nutrientes para o solo (CALDEIRA *et al.*, 2008), a ciclagem de nutrientes, realizada pela decomposição da serapilheira, se torna um processo de grande importância, principalmente em ambientes que apresentam baixas taxas de entrada de nutrientes e solos pobres (WRIGHT e WESTOBY, 2003). Se a ciclagem é alterada por ações antrópicas, os processos ecossistêmicos são alterados, levando à sérios distúrbios ambientais, resultando em perturbações dos ecossistemas de difícil reversão (WOOD *et al.*, 2006).

Um exemplo é o que ocorre nas florestas tropicais, que sofrem bastante com a lixiviação e erosão, e se tornam dependentes da ciclagem de nutrientes para a manutenção do funcionamento do ecossistema e da biomassa (FACELLI e FACELLI, 1993; SCHUMACHER *et al.*, 2004; COELHO NETTO, 2005). A produção da serapilheira controla a ciclagem de nutrientes no solo, e seu acúmulo sobre a superfície do solo está relacionado à atividade dos agentes decompositores e também ao grau de perturbação dos ecossistemas (BRUN *et al.*, 2001; FIGUEIREDO FILHO *et al.*, 2003; SCHUMACHER *et al.*, 2004). Tornando a serapilheira um importante agente no controle da ciclagem de nutrientes do solo (BARNES *et al.*, 1997).

As diversas funções exercidas pela serapilheira, sejam elas relacionadas à capacidade do controle de fluxo hídrico na superfície do solo (COELHO NETTO, 2005), ou à proteção contra os agentes erosivos (VALLEJO, 1982; VOIGTLAENDER, 2019), somadas à sua importância na ciclagem de nutrientes (VASCONCELOS e LUIZÃO, 2004; CALDEIRA *et al.*, 2008), tornam a

serapilheira fundamental na manutenção da sustentabilidade dos ecossistemas e na recuperação de áreas degradadas, fornecendo condições para que as propriedades físicas, químicas e biológicas do meio sejam restabelecidas (MASON, 1980; TILMAN *et al.*, 2002).

Portanto, os processos ecossistêmicos realizados pela serapilheira, principalmente os de deposição, decomposição e os relacionados à atividade hidrológica, emergem como importantes fatores a serem investigados ao se determinar o nível de perturbação dos ecossistemas (TADAKI, 1977). A qualidade da serapilheira apresenta implicações diretas para a qualidade do ambiente ao longo da degradação ou recuperação, indicando a evolução destes processos nos ecossistemas (ANDRADE *et al.*, 1999; SCHUMACHER *et al.*, 2004; ALVARENGA, 2013). De forma que, estudos relacionados à estrutura da serapilheira demonstram-se eficientes para o entendimento dos distúrbios ambientais (TADAKI, 1977).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Área de Estudos

Para este estudo foram selecionados três fragmentos de cultivo de *Eucalyptus spp.*, visando a replicação das amostras, localizados no município de São João del-Rei (MG, Brasil). Estas áreas de eucaliptais selecionadas apresentam características semelhantes, todas voltadas para a produção comercial de *Eucalyptus spp.*, contando com o mesmo período de rotação para o corte, caracterizadas pelo espaçamento uniforme entre as árvores, além de estarem localizadas sob condições topográficas semelhantes.

Para efeito de comparação, foi determinada uma área controle, em Floresta Estacional Semidecidual, inserida em área de transição entre o Domínio Atlântico e Cerrado, composta por vegetação natural de crescimento espontâneo e por reflorestamento, apresentando elevada diversidade de espécies. Esta área fica localizada na Floresta Nacional de Ritópolis (FNR), no município de Ritópolis

(MG, Brasil; Figura 1). Nesta área controle (FNR), foram selecionados três pontos para a repetição da amostragem. Estes pontos apresentam substrato florestal, dossel das árvores, fotoperíodo e condições topográficas semelhantes, predominando nas amostras coletadas, as espécies de *Copaifera langsdorffii* Desf., *Dilodendron bipinnatum* Radlk., *Myrcia tomentosa* Aubl., *Protium widgrenii* Engl., e *Tapirira guianensis* Aubl. (MIGUEL, 2019). A escolha de áreas compostas por eucaliptais, assim como da área controle, foi realizada visando o teste da hipótese que buscou mensurar o efeito específico das espécies sobre os processos ecossistêmicos avaliados.

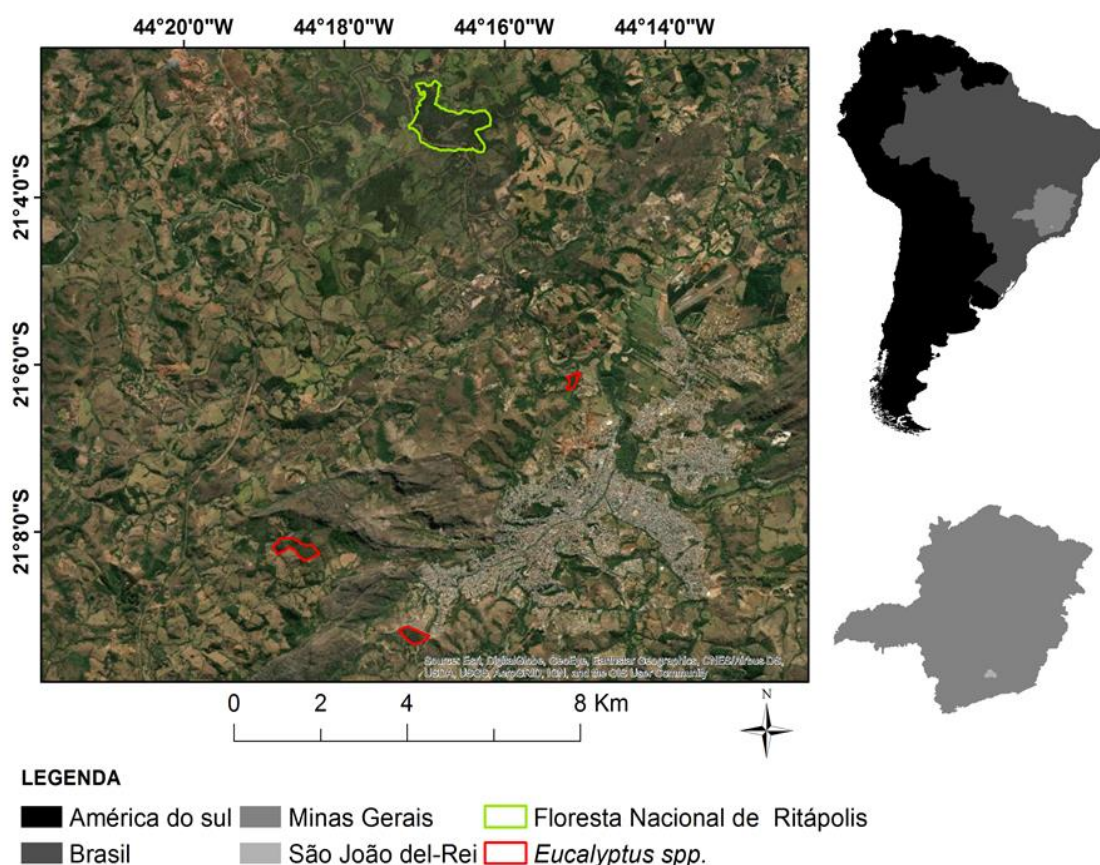


Figura 1: Mapa de localização da área de estudo, contendo as áreas de eucaliptais e a área controle.

4.1.1. São João del-Rei

São João del-Rei (21° 08' 08" S e 44° 15' 42" W) está situada na mesorregião do Campos das Vertentes, no estado de Minas Gerais, à

aproximadamente 175 Km ao sul da capital do estado, Belo Horizonte. A área total do município é de 1.465,78 Km² (IBGE, 2017).

O clima de São João del-Rei é o Cwa, temperado e úmido, apresentando duas estações bem definidas, verão quente e úmido, e inverno frio e seco (KÖPPEN e GEIGER, 1953). A temperatura média anual do município é de 19,2°C, e a precipitação média anual é de 1437 mm (BARUQUI *et al.*, 2006). A vegetação natural predominante na região é determinada como campo cerrado e cerrado (CETEC, 1989). A vegetação no município é caracterizada por áreas fragmentadas de matas, com escassez de grandes áreas contínuas de alta densidade vegetal, devido ao modo como foi desenvolvido o uso e ocupação do solo (ROSA *et al.*, 2018). Dentre estas áreas, destaca-se um grande número de silviculturas de eucaliptais (RESENDE *et al.*, 2015).

O relevo do município é formado pelas serras do Complexo da Mantiqueira, apresentando um padrão de dissecação homogênea, com densidades de drenagem média a baixa, colinas com topos convexos a tabulares e encostas suavizadas, intercaladas por cristas alongadas, geralmente assimétricas (BARUQUI *et al.*, 2006). A área encontra-se inserida na unidade geomorfológica do “Planalto dos Campos das Vertentes”, subdivisão do “Planalto Centro Sul de Minas” e integrante, do domínio morfoestrutural “Escudo Exposto” (BRASIL, 1983).

Tratando-se da geologia do município, a estratigrafia da região enquadra-se no Grupo São João del-Rei. Segundo o Projeto Radam Brasil (1983), o Grupo São João del-Rei foi subdividido em cinco formações geológicas: Caranaíba, Barroso, Prados, Tiradentes e Carandaí, sendo as quatro primeiras resultado de diferenças oriundas de mudanças de fácies sedimentar, e a última, de mudanças de grau metamórfico (IBAMA, 2005). Segundo o Mapa de Solos do Estado de Minas Gerais, os solos predominantes no município são os Cambissolos Háplicos, Latossolos Vermelhos - Amarelos, e Neossolos Litólicos (FEAM, 2010).

4.1.2. Floresta Nacional de Ritópolis

A Floresta Nacional de Ritópolis (21° 03' 21" S e 44° 15' 35" W), localiza-se em uma região ecotonal de floresta estacional semidecídua e cerrado lato sensu, às margens da confluência do Rio Santo Antônio com o Rio das Mortes, no sul do município de Ritópolis. Esta unidade de conservação faz divisa com os limites municipais de Coronel Xavier Chaves e São João del-Rei, e sua área ocupa 89,50 hectares (IBAMA, 2005).

O clima, é o Cwa, com temperaturas moderadas, demarcado por um verão quente e chuvoso, e inverno frio e seco (KÖPPEN e GEIGER, 1953). A temperatura média anual é de 19,14°C e a pluviosidade média anual é de 1470 mm. A vegetação predominante é a Floresta Estacional Semidecidual, que corresponde à 36,94 ha (41,45%) da área total da Floresta, e o Campo Sujo e Cerrado, que ocupam cerca de 25,93 ha (29,10%). Ocupam ainda a área da FNR 2,00 ha (2,24%) de *Eucalyptus saligna*, que foram utilizados para reflorestamento (IBAMA, 2005).

No relevo da área da FNR e sua zona de amortecimento, predomina a unidade de mapeamento Fa4, definida como "Relevo de Desnudação em Interflúvios e Vertentes - Dissecação Fraca (BRASIL, 1983). A geomorfologia demonstra que a área de estudo compõe-se de um modelado de dissecação fluvial, que não obedece à controle estrutural, definida por combinações de aprofundamento da drenagem (BRASIL, 1983). A FNR está inserida no Domínio dos Remanescentes de Cadeias Dobradas, Região dos Planaltos do Alto Rio Grande, e Unidade Planalto de Andrelândia (IBAMA, 2009).

Quanto à geologia, a estratigrafia da região insere-se no Grupo São João del-Rei, sendo o mesmo representado pelas Formações Tiradentes e Prados. Os solos encontrados nos limites da FNR são classificados pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos como Neossolos, Cambissolos Háplico, Latossolo Vermelho - Amarelo hálico, provavelmente ácrico (EMBRAPA, 1999), além de solos com horizonte B textural (Argissolos Vermelho-Amarelos

distróficos) e a ocorrência localizada de solos com horizonte B nítico (Nitossolo), além de Neossolos Flúvicos, ao longo do rio das Mortes (IBAMA, 2005).

4.1.3. Precipitação pluvial e temperatura do ar, durante o período de estudos

No período dos experimentos, a temperatura média anual para a região estudada foi de 20,27°C, sendo a média mínima mensal de 15,26 °C (Julho), e a máxima 23,29°C (Janeiro). A precipitação pluvial anual foi de 1359,80 mm, concentrada nos meses de janeiro, fevereiro, março, novembro e dezembro, enquanto junho, julho e agosto foram os meses mais secos (Figura 2).

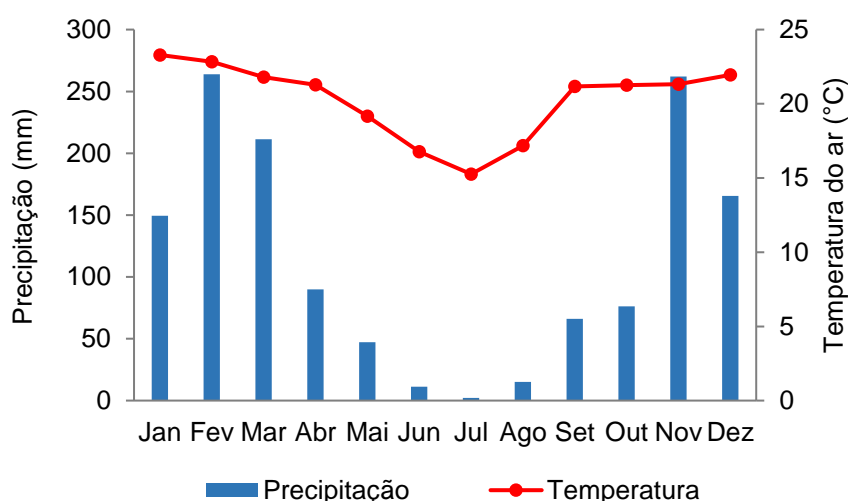


Figura 2: Precipitação pluvial e temperatura, durante o período de estudos. (Fonte: Inmet)

4.2. Decomposição da Serapilheira

A decomposição da serapilheira foliar foi avaliada utilizando o método dos *litter bags* (BOCOCK e GILBERT, 1957), que consiste em pequenas sacolas de nylon, que permitem a circulação de água, nutrientes e agentes decompositores. Por meio desta metodologia é possível mensurar, em escala temporal, a perda de massa do material aferido (SCORIZA, 2012). Os *litter bags* utilizados neste estudo possuem malha porosa de 2 mm de espessura, visando permitir somente o acesso da micro e mesofauna do solo (SWIFT *et al.*, 1979), e dimensões de 15 cm x 20 cm (Figura 3). Eles foram preenchidos com a fração foliar da

serapilheira recém depositada sobre a superfície do solo, a camada denominada A₀₀₀L da serapilheira (MILLAR, 1974).

O material coletado nas áreas experimentais foi transportado com o auxílio de bolsas plásticas para o laboratório de Geologia e Pedologia da Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), onde foram secos em estufa a 75°C de temperatura (Odontobras, Brasil), até atingirem peso constante. Após este processo, uma fração foliar de 5g de serapilheira foi acondicionada em cada *litter bag*, posteriormente alocados nas áreas previamente selecionadas (ANDERSON e IGRAM, 1996; GUO e SIMS, 1999; COSTA *et al.*, 2005; SCORIZA *et al.*, 2012; SILVA-JUNIOR *et al.*, 2014; e VIEIRA *et al.*, 2014).

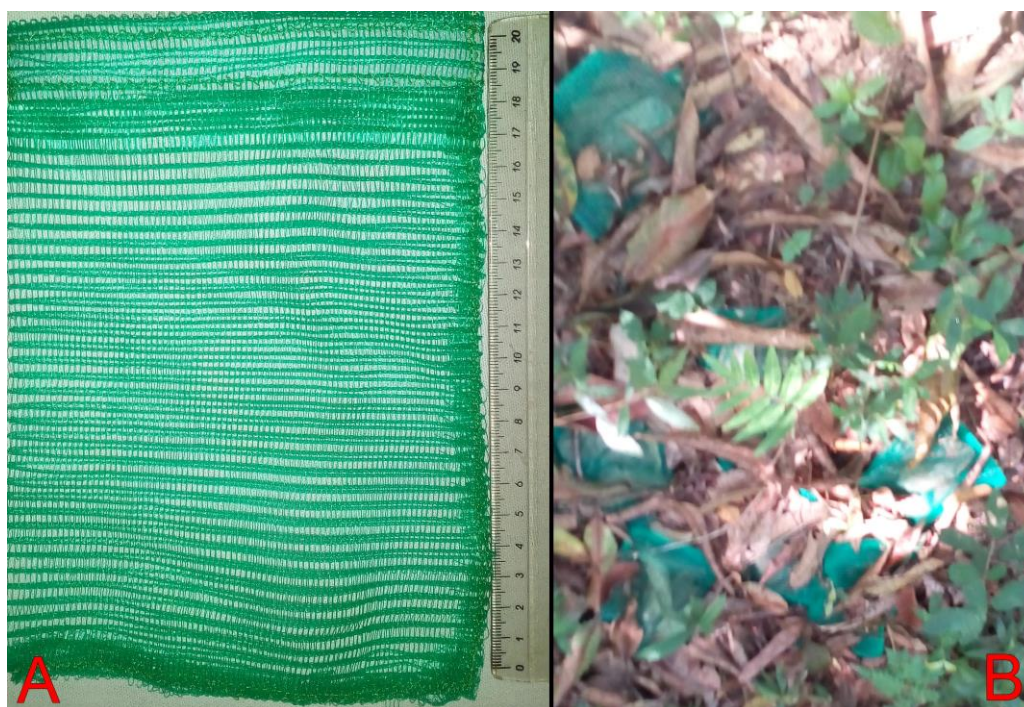


Figura 3: A - Modelo de *litter bag* utilizado na pesquisa. B – Os *litter bags* sendo utilizados em campo.

Visando avaliar a influência do meio na decomposição dos materiais amostrados (Teste da hipótese 2), a distribuição dos *litter bags* nos planos amostrais seguiu o delineamento de experimentação “cruzada”. De forma que em cada área de silvicultura de *Eucalyptus spp.*, foram depositados doze *litter*

bags contendo materiais foliares coletados nas próprias áreas de eucaliptais, além de doze amostras provenientes da área controle.

Da mesma forma ocorreu na área controle. Onde além de doze amostras contendo materiais foliares originários da própria FNR, foram depositados em cada ponto desta área, doze *litter bags* contendo amostras de espécies de eucaliptos. De forma que foram depositados 72 *litter bags* nas áreas de eucaliptais e 72 nos pontos da área controle, totalizando no uso de 144 *litter bags* durante os experimentos de mensuração da perda de massa da serapilheira foliar.

A partir da distribuição dos *litter bags* nas áreas amostrais, a coleta do material foi realizada mensalmente, sendo recolhidas três amostras de cada espécie (*Eucalyptus ssp.* e espécies da área controle), em cada área amostral, totalizando doze *litter bags* recolhidos a cada 30 dias, sendo seis amostras contendo material da área controle e seis das áreas de eucaliptais. Deste modo, o experimento para mensurar a perda de massa da fração foliar teve duração de um ano, possibilitando mensurar a perda de massa durante os períodos secos e úmidos de alta precipitação (COSTA *et al.*, 2005). Os *litter bags* foram acometidos nas áreas amostrais em 15 de dezembro de 2018, sendo a primeira coleta realizada no dia 15 de janeiro de 2019 e a última no dia 15 de dezembro 2019.

O recolhimento de dados em campo foi realizado cuidadosamente para que não ocorressem perdas de massa do material durante a coleta e transporte. Os *litter bags* coletados foram transportados até o laboratório dentro de sacos plásticos bem vedados. Já no laboratório, primeiro era realizado o processo de triagem (Figura 4), com o auxílio de pincel e pinça, onde a fração foliar era separada das demais partes, tais como, raízes, insetos, partículas de solo, dentre outros. Posteriormente, a fração foliar era levada para estufa à 75°C, onde permanecia até alcançar peso constante. Após, era realizada a pesagem final e, assim, mensurada a perda de massa da serapilheira foliar (GUO e SIMS, 1999; SCORIZA *et al.*, 2012; SILVA-JUNIOR *et al.*, 2014; VIEIRA *et al.*, 2014).



Figura 4: Processo de triagem do material amostral.

Para calcular o percentual do peso seco da fração foliar remanescente nos *litter bags* após cada coleta foi utilizada a equação (GUO e SIMS, 1999):

$$W\% = W_t / W_0 \times 100 \quad (\text{Eq.1})$$

Onde: **W%**: percentual de folhas restantes; **W_t**: peso seco (g) das folhas remanescentes no *litter bag* no tempo **t** (t = 1, 2, 3, ..., 12 meses); **W₀**: peso seco inicial (g) das folhas no *litter bag*.

Para o cálculo do coeficiente de decomposição (k) da fração foliar da serapilheira ao longo do período de análises foi utilizado o ajuste de modelo exponencial (THOMAS e ASAKAWA, 1993):

$$X_t = X_0 * e^{-kt} \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde: **X_t**: peso seco (g) do material remanescente após t dias; **X₀**: peso inicial (g) de material seco no tempo zero (t=0); **k**: constante de decomposição; **t**: tempo em anos.

Já o tempo de meia vida ($t^{1/2}$) foi calculado segundo Rezende *et al.* (1997), pela equação:

$$t_{0,5} = \ln(2)/k \quad (\text{Eq. 3})$$

k: coeficiente de decomposição calculada pela fórmula ($X_t = X_0 * e^{-kt}$).

4.3. Capacidade de Retenção Hídrica

Para obtenção da capacidade de retenção hídrica da serapilheira foi utilizada a metodologia proposta por Blow (1955), que consiste em análises laboratoriais das amostras de serapilheira coletadas em campo. As amostras coletadas ficaram imersas em água durante o período de 90 minutos, para serem então pesadas em uma balança de precisão (GEHAKA, Brasil), sendo determinado o peso inicial. Logo após esta primeira pesagem, as amostras são acondicionadas em estufa (Odontobras, Brasil), a 85°C de temperatura, até atingirem peso constante, registrado como peso seco final das amostras (Figura 5).



Figura 5: Procedimentos laboratoriais realizados para a obtenção da CRH.

A capacidade de retenção hídrica foi calculada em função do peso seco final do material amostrado, como:

$$(PI - PF / PF) \times 100 = \text{Teor de Umidade Armazenado} \quad (\text{Eq. 4})$$

Onde: **PI** = Peso úmido inicial; **PF** = Peso seco final.

4.4. Análises Químicas da Serapilheira

Visando obter às características químicas da serapilheira amostrada, foram realizadas análises sobre a composição do material vegetal coletado nas áreas experimentais. Após a realização da coleta, as amostras foram enviadas para o “Semear, Laboratório de Análises de Solos e Folhas – UninCor”, onde foram quantificados os teores de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S), micronutrientes (B, Cu, Mn, Zn, Fe) e frações orgânicas (ligninas, celulose e polifenóis).

O N, após digestão sulfúrica, foi determinado pelo método de Kjeldahl (BREMNER e MULVANEY, 1982). Após digestão nítrico-perclórica, o P, foi determinado por colorimetria; o S por turbimetria; o K por fotometria de chama; e o Ca, Cu, Fe, Mg, Mn e Z, por espectrofotometria de absorção atômica. O B, após incineração, foi determinado por colorimetria (BATAGLIA *et al.*, 1983; MALAVOLTA *et al.*, 1989). A concentração de macronutrientes foi expressa em g/kg^{-1} , e dos micronutrientes em mg/kg .

Para determinação do teor de celulose e lignina, utilizou-se o método de fibra em detergente ácido (FDA), baseado no método de Van Soest e Wine (1968). A concentração dos polifenóis solúveis foi determinada pelo reagente de Folin-Denis em meio básico realizando-se a leitura de absorbância a 760 nm (ANDERSON e INGRAM, 1996). A concentração de lignina, celulose e polifenóis, nas amostras, foi expressa em g/kg^{-1} .

4.5. Análises Físicas e Químicas do *Topsoil*

Foram realizadas análises químicas e físicas de amostras retiradas do topo do solo em cada área amostral, onde foram determinados a textura, o teor de matéria orgânica e nutrientes básicos. Foram utilizadas amostras compostas, que consistem na união de várias coletas de amostras simples, recolhidas aleatoriamente em campo. As áreas selecionadas para análises foram separadas em glebas, onde foram coletadas 10 amostras retiradas no topo do solo dentro de 1 ha. As glebas foram perfuradas com o auxílio de um trado

holandês manual e uma cavadeira articulada com cabo de madeira (Figura 6), alternando em forma de “zigzag” a direção das coletas, visando possibilitar a coleta de amostras pela maior parte das áreas amostrais. As coletas foram realizadas longe de casas, brejos e sulcos de erosão, visando evitar influências não desejadas nas análises.

A profundidade perfurada para o recolhimento das amostras foi de 0 – 40 cm e o solo coletado foi acondicionado em um balde de plástico previamente higienizado (Figura 6). O solo foi homogeneizado e, dessa mistura, retirou-se uma porção de 500 g, que foram acondicionados em sacos plásticos devidamente identificados, e posteriormente enviados ao Laboratório de Análises de Solo, do Departamento de Ciência do Solo (DCS) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), onde foram realizadas as análises laboratoriais.



Figura 6: Procedimentos realizados para a coleta de amostras do solo.

A análise granulométrica foi conduzida pelo método da Pipeta conforme descrito no item D.1 do manual da Embrapa (ALMEIDA *et al.*, 2012).

As análises químicas foram realizadas conforme os métodos descritos no manual de métodos de análise de solo da Embrapa, onde ocorreu a preparação das amostras para as análises seguindo os seguintes procedimentos: inicialmente, as amostras identificadas foram distribuídas sobre folhas de papel, para serem destorroadas manualmente. Em seguida, realizou-se uma completa secagem das amostras em uma estufa com circulação de ar forçada, à uma temperatura de 40°C. Posteriormente, as amostras foram destorroadas utilizando um rolo de madeira, de maneira à evitar a quebra de rochas. Por último, as amostras foram acondicionadas em uma peneira com malha de 2 mm, visando o descarte da parte da amostra retida na peneira. Finalmente, obtendo a terra fina seca ao ar (TFSA), que foi alocada em um recipiente apropriado, devidamente identificado, para que fossem realizadas as análises (EMBRAPA, 1997). As áreas estudadas apresentam topo de solo ácido e de baixa fertilidade (Tabela 1).

Tabela 1: Características químicas do *Topsoil*, na profundidade de 0 - 40 cm. Valores entre parênteses são relativos ao desvio padrão.

Área amostral	pH	K	P	Ca	Mg	Al	H + Al
		mg/dm ³		cmolc/dm ³			
Área controle	4,80 (0,50)	33,03 (3,47)	0,42 (0,06)	0,11 (0,03)	0,1 (0,02)	0,94 (0,07)	3,31 (0,17)
<i>Eucalyptus spp.</i>	5,33 (0,29)	27,63 (13,43)	0,33 (0,13)	0,15 (0,09)	0,1 (0,00)	0,16 (0,20)	3,82 (1,08)

pH em água, KCl e CaCl₂ – Relação 1:2,5; P- K- Extrator Mehlich 1; Ca- Mg- Al- Extrator: KCl - 1 mol/L H + Al - Extrator: SMP.

Foi realizada ainda, uma análise relacionada às características dos agregados do solo, onde foram coletadas três amostras em cada domínio, escolhidas aleatoriamente, no entorno das parcelas em que estavam localizados os *litter bags*, nas profundidades de 0 à 20 cm, correspondendo a seis amostras de solo para estas análises. Para isso foi mensurada, no laboratório de Geologia

e Pedologia da Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ) a quantidade e distribuição dos agregados estáveis à agitação mecânica a seco. Onde o conjunto de peneiras foi submetido a movimentos rotatórios com vibração, visando determinar o percentual de agregados do solo em diferentes classes de tamanhos (EMBRAPA, 1997).

4.6. Análises Estatísticas

Foram realizadas análises estatísticas visando testar as hipóteses deste estudo. Para o teste do efeito espécie-específico, foi realizada: comparação das taxas de decomposição, CRH, concentração de nutrientes entre amostras de serapilheira de eucaliptais e área controle por meio de Teste-t de Student para comparações par-a-par (amostras controle x *Eucalyptus spp.*) (H1).

Para testar o efeito do ambiente sobre os processos ecossistêmicos avaliados, realizou-se: comparação do coeficiente de decomposição das amostras de serapilheira provenientes da área de *Eucalyptos spp.* e oriundas da área controle, depositadas nas distintas áreas amostrais, por meio de Teste-t de Student (área controle x área *Eucalyptus spp.*) (H2).

Foram também realizadas análises de correlação de Pearson entre os dados de decomposição foliar, capacidade de retenção hídrica e concentrações de nutrientes nas amostras de serapilheira e solo, e textura do solo, a fim de verificar quais características das amostras de serapilheira e do solo afetaram as taxas de decomposição e capacidade de retenção hídrica das amostras de serapilheira (H3).

Ainda visando detectar uma possível combinação (sinérgica, antagônica ou somatória) entre os efeitos de espécie-específicos e do ambiente sobre a decomposição e a capacidade de retenção hídrica das amostras de serapilheira, foram realizados testes utilizando uma ANOVA multifatorial (H4).

Todos os testes estatísticos foram executados através dos softwares de estatísticas, Microsoft Excel e Paleontological Statistics Software (PAST).

5. RESULTADOS

5.1. Taxa de Decomposição da Serapilheira

As taxas de decomposição da serapilheira, mensuradas para a área controle e para as áreas de eucaliptais, corroboram à primeira hipótese, onde as amostras provenientes da área controle apresentaram maior taxa de perda de massa foliar, e consequentemente, maior coeficiente de decomposição (k). Na área controle, as amostras de serapilheira provenientes desta área, apresentaram as maiores taxas de decomposição, apontando para valores percentuais de massa foliar remanescente nos *litter bags*, ao final dos experimentos, iguais a 45,8%; 44,1%; e 41,7%, com valor médio igual a 43,9% (DP: 2,06). As amostras coletadas nas áreas de eucaliptais apontaram valores de massa remanescente iguais a 53,6%; 56,2%; e 55,7%, apresentando valor médio igual a 55,2% (DP: 1,38) (Figura 7).

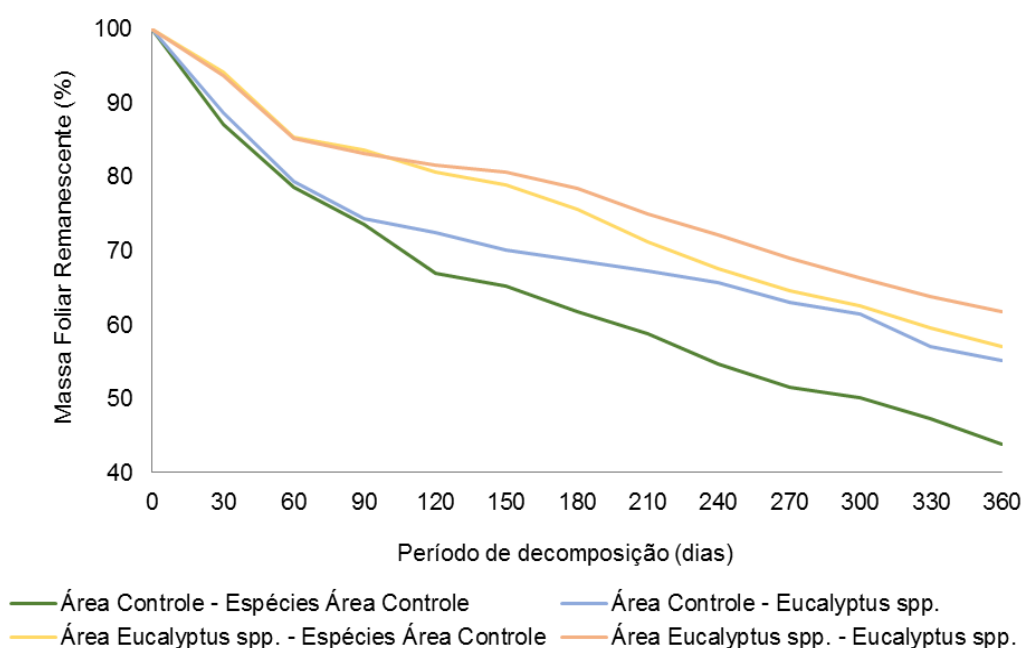


Figura 7: Média do percentual de material foliar remanescente nos *litter bags*, ao longo do período de duração do experimento. O gráfico apresenta a perda de massa das amostras de serapilheira alocadas em sua própria área de origem, assim como nas áreas cruzadas.

Nos eucaliptais, as amostras de serapilheira contendo as espécies coletadas na área controle, também apresentaram maiores percentuais de perda

de massa foliar quando comparadas com as espécies de *Eucalyptus spp.* Nestas áreas, as espécies coletadas na área controle apresentaram valores para o percentual de massa foliar remanescente nos *litter bags* iguais a 52,6%; 59,6%; e 59,1%, apresentando valor médio igual a 57,1% (DP: 3,91). Já as amostras coletadas nas próprias áreas de eucaliptais, apontaram para valores de massa remanescente ao fim do estudo iguais a 60,2%; 62,4%; e 62,7%, com valor médio igual a 61,8% (DP: 1,42). A figura 7, ilustra a média do percentual da perda de massa foliar da serapilheira das espécies amostradas, ao longo dos 360 dias de experimentos, depositadas nas distintas áreas experimentais.

A partir do percentual de massa foliar remanescente nos *litter bags*, foram obtidos os valores para o coeficiente de decomposição (k) da serapilheira. Dentre os *litter bags* alocados na área controle, os contendo amostras coletadas na FNR (área controle) apresentaram maiores valores de coeficiente de decomposição, apontando valores de (k) iguais a 0,78; 0,82; e 0,87, sendo o valor médio igual a 0,82 (DP: 0,05). As amostras coletadas nas áreas de eucaliptais apresentaram valores de (k) iguais a 0,62; 0,57; e 0,58, e valor médio igual a 0,59 (DP: 0,03). As amostras de serapilheira coletadas na área controle apontaram coeficiente de decomposição significativamente maior que os das amostras provenientes das áreas de eucaliptais (Teste t- de Student, $p < 0,05$; Tabela 2). Quando comparadas entre si (Espécies área controle x Espécies área controle e *Eucalyptus spp.* x *Eucalyptus spp.*), não foram constatadas diferenças estatísticas entre as amostras (*One-way ANOVA*, $p < 0,05$).

Nas áreas experimentais compostas por *Eucalyptus spp.*, os valores relacionados ao coeficiente de decomposição (k) foram os seguintes. As amostras oriundas da área controle apontaram valores de (k) iguais a 0,55; 0,51; 0,52, com o valor médio igual a 0,53 (DP: 0,02). Esses valores são superiores aos obtidos nas amostras coletadas nas próprias áreas de eucaliptais, que apresentaram valores de k iguais a 0,48; 0,47; 0,50, com média de 0,48 (DP: 0,02). Também nestas áreas (eucaliptais), as amostras de serapilheira provenientes da área controle demonstraram valores de coeficiente de

decomposição significativamente mais elevados que os das amostras oriundas das áreas de *Eucalyptus spp.* (Teste t- de Student, $p < 0,05$; Tabela 2). Quando comparadas entre si (Espécies área controle x Espécies área controle e *Eucalyptus spp.* x *Eucalyptus spp.*), as amostras não apontaram diferenças estatísticas (One-way ANOVA, $p < 0,05$).

Tabela 2: Valores do coeficiente de decomposição (k), após 360 dias de experimento, e tempo de meia-vida para a decomposição das espécies avaliadas, depositadas nas distintas áreas experimentais.

Área Amostral	Espécie	C. D. (k)			Média	DV	t _{0,5}
Área Controle	Área Controle	0,78 ^A	0,82 ^A	0,87 ^A	0,82	0,05	319,95
	<i>Eucalyptus spp.</i>	0,62 ^B	0,57 ^B	0,58 ^B	0,59	0,03	439,56
Eucaliptais	Área Controle	0,55 ^A	0,51 ^A	0,52 ^A	0,53	0,02	478,08
	<i>Eucalyptus spp.</i>	0,48 ^B	0,47 ^B	0,50 ^B	0,48	0,02	510,19

*Letras distintas entre as linhas dentro da mesma área amostral, indicam diferenças estatísticas entre as amostras (Teste t- de Student, $p < 0,05$). C.D. (k) - Coeficiente de decomposição (k); DV - Desvio Padrão; t_{0,5} - Tempo de meia vida.

Em relação à influência do ambiente sobre a decomposição (teste de H2), a perda de massa foliar foi mais acelerada na área controle, que nas áreas de eucaliptais, confirmando a segunda hipótese testada neste estudo. Quando comparadas às taxas de decomposição da serapilheira das mesmas espécies depositadas nos diferentes ambientes, verificou-se que as amostras alocadas na área controle apontaram para valores de coeficiente de decomposição (k) significativamente maiores que quando depositadas nas áreas de eucaliptais (Teste t- de Student, $p < 0,05$). Sendo o coeficiente de decomposição médio igual a 0,82 para as amostras instaladas na área controle, e 0,53, para amostras depositadas nas áreas de eucaliptos (Tabela 3).

Tabela 3: Coeficiente de decomposição (k), para as amostras de serapilheira das espécies controle depositadas nas distintas áreas amostrais.

Espécies	Área Amostral	C. D. (k)			Média	DV	t _{0,5}
Área Controle	Área controle	0,78 ^A	0,82 ^A	0,87 ^A	0,82	0,05	319,95
	Eucaliptais	0,55 ^B	0,51 ^B	0,52 ^B	0,53	0,02	478,08

*Letras distintas entre as linhas indicam diferenças estatísticas entre as amostras (Teste t- de Student, $p < 0,05$). C.D. (k) - Coeficiente de decomposição (k); DV - Desvio Padrão; t_{0,5} - Tempo de meia vida.

Ocorrendo da mesma maneira para as amostras de serapilheira de *Eucalyptus spp.*, que demonstraram valores de coeficiente de decomposição significativamente mais elevados para as amostras instaladas na área controle, que apontaram valor médio de (k) igual a 0,59, enquanto as amostras alocadas nas áreas de eucaliptais apresentaram valor médio igual a 0,49 (Tabela 4).

Tabela 4: Coeficiente de decomposição (k), para as amostras de serapilheira das espécies de *Eucalyptus spp.*, depositadas nas distintas áreas amostrais.

Espécies	Área Amostral	C. D. (k)			Média	DV	t _{0,5}
<i>Eucalyptus spp.</i>	Área controle	0,62 ^A	0,57 ^A	0,58 ^A	0,59	0,03	439,56
	Eucaliptais	0,48 ^B	0,47 ^B	0,50 ^B	0,49	0,02	510,19

*Letras distintas entre as linhas indicam diferenças estatísticas entre as amostras (Teste t- de Student, p < 0,05). C.D. (k) - Coeficiente de decomposição (k); DV - Desvio Padrão; t_{0,5} - Tempo de meia vida.

Ainda é possível observar que quando comparadas as amostras coletadas na área controle, que foram depositadas nas áreas de eucaliptais, com as amostras de *Eucalyptus spp.*, alocadas na área controle, as amostras de eucaliptais conseguem obter um coeficiente de decomposição (k), significativamente mais alto que o das amostras provenientes da área controle (Teste t- de Student, p < 0,05; Tabela 5), reforçando a grande influência da qualidade do meio sobre a decomposição da serapilheira.

Tabela 5: Coeficiente de decomposição (k), para as amostras de serapilheira, depositadas de forma cruzada nas distintas áreas amostrais.

Área Amostral	Espécie	C. D. (k)			Média	DV	t _{0,5}
Área controle	<i>Eucalyptus spp.</i>	0,62 ^A	0,57 ^A	0,58 ^A	0,59	0,05	439,56
Eucaliptais	Área controle	0,55 ^B	0,51 ^B	0,52 ^B	0,53	0,03	478,08

*Letras distintas entre as linhas indicam diferenças estatísticas (Teste t- de Student, p < 0,05). C.D. (k) - Coeficiente de decomposição (k); DV - Desvio Padrão; t_{0,5} - Tempo de meia vida.

5.2. Capacidade de Retenção Hídrica

Para a capacidade de retenção hídrica, as amostras de serapilheira coletadas na área controle apresentaram valores significativamente maiores que as amostras das áreas de eucaliptais (Teste t- de Student, p < 0,05). As amostras provenientes da área controle apontaram valores que variaram entre 161,36% e

338,27%, com valor médio de 260,31%. Já nas amostras oriundas das áreas de eucaliptais, os valores variaram entre 72,24% e 155,86%, apresentando valor médio igual a 112,91 (Tabela 6).

Tabela 6: Média e desvio padrão do percentual da capacidade de retenção hídrica para as amostras provenientes da área controle e eucaliptais.

Espécies	Capacidade de Retenção Hídrica (%)					Média	DV
Área controle	161,36	168,83	197,51	205,61	291,18	260,31 ^A	69,10
	295,73	301,97	306,93	335,68	338,27		
<i>Eucalyptus spp.</i>	72,24	83,32	89,49	102,12	106,95	112,91 ^B	27,82
	116,27	121,54	129,07	152,22	155,86		

*Letras distintas indicam diferenças estatísticas entre as médias das amostras (Teste t- de Student, $p < 0,05$). DV – Desvio Padrão.

5.3. Composição Química da Serapilheira

As amostras provenientes da área controle demonstraram valores significativamente mais elevados para a concentração de N em relação as amostras oriundas das áreas de eucaliptais, sendo o valor médio para a concentração de N igual a 16,80 g/kg⁻¹ na serapilheira coletada na área controle, e 8,40 g/kg⁻¹ para as amostras originárias das áreas de eucaliptais. As amostras da área controle também apresentaram maior concentração de P, apontando média igual a 0,70 g/kg⁻¹, enquanto as amostras provenientes das áreas de eucaliptais demonstraram valor médio igual a 0,30 g/kg⁻¹, mas neste caso, não foram constatadas diferenças estatísticas significativas entre as amostras. Em relação à concentração de K, também não foram apontadas diferenças estatísticas entre as amostras, sendo que a serapilheira da área controle apresentou valor médio para a concentração deste macronutriente igual a 4,00 g/kg⁻¹, e as amostras coletadas nas áreas de eucaliptais valor médio igual a 3,70 g/kg⁻¹ (Tabela 7).

As amostras de serapilheira provenientes da área controle apontaram valores significativamente maiores na concentração de Mg, sendo o valor médio igual a 2,70 g/kg⁻¹ para as amostras desta área, e igual a 1,10 g/kg⁻¹ para as amostras das espécies de eucaliptais. Para a concentração de S, novamente o

valor obtido pelas amostras oriundas da área controle foram significativamente mais elevados, sendo o seu valor médio igual a 1,80 g/kg⁻¹, enquanto as amostras de *Eucalyptus spp.* demonstraram valor médio igual a 1,10 g/kg⁻¹. Quanto à concentração de Ca, não foram constatadas diferenças estatísticas entre as amostras de serapilheira. De forma que as amostras coletadas na área controle apontaram valor médio igual a 14,10 g/kg⁻¹, e as amostras oriundas das áreas de eucaliptais valor médio igual a 14,40 g/kg⁻¹ (Teste t- de Student, p < 0,05; Tabela 7).

Tabela 7: Valores médios para a concentração de macronutrientes na serapilheira amostrada das diferentes áreas experimentais. Valores entre parênteses são relativos ao desvio padrão.

Macronutrientes	N	P	K	Ca	Mg	S
	g/kg ⁻¹					
Espécies área controle	16,80 ^A (3,70)	0,70 ^A (0,20)	4,00 ^A (1,10)	14,10 ^A (2,85)	2,70 ^A (0,80)	1,80 ^A (0,60)
<i>Eucalyptus spp.</i>	8,40 ^B (2,10)	0,30 ^A (0,10)	3,70 ^A (1,20)	14,40 ^A (4,50)	1,10 ^B (0,30)	1,10 ^B (0,20)

*Letras distintas na mesma coluna indicam diferenças estatísticas entre as amostras (Teste t- de Student, p < 0,05).

Em relação ao teor das frações orgânicas (lignina, celulose e polifenóis) na serapilheira, as amostras provenientes da área controle demonstraram valores inferiores para a concentração destes elementos na sua composição. Nesta área, o valor médio apresentado para a concentração de lignina na fração foliar foi igual a 170,73 g/kg⁻¹, para a celulose a média foi igual a 166,76 g/kg⁻¹, e na concentração de polifenóis o valor médio foi de 32,47 g/kg⁻¹. Já as amostras oriundas das áreas de eucaliptais, apresentaram valor médio para a concentração de lignina igual a 216,67 g/kg⁻¹, para a concentração de celulose média igual a 190,33 g/kg⁻¹, e para a concentração de polifenóis o valor médio foi igual a 64,67 g/kg⁻¹. De forma que foram apontadas diferenças estatísticas significativas na concentração das frações orgânicas no material foliar amostrado das distintas áreas (Teste t- de Student, p < 0,05; Tabela 8).

Tabela 8: Valores médios para a concentração das frações orgânicas (lignina, celulose e polifenóis), na serapilheira amostrada das distintas áreas experimentais. Valores entre parênteses são relativos ao desvio padrão.

Frações orgânicas	Lignina	Celulose	Polifenóis
	g/kg ⁻¹		
Espécies área controle	170,73 ^A (10,37)	166,76 ^A (13,17)	32,47 ^A (8,56)
<i>Eucalyptus spp.</i>	216,67 ^B (13,69)	190,33 ^A (8,62)	64,67 ^B (9,86)

*Letras distintas na mesma coluna indicam diferenças estatísticas entre as amostras (Teste t- de Student, $p < 0,05$).

Relativo à concentração dos micronutrientes na composição da serapilheira amostrada, os valores apresentaram-se da seguinte maneira. O B apareceu de forma mais abundante nas amostras recolhidas na área controle, com valor médio igual a 53,03 Mg/kg, enquanto nas amostras de *Eucalyptus spp.* o valor médio foi igual a 49,47 Mg/kg. Para a concentração de B na serapilheira não foram constatadas diferenças estatísticas entre as amostras. Nas amostras provenientes da área controle, o valor médio apresentado para a concentração de Cu (14,53 Mg/kg) foi significativamente mais elevado que a média apresentada pelas amostras de *Eucalyptus spp.* (4,01 Mg/kg). Ocorrendo da mesma forma para a concentração de Fe na serapilheira, sendo o valor médio apontado pelas amostras provenientes da área controle igual a 972,06 Mg/kg, enquanto as amostras coletadas nas áreas de eucaliptais apresentaram valor médio igual a 445,28 (Teste t- de Student, $p < 0,05$; Tabela 9).

Tabela 9: Valores médios para a concentração dos micronutrientes na serapilheira amostrada nas diferentes áreas experimentais. Valores entre parênteses são relativos ao desvio padrão.

Micronutrientes	B	Cu	Mn	Zn	Fe
	Mg/kg				
Espécies área controle	53,03 ^A (10,66)	14,53 ^A (3,93)	498,38 ^A (51,29)	26,24 ^A (5,57)	972,06 ^A (119,23)
<i>Eucalyptus spp.</i>	49,47 ^A (7,73)	4,01 ^B (1,22)	532,63 ^A (71,54)	24,05 ^A (19,08)	445,28 ^B (84,77)

*Letras distintas na mesma coluna indicam diferenças estatísticas entre as amostras (Teste t- de Student, $p < 0,05$).

Em relação à concentração de Mn não foram constatadas diferenças estatísticas significativas entre as amostras de serapilheira. Para as amostras coletadas na área controle o valor médio apontado foi igual a 498,38 Mg/kg, e para as amostras oriundas das áreas de eucaliptais o valor médio foi igual a 532,63 Mg/kg. Da mesma forma, não foram apontadas diferenças estatísticas entre as amostras de serapilheira para a concentração de Zn. Na qual as amostras provenientes da área controle apontaram valor médio igual a 26,24 Mg/kg, e as amostras advindas das áreas de eucaliptais demonstraram valor médio igual a 24,05 Mg/kg (Teste t- de Student, $p < 0,05$; Tabela 9).

5.4. Análises Químicas e Físicas do *Topsoil*

As áreas experimentais apresentaram solos ácidos, sendo que as amostras coletadas na área controle apontaram pH médio igual a 4,80, e as amostras provenientes das áreas de eucaliptais pH médio igual a 5,30. Não foram detectadas diferenças estatísticas significativas entre os valores apresentados. Os solos amostrados são distróficos, demonstrando valores para soma de bases trocáveis (SB) abaixo de 1,2 cmolc/dm³, e índice de saturação de bases (V) menor que 25%. De forma que na área controle os valores para a SB obteve média igual a 0,34 cmolc/dm³, e para o V valor médio igual a 7,52%. As amostras oriundas das áreas de eucaliptais apontaram média igual a 0,43 cmolc/dm³ para a SB e 11,12% para o V. Não foram constatadas diferenças estatísticas significativas entre as amostras (Teste t- de Student, $p < 0,05$; Tabela 10).

As amostras da área controle demonstraram solos álicos ($m > 50\%$), enquanto as amostras provenientes das áreas de eucaliptais apresentaram solos acrícos ($m < 50\%$), sendo constatadas diferenças estatísticas entre o *topsoil* das distintas áreas experimentais. Para a concentração de Matéria orgânica (M.O.), as amostras oriundas da área controle apresentaram valor médio igual a 1,16 dag/kg, e o material coletado nas áreas de eucaliptais, 1,72 dag/kg. Não foram constatadas diferenças estatísticas entre as amostras (Teste t- de Student, $p < 0,05$; Tabela 10).

Os solos amostrados apresentaram baixa Capacidade de Troca Catiônica Efetiva, CTC (t), com valor médio igual a 1,23 cmolc/dm³ para a área controle, e 0,81 cmolc/dm³ para as amostras provenientes das áreas de eucaliptais. Quanto à Capacidade de Troca Catiônica à pH 7,0, CTC (T), as amostras de solo coletadas na área controle apontaram valor médio igual a 3,60 cmolc/dm³, enquanto as amostras de *Eucalyptus spp.* apresentaram valor médio igual a 4,25 cmolc/dm³. Não foram constatadas diferenças estatísticas significativas entre as amostras de *topsoil* das distintas áreas avaliadas (Teste t- de Student, p < 0,05; Tabela 10).

Tabela 10: Valor médio das características químicas do solo nas distintas áreas experimentais. Valores entre parênteses são relativos ao desvio padrão.

Amostra	pH	SB	t	T	V	m	M.O.	P-Rem
		cmolc/dm ³			(%)		dag/kg	mg/L
Área Controle	4,8 ^A (0,50)	0,34 ^A (0,25)	1,23 ^A (0,44)	3,60 ^A (0,93)	7,95 ^A (2,35)	74,63 ^A (4,73)	1,16 ^A (0,16)	24,95 ^A (3,67)
<i>Eucalyptus spp.</i>	5,33 ^A (0,29)	0,43 ^A (0,30)	0,81 ^A (0,40)	4,25 ^A (0,81)	11,12 ^A (9,88)	43,25 ^B (9,98)	1,72 ^A (1,09)	9,58 ^B (5,44)

pH em água, KCl e CaCl₂ Relação 1:2,5; SB: Soma de Bases Trocáveis; CTC (t): Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; CTC (T): Capacidade de Troca Catiônica à pH 7,0; V: Índice de Saturação de Bases; m: Índice de Saturação de Alumínio; M.O.: Matéria Orgânica, Oxidação Na₂Cr₂O₇ 4N+ H₂SO₄ 10 N; P-Rem: Fósforo Remanescente.

*Letras distintas na mesma coluna indicam diferenças estatísticas entre as amostras (Teste t- de Student, p < 0,05).

Em relação aos valores de fósforo remanescentes (P-Rem) nas amostras, índice que detecta a capacidade de retenção de fósforo pelos solos, onde quão maior for a capacidade de retenção de P, menor será o valor do P-Rem (ALVAREZ *et al.*, 2001), as amostras provenientes das áreas de *Eucalyptus spp.* demonstraram maior capacidade de retenção de P, apresentando valor médio para o P-Rem igual a 9,58 mg/L, enquanto as amostras coletadas na área controle apontaram valor médio igual a 24,95 mg/L, sendo constatada diferenças estatísticas entre as amostras (Teste t- de Student, p < 0,05; Tabela 10). Tais valores estão relacionados com a textura do solo (Tabela 11), de forma que quanto mais fina for a textura do material maior a sua capacidade de retenção de P (NOVAIS SMYTH, 1999).

Quanto às características granulométricas do topo dos solos, as amostras oriundas da área controle apresentaram textura arenosa, apontando para um valor de fração de areia igual a 53,12%. As amostras provenientes das áreas de eucaliptais indicaram solos de textura argilosa, apresentando um percentual de 57,50%, para a fração de argila nestas amostras (Tabela 11).

Tabela 11: Características da textura do solo nas diferentes áreas amostrais.

Amostra	Classificação do solo	Argila	Silte	Areia
		dag/kg		
Área Controle	Solo tipo 1	35,55	11,33	53,12
		(3,79)	(3,21)	(5,51)
<i>Eucalyptus spp.</i>	Solo tipo 3	57,50	30,20	12,30
		(17,21)	(7,57)	(10,61)

Solo Tipo 1: Textura Arenosa; Solo Tipo 2: Textura Média; Solo Tipo 3: Textura Argilosa

Em relação aos agregados do solo, a área controle apresentou maior percentual de agregados maiores que 2 mm, apontando valor médio igual a 83,91%, para a concentração de agregados nesta classe de tamanho, enquanto as amostras provenientes das áreas de eucaliptais apresentaram valor médio igual a 78,44% (Tabela 13). Sendo constatada diferenças estatísticas entre as distintas amostras, para o percentual de agregados do solo maiores que 2 mm (Teste t- de Student, $p < 0,05$). Esta estrutura porosa do *topsoil* no solo da área controle favorece a infiltração dos fluxos das chuvas em direção ao seu interior (COELHO NETTO, 1987). A tabela 12 aponta os valores para o percentual de agregados do topo do solo, das distintas áreas experimentais. Enquanto a tabela 13, demonstra o percentual médio seguido do desvio padrão.

Tabela 12: Valores para o percentual de agregados no *topsoil* (0 – 20 cm), nos pontos amostrados dos diferentes domínios.

Área amostral	Ponto de Coleta	> 2mm	1 a 2 mm	0,5 a 1 mm	< 0,5 mm
Área Controle	A	84,70	11,30	2,62	1,38
	B	82,48	13,09	2,57	1,86
	C	84,56	11,52	1,50	2,42
<i>Eucalyptus spp.</i>	A	77,34	16,55	4,25	1,86
	B	74,21	20,08	3,99	1,72
	C	76,96	17,89	3,24	1,91

Tabela 13: Valores médios para o percentual de agregados no *topsoil* (0 – 20 cm) nos diferentes domínios. Valores entre parênteses são relativos ao desvio padrão.

Área amostral	> 2mm	1 a 2 mm	0,5 a 1 mm	< 0,5 mm
Área Controle	83,91 ^A (1,24)	11,97 ^A (0,97)	2,23 ^A (0,63)	1,89 ^A (0,52)
<i>Eucalyptus spp.</i>	76,17 ^B (1,71)	18,17 ^B (1,78)	3,83 ^A (0,52)	1,83 ^A (0,10)

*Letras distintas na mesma coluna indicam diferenças estatísticas entre as amostras (Teste t- de Student, $p < 0,05$).

6. DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

6.1. Taxa de Decomposição da Serapilheira

Os resultados apresentados neste estudo apontaram para taxas de decomposição significativamente maiores nas amostras coletadas na área controle, em comparação às recolhidas nas áreas de eucaliptais. Este fato pode ser observado nas distintas áreas experimentais deste estudo. De forma que tanto quando inseridas na área controle, ou quando alocadas nas áreas de *Eucalyptus spp.*, as amostras provenientes da área controle apontaram para maiores valores de coeficiente de decomposição (k), em relação às amostras oriundas das áreas de eucaliptais (Tabela 2), confirmando a primeira hipótese levantada nesta pesquisa, que versa sobre o papel das diferenças relacionadas aos fatores específicos de cada espécie na determinação da decomposição.

Os dados desta pesquisa se aproximam dos apontados na literatura e corroboram um padrão característico para decomposição da serapilheira em *Eucalyptus spp.* (GAMA-RODRIGUES e BARROS, 2002; COSTA *et al.*, 2005; VALADÃO *et al.*, 2019). Este padrão é representado por uma lenta decomposição da massa foliar (GUO e SIMS, 1999), devido à qualidade química do material vegetal, caracterizado principalmente por elevadas concentrações de ligninas e polifenóis (FACELLI e PICKETT, 1991; FERNANDES *et al.*, 2007). Além de baixa concentração de N, P, K e Mg (KEMP *et al.*, 1994; COSTA *et al.*, 2005; LIU *et al.*, 2006). Estudos apontam para uma lenta decomposição da serapilheira em diferentes espécies de *Eucalyptus spp.* (GUO e SIMS, 1999; VALADÃO *et al.*, 2019), com valores para o coeficiente de decomposição (k) que

variam entre 0,51 e 1,0 (ZAIA e GAMA-RODRIGUES, 2004), e 0,47 e 0,61 (VIEIRA *et al.*, 2013), valores considerados baixos quando comparados com florestas tropicais, nas quais, geralmente o valor de k ultrapassa à 1,0 (CABIANCHI, 2010; GIÁCOMO *et al.*, 2012; NAKAMURA *et al.*, 2020).

A composição química das espécies é destacada na literatura como fator que exerce grande influência na decomposição do material vegetal (DINIZ e PAGANO, 1997; FERNANDES *et al.*, 2007; FERNANDES *et al.*, 2007; VOGEL *et al.*, 2007). O teor de concentração dos nutrientes minerais na serapilheira interferem fortemente nesta decomposição (SWIFT *et al.*, 1979; FACELLI e PICKET, 1991; PORTES *et al.*, 1996; XU e HIRATA 2005; WEEDON *et al.*, 2009). Ocorrendo da mesma forma para a concentração de lignina, celulose e polifenóis (ABER e MELLILO, 1991; DINIZ e PAGANO, 1997). Estas características do material foliar determinam a fauna do solo e afetam a ação dos agentes decompositores (BROWN e SAUTTER, 2009), sendo determinante na decomposição da serapilheira e mineralização dos resíduos orgânicos (CRAGG e BARDGETT, 2001).

Neste contexto da composição química do material foliar e sua influência na decomposição, foi apontada forte correlação positiva entre a concentração de N e a decomposição da serapilheira amostrada ($r = 0,97$; Correlação de Pearson, $p < 0,01$). De maneira que as amostras contendo maior concentração de N demonstraram maiores taxas de decomposição, corroborando com a literatura (KEMP *et al.*, 1994; LIU *et al.*, 2006). Além desta relação com a concentração de N nas amostras, foram indicadas correlações positivas entre as concentrações de Mg, S e Cu nas amostras de serapilheira e sua decomposição (Mg, $r = 0,96$; S, $r = 0,91$; Cu, $r = 0,94$; Correlação de Pearson, $p < 0,01$). Este comportamento também é apresentado em outros estudos (COSTA *et al.*, 2005).

Ainda em relação com a qualidade do material foliar amostrado, foram estabelecidas correlações negativas entre a concentração de lignina ($r = -0,98$), polifenóis ($r = -0,94$; Correlação de Pearson, $p < 0,01$), e celulose ($r = -0,87$; Correlação de Pearson, $p < 0,05$) e a decomposição da serapilheira, sendo

indicada menor decomposição para as amostras que apontaram maiores concentrações destes elementos. Estes resultados corroboram com a literatura disponível, que demonstram menores taxas de decomposição em materiais vegetais que apresentam altas concentrações de lignina, celulose e polifenóis (ABER e MELLILO, 1991; DINIZ e PAGANO, 1997; GAMA-RODRIGUES *et al.*, 2003; COSTA *et al.*, 2005).

A alta concentração de ligninas e polifenóis estão associadas às baixas taxas de decomposição da serapilheira (DINIZ e PAGANO, 1997). Estes elementos são constituintes da estrutura dos materiais orgânicos que persistem nas folhas das espécies de eucaliptais (COSTA *et al.*, 2005). Eles estão ligados à baixa palatabilidade do material orgânico para a fauna edáfica (CABANÉ *et al.*, 2004), fator que contribui para baixas taxas de decomposição em áreas de plantações de eucaliptos (GAMA-RODRIGUES *et al.*, 2003). Tais fatores corroboram com a terceira hipótese, que versa sobre a relação entre a qualidade nutricional do material vegetal e a sua decomposição (FERNANDES *et al.*, 2007).

Em relação à segunda hipótese (H2), que versa sobre a influência do meio sobre a decomposição, observou-se que as amostras quando depositadas na área controle, demonstraram maior velocidade na perda de massa da serapilheira que quando alocadas nas áreas de *Eucalyptus spp.* (Tabela 3 e 4). Este comportamento é observado quando as amostras são comparadas entre si (Espécies área controle x Espécies área controle, e, *Eucalyptus spp.* x *Eucalyptus spp.*), apontando maior taxa de decomposição para as amostras de serapilheira depositadas na FNR, tanto para as amostras oriundas da própria área controle, quanto para as amostras provenientes das áreas de eucaliptais. Tal fator destaca a forte influência do ambiente na decomposição da serapilheira, corroborando com a segunda hipótese aqui testada.

O maior coeficiente de decomposição indicado pela área controle, pode ser explicado pela grande heterogeneidade de espécies vegetais presentes nesta área, que propicia maior disponibilidade de recursos e condições, favorecendo maior riqueza e diversidade biológica (PÁDUA e CHIARAVALLI, 2007).

2012), incluindo uma fauna edáfica mais diversificada, fator que propicia taxas de decomposição da serapilheira mais aceleradas nestes ambientes (GONZÁLEZ *et al.*, 2001; FERNANDES *et al.*, 2007). A diversidade dos organismos da fauna edáfica estão associadas às características dos ecossistemas, como o tipo de solo, qualidade da vegetação predominante, e o clima (LAVELLE e PASHANASI, 1989). De maneira que em monoculturas de *Eucalyptus spp.* são oferecidas condições menos favoráveis para os agentes decompositores coexistirem e se estabelecerem (WARREN e ZOU, 2002), devida a menor diversidade de espécies disponíveis nestes ambientes, somado ao fato da serapilheira foliar apresentada ser de baixa qualidade nutricional (COSTA *et al.*, 2005).



Figura 8: Amostras de serapilheira de *Eucalyptus spp.*, com o mesmo período de decomposição (6 meses), alocadas nas distintas áreas experimentais. A amostra “A” foi depositada na área controle, enquanto a “B” foi alocada em área de eucaliptais.

A baixa qualidade nutricional apresentada pela serapilheira de *Eucalyptus spp.* (GAMA e RODRIGUES, 2003, COSTA *et al.*, 2005; FORRESTER *et al.*, 2006), torna o material foliar menos atrativo para a fauna do solo responsável pela sua decomposição (FORRESTER *et al.*, 2006). Estes materiais são menos

palatáveis para os agentes decompositores (CABANÉ *et al.*, 2004), acarretando em uma menor diversidade destes organismos em áreas de monoculturas (GONZÁLEZ *et al.* 2001), fator que propicia baixas taxas de decomposição nestas áreas (VOGEL *et al.*, 2007). Agravando o fato da pouca diversidade de espécies e baixa qualidade do material foliar apresentado em áreas de monoculturas, existem ainda nestas áreas o uso indiscriminado de produtos químicos visando eliminar os organismos não desejados (FREITAS, 2007). Fator que diminui ainda mais a diversidade de espécies da fauna edáfica nestes ambientes, interferindo em alguns níveis da cadeia trófica estabelecida nos solos, e alterando drasticamente os processos realizados através da decomposição da serapilheira (ODUM, 1983).

A fauna do solo demonstra ser sensível as modificações realizadas nos ambientes, principalmente as que estão ligadas as ações antrópicas na alteração de uso do solo visando o cultivo de monoculturas (WARREN e ZOU, 2002). De forma que a depender da intensidade dos impactos causados ao ambiente, irá ocorrer a diminuição da diversidade da fauna edáfica nas áreas afetadas (BARETTA *et al.*, 2011), resultando em alterações na dinâmica do funcionamento destes ecossistemas (BROWN e SAUTTER, 2009).

Aliado a estes fatores, ainda existem as diferenças na quantidade de umidade presente nestas áreas, fator de grande importância para a decomposição da serapilheira (COSTA *et al.*, 2005; MONTEZUMA, 2005). Como apontado, a área controle apresentou maior capacidade de retenção hídrica que as áreas de *Eucalyptus spp.* (Tabela 6). Isto indica uma maior quantidade de água armazenada no compartimento de interação solo/serapilheira (COELHO NETTO, 2005), no ambiente da área controle, propiciando maiores taxas de decomposição nesta área (COSTA *et al.*, 2005). De forma que foi estabelecida forte correlação positiva entre a capacidade de retenção hídrica e a decomposição da serapilheira ($r = 0,97$; Correlação de Pearson, $p < 0,01$).

Comparando com outras pesquisas, os valores apresentados neste estudo se aproximam dos dados visto na literatura nacional e internacional. Em

estudos realizados no município de campos dos Goytacazes-RJ, para amostras de serapilheira de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus pellita*, foram apontados coeficiente de decomposição (k) iguais a 0,59 e 0,51, respectivamente (ZAIA e GAMA RODRIGUES, 2004). Em Eldorado do Sul-RS, em plantio misto de *E. urophylla* x *E. globulus maidenii* foi apontado coeficiente de decomposição igual a 0,54 (SHUMACHER *et al.*, 2013). Analisando *Eucalyptus urophylla*, no município de Vitória da Conquista-BA, foi encontrado coeficiente de decomposição igual a 0,52 (PINTO *et al.*, 2016). Em pesquisa desenvolvida no Distrito Federal, em análises de *Eucalyptus spp.*, foi apontado coeficiente de decomposição igual a 0,34 (VALADÃO *et al.*, 2019) (Tabela 14).

Tabela 14: Coeficiente de Decomposição (k) da serapilheira, em *Eucalyptus spp.*

Vegetação	Localização	(k)	Referências
<i>Eucalyptus spp.</i>	São João del-Rei - MG	0,48	Neste estudo
<i>Eucalyptus spp.</i>	São João del-Rei - MG	0,47	Neste estudo
<i>Eucalyptus spp.</i>	São João del-Rei - MG	0,50	Neste estudo
<i>E. camaldulensis</i>	Campos dos Goytacazes - RJ	0,59	Zaia e Gama - Rodrigues (2004)
<i>E. pellita</i>	Campos dos Goytacazes - RJ	0,51	Zaia e Gama - Rodrigues (2004)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. globulus maidenii</i>	Eldorado do Sul - RS	0,54	Shumacher <i>et al.</i> (2013)
<i>E. urophylla</i>	Vitória da Conquista - BA	0,52	Pinto <i>et al.</i> (2016)
<i>Eucalyptus spp.</i>	Brasília - DF	0,34	Valadão <i>et al.</i> (2019)
<i>Eucalyptus spp.</i>	Queensland - Austrália	0,54	Wang <i>et al.</i> (2019)
<i>Eucalyptus spp.</i>	Queensland - Austrália	0,33	Wang <i>et al.</i> (2019)
<i>E. cloeziana</i>	Manica - Moçambique	0,51	Olson <i>et al.</i> (2019)
<i>E. urophylla</i>	São João del-Rei - MG	0,48	Pinto e Negreiros (2020)
<i>E. citriodora</i>	São João del-Rei - MG	0,53	Pinto e Negreiros (2020)

*Coeficiente de Decomposição (k)

Em análises realizadas em Queensland, na Austrália, em amostras de *Eucalyptus spp.* (plantio composto por mais de 10 espécies diferentes de eucaliptais), foram apontados coeficiente de decomposição iguais a 0,54 e 0,33 (WANG *et al.*, 2019). Em Manica, Moçambique, em povoamento de *Eucalyptus cloeziana*, foi expresso coeficiente de decomposição igual a 0,51 (OLSON *et al.*, 2019). Estudos desenvolvidos utilizando serapilheira de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus citriodora*, demonstraram coeficiente de decomposição iguais a 0,48 e 0,53, respectivamente (PINTO e NEGREIROS, 2020) (Tabela 14).

Outra tendência recorrente observada nas taxas de decomposição da serapilheira de *Eucalyptus spp.*, é referente à alteração temporal das taxas de perda de material foliar, sendo esta mais acelerada no início dos experimentos, seguida por uma redução com o avançar do período amostral. Dois fatores principais podem subsidiar essa tendência: (1) o início do estudo coincidiu com o período de maior precipitação nas áreas estudadas, o que propicia maior perda de massa pelo material foliar (COSTA *et al.*, 2005; GARCÍA-PALACIOS *et al.*, 2013); e (2) taxas maiores no início podem ser derivadas das alterações nas próprias características químicas do material em decomposição, inicialmente mais rico em compostos de alta labilidade e, com a perda do material lábil, restam as partes mais resistentes (menos lábeis) do material orgânico, o que dificulta a decomposição, que se torna mais lenta (MOMOLLI, 2011). Desta forma, a grande parte das estruturas mais resistentes, com alto teor de lignina, celulose e polifenóis, permanecem por mais tempo no material, reduzindo a taxa de perda de massa ao longo do tempo (COSTA *et al.*, 2005; CARVALHO *et al.*, 2009; LIMA *et al.*, 2015).

Em relação à quarta hipótese testada, que investigou uma possível combinação entre os efeitos específicos de cada espécie e a influência do ambiente sobre a decomposição e a capacidade de retenção hídrica da serapilheira. Foi verificado que os dois fatores trabalham de maneira que se potencializam, sendo apontada uma correlação estatística de interação

somatória, entre a qualidade do material vegetal e a qualidade do ambiente, com o melhor funcionamento dos processos avaliados (*Two-way ANOVA*, $p < 0,01$).

É importante salientar que as taxas de decomposição encontradas neste estudo não apontaram correlações estatísticas significativas com as características químicas e físicas do solo, diferentemente do que ocorreu para as características químicas do material foliar.

6.2. Capacidade de Retenção Hídrica

Como apresentado, este estudo apontou capacidade de retenção hídrica significativamente maior para as amostras provenientes da área controle, fato que corrobora a primeira hipótese proposta neste estudo. Esta maior capacidade de retenção hídrica apresentada pelo material foliar da área controle está relacionada à susceptibilidade do material vegetal para decomposição, devido a sua composição química e física (Vallejo, 1982), assim como os fatores relacionados à adsorção e absorção do material foliar (VOIGT e WALSH, 1976). O ambiente da área controle apresenta uma decomposição da serapilheira mais acelerada, gerando folhas com mais áreas para a absorção de água (Vallejo, 1982), diferente das folhas de *Eucalyptus spp.*, onde a fração foliar da serapilheira encontra-se em melhor estado de conservação (Figura 8).

A composição química do material foliar, é ressaltada na literatura como fator de grande influência sobre a capacidade de retenção hídrica da serapilheira (VOIGT e WALSH, 1976; CABANÉ *et al.*, 2004). Neste contexto, este estudo apontou para uma forte correlação negativa entre a concentração de lignina ($r = -0,98$) e polifenóis ($r = -0,94$), com a capacidade de retenção hídrica do material foliar amostrado (Correlação de Pearson, $p < 0,01$). Estas frações orgânicas que fazem parte da composição da folhagem funcionam como uma capa que as impermeabilizam, dificultando a retenção de água pelo material foliar (CABANÉ *et al.*, 2004).

Ainda relacionada à qualidade do material, foi apontada correlação estatística positiva entre a CRH e a concentração de N, Mg, Cu e S (N, $r = 0,97$;

Mg, $r = 0,97$; Cu, $r = 0,95$; Correlação de Pearson, $p < 0,01$; S, $r = 0,89$; Correlação de Pearson, $p < 0,05$). Estes elementos propiciam altas taxas de decomposição da serapilheira (COSTA *et al.*, 2005), diferente do que ocorre em materiais que apresentam elevadas concentrações de ligninas, celulose e polifenóis (CABANÉ *et al.*, 2004). A literatura ressalta que os materiais foliares que demonstram maior grau de decomposição apresentam maior superfície específica para a retenção hídrica (VALLEJO, 1982). Este fator facilita o processo de absorção da água pelas folhas (VOIGT e WALSH, 1976), resultando em um material foliar com uma capacidade de retenção hídrica mais elevada que as camadas de serapilheira que estão mais preservadas (VALLEJO, 1982).

A serapilheira ainda exerce um papel importante para o controle das águas que ultrapassam o dossel das árvores, propiciando altas taxas de infiltração e estocagem das águas pluviais nos solos (VALLEJO, 1982; MELOS, 2009), o que permite alimentação perene das descargas fluviais básicas (COELHO NETTO, 2005), e evitam transformações ríspidas nas características físicas da superfície da área (VOIGTLAENDER, 2019). De forma que os resultados apresentados apontam para um equilíbrio hídrico mais eficiente no ambiente da área controle em comparação com as áreas de eucaliptais.

Comparando com outros trabalhos, em estudos que analisaram serapilheira de florestas de Carvalho, no Tennessee (EUA), utilizando metodologia semelhante, foi apontado valores de CRH entre 200% e 250% (BLOW, 1955). No Brasil, em pesquisa desenvolvida no Parque Nacional da Tijuca-RJ, em área de floresta Atlântica (secundária), foi verificado valores entre 134% e 320%, com uma média total de 248% (VALLEJO, 1982). Também na Floresta da Tijuca-RJ, foi registrado valor de CRH igual a 259% (MONTEZUMA, 2004) (Tabela 15).

Em floresta de mata Atlântica secundária regenerada, no Maciço da Pedra Branca-RJ, foi apontado CRH igual a 268% (FREITAS, 2003). Em plantio de híbridos das espécies *E. urophylla* x *E. grandis*, em Resende-RJ, foi apresentado CRH igual a 255% (MELOS, 2009). No município de São João del-Rei (MG), em

análises realizadas em silviculturas de *E. urophylla* e *E. citriodora* foram apontados valores de CRH iguais a 119% e 173% respectivamente (PINTO e NEGREIROS, 2018) (Tabela 15).

Tabela 15: Valores para a Capacidade de Retenção Hídrica, em diferentes tipos de vegetação.

Vegetação	Localização	CRH	Referências
Floresta estacional semidecidual	Floresta Nacional de Ritópolis (MG)	161% - 338%	Neste estudo
<i>Eucalyptus spp.</i>	São João del-Rei (MG)	72% - 156%	Neste estudo
<i>E. urophylla</i>	São João del-Rei (MG)	119%	Pinto e Negreiros (2018)
<i>E. citriodora</i>	São João del-Rei (MG)	173%	Pinto e Negreiros (2018)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	Resende (RJ)	255%	Melos (2009)
Floresta de Carvalho	Tennessee (EUA)	200% - 250%	Blow (1955)
Floresta secundária	Floresta da Tijuca (RJ)	134% - 320%	Vallejo (1982)
Floresta secundária	Floresta da Tijuca (RJ)	259%	Montezuma (2004)
Floresta secundária regenerada	Maciço da Pedra Branca (RJ)	268%	Freitas (2003)

Os valores demonstrados para a capacidade de retenção hídrica na presente pesquisa se aproximam dos reportados em outros estudos (Tabela 15). É possível observar a semelhança entre os valores de CRH para áreas florestais citadas na literatura, com os valores encontrados para a área controle nesta pesquisa. Sendo essas áreas florestais, ambientes que demonstram altos valores para a CRH, geralmente apresentando médias que ultrapassam os 250%, podendo atingir valores acima de 300% (Tabela 15). Diferentemente das áreas de eucaliptais, que apontam valores de CRH mais baixos, dificilmente ultrapassando os 250%.

Vale salientar que não foram constatadas correlações estatísticas entre as características químicas e físicas do solo e as taxas de capacidade de

retenção hídrica obtidas neste estudo (Correlação de Pearson, $p < 0,05$). Ao contrário do que pode ser observado nas características relacionadas à composição química da serapilheira.

6.3. Composição Química da Serapilheira

Relativo a concentração de nutrientes minerais na composição do material foliar, os resultados convergem com padrões observados na literatura disponível (COSTA *et al.*, 2005; FERNANDES *et al.*, 2007). Os valores obtidos confirmam a primeira hipótese proposta neste trabalho (espécie-específico), sendo apontado que a serapilheira da área controle apresentou melhor qualidade nutricional que as amostras provenientes das áreas de eucaliptais, principalmente em relação à concentração de N, P, Mg, S, ligninas e polifenóis. Neste contexto, os resultados apontaram forte uma correlação estatística (Correlação de Pearson, $p < 0,01$), tanto positiva (N, Mg, S e Cu), quanto negativa (lignina e polifenóis), entre a concentração destes elementos na composição do material foliar amostrado, e o funcionamento dos processos ecossistêmicos aqui avaliados (Decomposição e CRH da serapilheira).

Como supracitado, a concentração de N foi significativamente maior nas amostras da área controle quando comparadas com as áreas de eucaliptais (Tabela 7), sendo constatada forte correlação estatística entre a decomposição da serapilheira e a concentração de N no material foliar ($r = 0,97$; Correlação de Pearson, $p < 0,01$). A literatura ressalta que materiais vegetais que apontam maiores concentrações de N apresentam melhor qualidade (WEEDON *et al.*, 2009) e, conseqüentemente, maiores taxas de decomposição, em comparação aos materiais que são pobres na concentração de N (ABER e MELLILO, 1991; KEMP *et al.*, 1994; GAMA RODRIGUES *et al.*, 2003). Isso ocorre porque os agentes detritívoros responsáveis pela decomposição da serapilheira, preferem consumir materiais vegetais mais ricos na concentração de N e P (COSTA *et al.*, 2005; BROWN e SAUTTER, 2009) e apresentam uma aversão a folhas ricas em concentrações de ligninas e polifenóis (CABANÉ *et al.*, 2004; CORREIA e OLIVEIRA, 2005). Os dados apontados neste estudo corrobora este padrão

apresentado pela literatura (GAMA RODRIGUES *et al.*, 2003; COSTA *et al.*, 2005; FERNANDES *et al.*, 2007).

Também foram apontadas correlações estatísticas entre a decomposição da serapilheira e a concentração de Mg ($r = 0,96$), S ($r = 0,91$; Correlação de Pearson, $p < 0,01$). Sendo a área controle, a que apresentou maior concentração destes macronutrientes (Tabela 7 e 9), cujo a área demonstrou melhor funcionamento dos processos avaliados (Tabela 2 e 6). Estudos apontam para comportamento semelhante em análises relacionadas à decomposição da serapilheira (GAMA RODRIGUES *et al.*, 2003; COSTA *et al.*, 2005).

Quanto à concentração de P, foi observado que as amostras da área controle apontou uma maior concentração deste macronutriente em comparação as amostras das áreas de eucaliptais (Tabela 7), porém, não foram constatadas diferenças estatísticas entre as amostras (Teste t- de Student, $p < 0,05$). Assim como não foi indicada correlação estatística (Correlação de Pearson, $p < 0,05$) entre a concentração de P nas amostras, e os processos ecossistêmicos avaliados. A literatura cita a importância do P na decomposição da serapilheira (KEMP *et al.*, 1994), porém neste estudo, a sua concentração não apontou influência nas taxas mensuradas, pelo menos, não estatisticamente. Em relação à concentração de K e Ca nas amostras selecionadas, não foram apontadas diferenças estatísticas entre os valores obtidos pelos materiais vegetais amostrados. Da mesma forma que não foram constatadas correlações estatísticas entre a concentração destes elementos na serapilheira e a sua decomposição e capacidade de retenção hídrica.

Outro fator que demonstrou forte influência nos processos de decomposição da serapilheira e a sua capacidade de retenção hídrica, foram as concentrações de lignina ($r = -0,98$) e polifenóis ($r = -0,94$), sendo constatada correlação negativa, entre a concentração destes elementos e os processos ecossistêmicos avaliados (Correlação de Pearson, $p < 0,01$). De forma que, as amostras da área controle que demonstraram menores valores para a

concentração destes elementos, apontaram para maiores taxas de decomposição e capacidade de retenção hídrica (Tabela 2 e 6). Os resultados obtidos corroboram com a literatura que aponta para menores taxas de decomposição (GAMA-RODRIGUES *et al.*, 2003; LIU *et al.*, 2007) e menor CRH (CABANÉ *et al.*, 2004) em materiais vegetais cujo o teor na concentração de ligninas e polifenóis são elevados (ABER e MELLILO, 1991; DINIZ e PAGANO, 1997). Estes elementos são constituintes da estrutura dos materiais orgânicos, e apontam altas concentrações nas folhas de *Eucalyptus spp.* (COSTA *et al.*, 2005), contribuindo para baixas taxas de decomposição em áreas de eucaliptais (GAMA-RODRIGUES *et al.*, 2003; COSTA *et al.*, 2005) além de dificultar a retenção de água pelas folhas destas espécies (CABANÉ *et al.*, 2004). Isto ocorre porque materiais ricos em ligninas e polifenóis são menos palatáveis para os agentes decompositores (SANTOS e CAMARGO, 1999), ocorrendo em alguns casos, do animal morrer por falta de energia, mas não consumir a serapilheira que apresenta alta concentração de ligninas e polifenóis (CORREIA e OLIVEIRA, 2005). Já em relação a capacidade de retenção hídrica, a lignina e os polifenóis, funcionam como uma capa que impermeabiliza o material, propiciando menores taxas de retenção de água em espécies que apresentam altos teores destes elementos em sua composição (CABANÉ *et al.*, 2004).

Relacionada à concentração dos micronutrientes nas amostras, destaca-se o Cu, onde a concentração no material vegetal apontou correlação positiva, com a decomposição da serapilheira ($r = 0,94$) e a capacidade de retenção hídrica ($r = 0,95$; Correlação de Pearson, $p < 0,01$). Sendo apresentado valor significativamente maior para a concentração do Cu, nas amostras provenientes da área controle em relação às amostras coletadas nas áreas de eucaliptais (Teste t- de Student, $p < 0,05$; Tabela 9). Já em relação aos micronutrientes B, Mn e Zn, não foram apontadas diferenças estatísticas entre as amostras. Da mesma forma, não foram constatadas correlações estatísticas, entre a concentração destes, e a decomposição da serapilheira e capacidade de retenção hídrica (Correlação de Pearson, $p < 0,05$). Para a concentração de Fe

no material foliar, as amostras provenientes da área controle, apresentou valor médio significativamente maior que as amostras coletadas nas áreas de eucaliptais (Teste t- de Student, $p < 0,05$). Porém, não foram constatadas correlações estatísticas significativas entre os processos ecossistêmicos avaliados e a sua concentração (Correlação de Pearson, $p < 0,05$).

A qualidade da serapilheira interfere fortemente na ação dos agentes decompositores (CIANCIARUSO *et al.*, 2006; BROWN e SAUTTER, 2009), que em conjunto com outros diversos fatores bióticos e abióticos (GUO e SIMS, 1999; CIANCIARUSO *et al.*, 2006; WOOD e LAWRENCE, 2008; MENEZES *et al.*, 2010), são de grande importância na determinação das taxas de decomposição (XULUC-TOLOSA *et al.*, 2003; GAMA-RODRIGUES *et al.*, 2003; Costa *et al.*, 2005) e capacidade de retenção hídrica da serapilheira foliar (CABANÉ *et al.*, 2004; MONTEZUMA, 2005). De forma que os resultados apontados neste estudo corroboram com esta tendência apresentada pela literatura, eles evidenciaram a forte influência da qualidade do material foliar sobre os processos ecossistêmicos aqui avaliados, destacando a importância da preservação de áreas que apresentem grande diversidade de espécies da fauna e flora, para a manutenção do funcionamento dos ecossistemas em equilíbrio.

6.4. Análises do *Topsoil*

O *topsoil* das áreas amostrais são ácidos, característicos de áreas de florestas tropicais (FUJII *et al.*, 2011). Não foram apontadas diferenças significativas entre os valores obtidos relacionados ao pH do topo do solo. As áreas avaliadas apresentaram solos distróficos com valores de soma de bases trocáveis (SB) abaixo de $1,2 \text{ cmolc/dm}^3$, e índice de saturação de bases (V) menor que 25% (Tabela 10). Isso ocorre em áreas que apresentam solos de baixa fertilidade, destacando o caráter distrófico destes solos. Estas condições, em que a flora tenta se estabelecer sobre solos pobres em nutrientes, são típicas de florestas tropicais (BAKER *et al.*, 2003; TOWNSEND *et al.*, 2011), isso influencia na disponibilização de nutrientes e o seu uso pelas plantas (VITOUSEK e STANFORD, 1986). Contextualizando com os processos

ecossistêmicos avaliados, estes resultados evidenciam a importância da ciclagem de nutrientes nestes ambientes (BARNES *et al.*, 2011; SOUZA e DAVIDE, 2015). A disponibilização de nutrientes para o solo através da decomposição da serapilheira (WOOD *et al.*, 2006), se torna fundamental para a manutenção, dinâmica e capacidade produtiva destes ecossistemas (CALDEIRA *et al.*, 2008).

As amostras do *topsoils* da área controle, demonstraram alta saturação de alumínio ($m > 50\%$), característica de solos álicos. Já as amostras provenientes das áreas de eucaliptais, apresentaram baixa saturação de alumínio ($m < 50\%$), típico de solos ácidos. De maneira que foram registradas diferenças estatísticas entre as amostras em relação à saturação de alumínio no *topsoil*. Quanto à concentração de Matéria orgânica (M.O.) no topo dos solos, a Capacidade de Troca Catiônica Efetiva, CTC (t), e a Capacidade de Troca Catiônica à pH 7,0, CTC (T), não foram estabelecidas diferenças estatísticas entre as amostras (Teste t- de Student, $p < 0,05$; Tabela 10).

A área controle demonstrou menor capacidade de retenção de P, apresentando taxa de fósforo remanescente (P-Rem), significativamente maior que as amostras de solos provenientes das áreas de eucaliptais. A taxa de fósforo remanescente registra a capacidade de retenção de P pelo solo, sendo que quanto maior for o valor para P-Rem, menor é a sua capacidade de retenção de P (ALVAREZ *et al.*, 2001). A taxa de fósforo remanescente está relacionada à textura do solo, de maneira que quanto mais fina for a textura, maior será a sua capacidade para a retenção de P (NOVAIS SMYTH, 1999). Esta relação foi observada neste estudo, visto que as amostras de *topsoils* provenientes das áreas de eucaliptais, que apresentou textura argilosa, apontou maior capacidade de retenção de P (Tabela 10), que o topo dos solos da área controle, que demonstrou textura arenosa.

Quanto aos aspectos físicos do topo dos solos, os dados levantados apontaram às seguintes características: O *topsoil* amostrado da área controle

apresentou textura arenosa, típico de solos em áreas florestais (CASTRO JR., 1991). As amostras provenientes das áreas de eucaliptais, demonstraram topo do solo de textura argilosa (Tabela 11). Ambientes que apresentam textura de solo arenosa, como na área controle, propiciam maiores taxas de infiltração e percolação da água que chega à superfície do solo (COELHO NETTO, 1987). Esta maior circulação de água no sistema (VALLEJO, 1982), faz com que os solos sofram mais com os processos de lixiviação (BRADY e WEIL, 2013) resultando em uma menor retenção de nutrientes pelos solos arenosos (BRADY e WEIL, 2013). Fatores que ressaltam a importância da ciclagem de nutrientes para o estabelecimento e continuidade da vegetação sobre estes tipos de solos (CALDEIRA *et al.*, 2008), evidenciando a importância da manutenção de um material vegetal diversificado e de alta qualidade (KIMMINS, 2004), para a conservação do funcionamento destes ecossistemas (BARNES *et al.*, 2011).

Em relação à porção de agregados no topo dos solos, as amostras coletadas na área controle, apresentaram percentual médio de agregados maiores que 2 mm igual a 83,91%, enquanto as amostras provenientes das áreas de eucaliptais indicaram valor médio igual a 76,17% (Tabela 13). De forma que foram apontadas diferenças estatísticas significativas entre as amostras, para esta classe de tamanho dos agregados do *topsoil* (Correlação de Pearson, $p < 0,05$). A literatura aponta esta estrutura porosa do topo do solo, observada na área controle, como fator que favorece a infiltração dos fluxos das chuvas em direção ao interior dos solos (COELHO NETTO, 1987; BRADY e WEIL, 2013).

No geral, os atributos químicos e físicos do topo dos solos encontrados neste estudo não se diferenciaram muito entre as áreas estudadas. Isto pode explicar o fato das características do topo dos solos não terem sido apontadas como fator de grande influência na dinâmica da decomposição da serapilheira e na capacidade de retenção hídrica. Haja visto que as características do *topsoils* aqui apresentadas, não demonstraram correlações estatísticas significativas com os processos ecossistêmicos avaliados (Correlação de Pearson, $p < 0,05$).

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As amostras coletadas na área controle apresentaram valores referentes às taxas de decomposição da serapilheira e capacidade de retenção hídrica, significativamente maiores que as amostras coletadas nas áreas de eucaliptais. Confirmando a primeira hipótese que versa sobre a influência dos efeitos de espécie-específicos sobre os processos ecossistêmicos aqui avaliados. Ainda relacionada à primeira hipótese, as amostras de serapilheira provenientes da área controle demonstraram melhor qualidade nutricional que as amostras das áreas de eucaliptais, principalmente no que diz respeito à concentração de N, Mg, S, Cu, ligninas e polifenóis. Fatores ressaltados na literatura, como um dos principais responsáveis por determinar as taxas de decomposição e capacidade de retenção hídrica.

Em relação a influência do meio sobre os processos ecossistêmicos, as amostras depositadas nos pontos da área controle, apontaram para decomposição da serapilheira mais acelerada, que quando depositadas nas áreas de eucaliptais. Isso sugere um melhor funcionamento do ecossistema na área controle. Destacando a importância de preservar os ambientes que apresentam maiores diversidades de espécies da fauna e flora, para a conservação do funcionamento em equilíbrio destes ecossistemas. De forma que a interferência na sua dinâmica se torna prejudicial para a sua manutenção.

A decomposição de *Eucalyptus spp.* neste estudo corroborou um padrão apresentado pela literatura nacional e internacional. Este padrão é caracterizado por apresentar uma lenta decomposição, fortemente ligada à sua composição química. De forma que os resultados apontaram para uma forte correlação estatística entre as concentrações de N, Mg, S, Cu, lignina e polifenóis, na composição do material foliar amostrado, e suas taxas de decomposição e capacidade de retenção hídrica. Em contra partida, não foram estabelecidas correlações estatísticas significativas entre os valores relacionados às características físicas e químicas dos solos e os processos ecossistêmicos aqui

avaliados. Corroborando em partes com a terceira hipótese deste estudo, que testou a relação das taxas aqui avaliadas estarem correlacionadas com a qualidade nutricional do material vegetal amostrado, e as características químicas e físicas dos solos estudados.

Em relação à quarta hipótese testada, foi apontado que as características específicas das espécies e os fatores ambientais, trabalham de maneira que se potencializam, sendo indicada uma relação estatística de interação somatória entre os fatores supracitados. Isso destaca a importância da conservação de áreas que apresentam uma maior heterogeneidade de espécies da fauna e flora, buscando manter o equilíbrio no funcionamento destes ecossistemas. Estes fatores estão correlacionados, de maneira que um ambiente de boa qualidade, gera um material foliar decíduo de boa qualidade, e este, através da decomposição e consequente ciclagem de nutrientes, vai nutrir e manter a boa qualidade do solo, no qual sobre ele, o ambiente florestal está estabelecido, de forma que a manutenção destes serviços ecossistêmicos em equilíbrio, se faz de grande importância para o funcionamento e manutenção dos ecossistemas.

As análises realizadas nesta pesquisa demonstraram-se eficazes para o entendimento do funcionamento dos ecossistemas florestais. Possibilitou observar que os ecossistemas em áreas de menor intervenção antrópica trabalham de forma mais eficiente, novamente sendo destacada a importância da conservação das áreas ricas em biodiversidade. De maneira que se torna cada vez mais essencial, pensar em um manejo ambiental menos predatório, visando não prejudicar o funcionamento dos ecossistemas, para que não sejam gerados futuros problemas, relacionados à falta de recursos essenciais para a sociedade.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABER, J. D.; MELILLO, J. *Litter decomposition: measuring relative contributions of organic matter and nitrogen to forest soil*. *Canadian Journal of Botany*, v. 58, n. 4, p. 416-421, 1980.

- ABER, J. D.; MELILO, J. **Terrestrial ecosystems**. Reinhart and Wintson, Inc.: Orlando, FL. USA. 428 p., 1991.
- ABREU, J. R. S. P.; OLIVEIRA, R. R.; MONTEZUMA, R. C. M. **Dinâmica da serapilheira em um trecho de Floresta Atlântica secundária em área urbana do Rio de Janeiro**. *Pesquisas Botânica*, v. 61, p. 279-291, 2010.
- ADAMS, M. A.; ATTIWILL, P. M. **Nutrient cycling and nitrogen mineralization in eucalypt forests South-Eastern Australia. I. Nutrient Cycling and nitrogen turnover**. *Plant and Soil*, v. 92, p. 319-339, 1986.
- ALMEIDA, A. C.; SOARES, J. V. **Comparação entre uso de água em plantações de *Eucalyptus grandis* e floresta ombrófila densa (mata atlântica) na costa leste do Brasil**. *Revista Árvore*, v. 27, n. 2, p. 159-170, 2003.
- ALMEIDA, B. G.; DONAGEMMA, G. K.; RUIZ, H. A.; BRAIDA, J. A.; VIANA, J. H. M.; REICHERT, J. M. M.; OLIVEIRA, L. B.; CEDDIA, M. B.; WADT, P. S.; FERNANDES, R. B. A.; PASSOS, R. R.; DECHEN, S. C. F.; KLEIN, V. A.; TEXEIRA, W. G. **Padronização de métodos para análise granulométrica no Brasil**. Ed. 1. Embrapa Solos-Comunicado Técnico (INFOTECA-E), 11 p., 2012.
- ALMEIDA, C. G. **Análise espacial dos fragmentos florestais na área do Parque Nacional dos Campos Gerais, Paraná**. Dissertação de mestrado em Gestão do Território, Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa-PR, 74 p., 2008.
- ALVARENGA, A. C. **Produção e qualidade de serapilheira e aporte de nutrientes em sistemas agroflorestais de agricultores familiares do norte de Minas Gerais**. Dissertação de mestrado em Ciências Agrária, área de concentração em Agroecologia - Universidade Federal de Minas Gerais, p. 83, 2013.
- ALVAREZ V, V. H.; NOVAIS, R. D.; DIAS, L. E.; OLIVEIRA, J. D. **Determinação e uso do fósforo remanescente**. Viçosa: *Boletim informativo da sociedade brasileira de ciência do solo*, v. 25, n. 1, p. 27-32, 2000.
- ANDERSON, J. D.; INGRAM, J. S. I. **Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods**. Ed. 2. Wallingford: CAB International, 171 p., 1996.
- ANDRADE, A. G.; CABALLERO, S. S. U.; FARIA, A. M. **Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais**. Rio de Janeiro, EMBRAPA Solos, Documentos n. 13, 22 p., 1999.
- ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V. **Fluxo de nutrientes através da precipitação interna e escoamento pelo tronco em floresta natural secundária no Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha – São Paulo**. *Boletim Técnico*. IPEF, v. 41, n. 1, p. 37-58, 1987.
- BABBAR, L. I.; EWEL, J. J. **Deconposición del foliage en diversos ecosistemas sucesionales tropicales**. *Biotrópica*. Washington, v. 21, n. 1, p. 20-29, 1989.
- BACHEGA, L. R.; BOUILLET, J. P.; DE CÁSSIA PICCOLO, M.; SAINT-ANDRÉ, L.; BOUVET, J. M.; NOUVELLON, Y.; GONÇALVES, J. L. M.; ROBIN, A.; LACLAU, J. P. **Decomposition of *Eucalyptus grandis* and *Acacia mangium* leaves and fine roots in tropical conditions did not meet the Home Field Advantage hypothesis**. *Forest Ecology and Management*, v. 359, p. 33-43, 2016.
- BAKER, T. R.; SWAINE, M. D.; BURSLEM, D. F. R. P. **Variation in tropical forest growth rates: combined effects of functional group composition and resource availability**. *Perspective in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, v. 6, n. 1-2, p. 21-36, 2003.

- BAPTISTA, P. J. **A ecologia da paisagem na promoção da biodiversidade**. Agro fórum: revista da Escola Superior Agrária de Castelo Branco, v. 7, n. 13, p. 37-43, 1998.
- BARETTA, D.; BROWN, G.G.; JAMES, S.W.; CARDOSO, E.J.B.N. **Earthworm populations sampled using collection methods in Atlantic Forests with Araucaria angustifolia**. *Sci. Agric.*, v. 64, p. 384-392, 2007.
- BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; SEGAT, J. C.; GEREMIA, E. V.; OLIVEIRA FILHO, L. D.; ALVES, M. V. **Fauna edáfica e qualidade do solo**. *Tópicos em ciência do solo*, v. 7, p. 119-170, 2011.
- BARNES, B. V.; ZAK, D. R.; DENTON, S. R.; SPURR, S. H. **Forest ecology**. Ed. 4. Oxford: John Wiley and Sons, 774 p., 1997.
- BARNES, P.; WILSON, B. R.; REID, N.; KOEN, T. B.; LOCKWOOD, P.; LAMB, D. W. **Litterfall and associated nutrient pools extend beyond the canopy of scattered eucalypt trees in temperate pastures**. *Plant and soil*, v. 345, n. 1-2, p. 339-352, 2011.
- BARUQUI, A. M. A.; NAIME, U. J.; MOTTA, P. E. F.; CARVALHO FILHO, A. D. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos da Zona Campos das Vertentes-MG**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 96 (INFOTECA-E). 326 p., 2006.
- BATAGLIA, O. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; FURLANI, A. M. C.; GALLO, J. R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas. Boletim Técnico, n. 78, 48 p., 1983.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. **Acúmulo de resíduos culturais na superfície do solo, nutrição e rendimento do milho afetados por métodos de preparo e sistemas de cultura**. *Revista Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, v. 5, p. 331-339, 1999.
- BENSUNSAN, N. **Conservação da biodiversidade em áreas protegidas**. Ed. 1. Rio de Janeiro: Editora FGV, 176 p., 2006.
- BLOW, F. E. **Quantity and hydrologic characteristics of litter under upland oak forests in eastern Tennessee**. *Journal of Forestry*, v. 53, n. 3, p. 190-195, 1955.
- BOCOCK, K. L.; GILBERT, O. J. W. **The disappearance of litter under different woodland conditions**. *Plant and Soil*, v. 9, n. 2, p. 179-185, 1957.
- BORMANN, F. H.; LIKENS, G. E. **The nutrient cycles of an ecosystem**. *Scientific American*, v. 223, n. 4, p. 92-101, 1970.
- BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. Bookman Editora, 3ª Ed., 685 p., 2013.
- BRASIL. **Levantamento de Recursos Naturais**. Folhas SF>23/24 Rio de Janeiro/Vitória; geologia; geomorfologia; pedologia; vegetação e uso potencial da terra. Projeto RADAM BRASIL, Rio de Janeiro, RJ. v. 32, 780 p., 1983.
- BRAY, J. R.; GORHAM, E. **Litter production in forests of the world**. In: *Advances in ecological research*. Academic Press, v. 2, p. 101-157. 1964.
- BREMNER, J. M.; MULVANEY, C. S. **Nitrogen total**. In: PAGE, A. L. eds. *Methods of soil analysis*. 2. ed. Part 2. Madison, American Society of Agronomy/Soil Science Society of America, v.2, p. 595-624, 1982.

BROWN, G.G.; SAUTTER, K.D. **Biodiversity, conservation and sustainable management of soil animals. The XV International Colloquium on Soil Zoology and XII International Colloquium on Apterygota.** *Pesq. Agropec. Bras.*, v. 44, p. 1-9, 2009.

BRUN, E. J.; SCHUMACHER, M. V.; SPATHELF, P. **Relação entre a produção de serapilheira e variáveis meteorológicas em três fases sucessionais de uma floresta estacional decidual no Rio Grande do Sul.** *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v. 9, n. 2, p. 277-285, 2001.

CABANÉ, M.; PIREAUX, J. C.; LÉGER, E.; WEBER, E.; DIZENGREMEL, P.; POLLET, B.; LAPIERRE, C. **Condensed lignins are synthesized in poplar leaves exposed to ozone.** *Plant Physiology*, v. 134, n. 2, p. 586–594, 2004.

CABIANCHI, G. M. **Ciclagem de nutrientes via serapilheira em um fragmento ciliar do rio Urupá, Rondônia.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 101 p., 2010.

CALDEIRA, M. V. W.; VITORINO, M. D.; SCHAADT, S. S.; MORAES, E.; BALBINOT, R. **Quantificação de serapilheira e de nutrientes em uma Floresta Ombrófila Densa.** Seminário: Ciências Agrárias, v.29, n.1, p. 53-68, 2008.

CANNELL, M. G. R. **Impactos ambientais das monoculturas florestais: uso da água, acidificação, conservação da vida selvagem e armazenamento de carbono.** *Kluwer Academic Publishers. New Forests*, v. 17, p. 239-262, 1999.

CARPANEZZI, A. A. **Deposição de material orgânico e nutrientes em uma floresta natural e em uma plantação de eucaliptos no interior do Estado de São Paulo.** Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado)-Escola Superior de "Agricultura Luiz de Queiroz", Piracicaba, 107p., 1980.

CARVALHO, W.; CANILHA, L.; FERRAZ, A.; MILAGRES, A. M. F. **Uma visão sobre a estrutura, composição e biodegradação da madeira.** *Química Nova*, v. 32, n. 8, p. 1-5, 2009.

CASTRO JR., E. **Valor indicador da fauna de macroartrópodes edáficos em fragmentos primários e secundários do ecossistema de Floresta Atlântica de Tabuleiros, ES.** Tese de doutorado, Programa de Pós Graduação em Geografia, UFRJ, 284 p., 2002.

CETEC, Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. **Caracterização Ambiental da Bacia do Rio das Mortes. MG.** Relatório Técnico Final. Belo Horizonte. v. 1 e 2, 11 p., 1989.

CHU, C.; MORTIMER, P. E.; WANG, H.; WANG, Y.; LIU, X.; YU, S. **Allelopathic effects of Eucalyptus on native and introduced tree species.** *Forest Ecology and Management*, v. 323, p. 79–84, 2014.

CIANCIARUSO, M. V.; PIRES, J. S. R.; DELITTI, W. B. C.; SILVA, E. F. L. P. **Produção de serapilheira e decomposição do material foliar em um cerradão na Estação Ecológica de Jataí, município de Luiz Antônio, SP, Brasil.** *Acta Botânica Brasílica*, v. 20, n. 1, p. 49-59, 2006.

COELHO NETTO A. L. **Evolução de Cabeceiras de Drenagem no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul (SP/RJ): Bases para um Modelo de Formação e Crescimento da Rede de Canais sob Controle Estrutural.** *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 4, n. 2, p.93-148, 2003.

COELHO NETTO, A. L. **A interface florestal-urbana e os desastres naturais relacionados à água no maciço da tijuca: desafios ao planejamento urbano numa perspectiva sócio-ambiental.** *Revista do Departamento de Geografia*, v. 16, p. 46-60. 2005.

- COELHO NETTO, A. L. **Overlandflow production in a tropical rainforest catchment: the role of litter cover.** *Catena*, v. 14, n. 1-3, p. 213-231, 1987.
- CORRÊA, F. L. O. **Ciclagem de nutrientes em agroflorestal com espécies frutíferas e florestais em Rondônia, Brasil.** Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 110 p., 2005.
- CORREIA, M. E. F.; OLIVEIRA, L. D. **Importância da fauna de solo para a ciclagem de nutrientes.** Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 77-99, 2005.
- COSTA, C. C. A.; CAMACHO, R. G. V.; MACEDO, I. D.; SILVA, P. C. M. **Análise comparativa da produção de serapilheira em fragmentos arbóreos e arbustivos em área de caatinga na Flona de Açú - RN.** *Revista Árvore*, v. 2, n. 34, p. 259-265, 2010.
- COSTA, G. S.; GAMA-RODRIGUES, A. C. D.; CUNHA, G. D. M. **Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em povoamentos de *Eucalyptus grandis* no norte fluminense.** *Revista Árvore*, v. 29, n. 4, p. 563-570, 2005.
- CRAGG, R. G.; BARDGETT, R. **How changes in soil faunal diversity and composition within a trophic group influence decomposition processes.** *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v. 33, p. 2073-2081, 2001.
- DELITTI, W. B. C. **Ecologia e análise ambiental.** In Tauk, S.M. Org. **Análise ambiental: uma visão multidisciplinar.** São Paulo: Editora UNESP, p. 163-165, 1995.
- DELITTI, W. B. C. **Estudos de ciclagem de nutrientes: instrumentos para a análise funcional de ecossistemas terrestres.** *Oecologia Brasiliensis*, v. 1, n. 1, p. 469-483, 1995.
- DINIZ, S.; PAGANO, S. N. **Dinâmica de folheto em floresta mesófila semidecídua, no município de Araras, SP. II – Produção, decomposição e acúmulo.** *Revista do Instituto Florestal*, v. 9, n. 1, p. 27-36, 1997.
- DUTTA, R. K.; AGRAWAL, M. **Litterfall, litter decomposition and nutrient release in five exotic plant species planted on coal mine spoils.** *Pedobiologia*, v. 45, n. 4, p. 298-312, 2001.
- EMBRAPA - **Manual de métodos de análise de solo.** Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Centro Nacional de Pesquisa de Solos/Embrapa Solos. Rio de Janeiro, Ed. 2, 212 p., 1997.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Centro Nacional de Pesquisa de Solos/Embrapa Solos. Rio de Janeiro, RJ / Produção de Informação. Brasília, DF. Rio de Janeiro, Ed. 1, 412 p., 1999.
- FACELLI J. M.; FACELLI E. **Interactions after death: plant litter controls priority affects in a successional plant community.** *Oecologia*, v. 95, p. 277-282, 1993.
- FACELLI J. M.; PICKETT S. T. A. **Plant litter: its dynamics and effects on plant community structure.** *The Botanical Review*, v. 57, p. 1-32, 1991.
- FEAM: Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Mapa de Solos de Minas Gerais: legenda expandida.** Belo Horizonte: FEAM/UFV/CETEC/UFLA, 49 p., 2010.
- FERNANDES, M. E. B.; NASCIMENTO, A. A. M.; CARVALHO, M. L. **Estimativa da produção anual de serapilheira dos bosques de mangue no Furo Grande, Bragança, Pará.** *Revista Árvore*, v. 31, n. 5, p. 949-958, 2007.

- FERREIRA, D. H. A. A.; LELES, P. S. D. S.; OLIVEIRA NETO, S. N. D.; PAULA, T. R.; COUTINHO, R. P.; SILVA, R. L. D. **Crescimento e produção de eucalipto na região do Médio Paraíba do Sul, RJ.** *Floresta e Ambiente*, v. 24, p. 1 a 9, 2017.
- FIGUEIREDO FILHO, A.; FERREIRA, G. M.; BUDANT, L. S.; FIGUEIREDO, D. J. **Avaliação estacional da deposição da serapilheira em uma Floresta Ombrófila Mista localizada no sul do Estado do Paraná.** *Ciência Florestal*, v. 13, n. 1, p. 11-18, 2003.
- FOLEY, J. A.; DEFRIES, R.; ASNER, G. P.; BARFORD, C.; BONAN, G.; CARPENTER, S. R.; CHAPIN, S.; COE, M.T.; DAILY, G. C.; GIBBS, H. K.; HELKOWSKI, J. H.; HOLLOWAY, T.; HOWARD, E. A.; KUCCHARIK, C. J.; MONFREDA, C.; PATZ, J. A.; PRENTICE, C.; RAMANKUTTY, N.; SNYDER, P. K. **Global consequences of land use.** *Science*, v. 309, n. 5734, p. 570-574, 2005.
- FORMAN, R. T. T. **Patches, Corridors, and Matrices. Land Mosaics. The Ecology of Landscapes and Regions.** *Conservation Biology*, v. 11, n. 1, p. 290-293. 1995.
- FORRESTER, D. I.; BAUHUS, J.; COWIE, A. L.; VANCLAY, J. K. **Mixed-species plantations of Eucalyptus with nitrogen-fixing trees: a review.** *Forest Ecology and Management*, v. 233, n. 2-3, p. 211-230, 2006.
- FORRESTER, D. I.; KOHNLE, U.; ALBRECHT, A. T.; BAUHUS, J. **Complementarity in mixed-species stands of Abies alba and Picea abies varies with climate, site quality and stand density.** *Forest ecology and management*, v. 304, p. 233-242, 2013.
- FREITAS, M. M. **Funcionalidade hidrológica dos cultivos de banana e territorialidade na paisagem do Parque Municipal de Grumari–Maciço da Pedra Branca–RJ.** Rio de Janeiro, v. 150, 2003.
- FREITAS, M.P. **Flutuação populacional de oligochaeta edáfica em hortas sob sistemas convencional e orgânico no município de Canoinhas/SC.** Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 61p., 2007.
- FUJII, K.; HARTONO, A.; FUNAKAWA, S.; UEMURA M.; KOSAKI, T. **Acidification of tropical forest soils derived from serpentine and sedimentary rocks in East Kalimantan, Indonesia.** *Geoderma*, v. 160, p. 311-323, 2011.
- GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F.; SANTOS, M. L. **Decomposição e liberação de nutrientes do folheto de espécies florestais nativas em plantios puros e mistos no sudeste da Bahia.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 27, p. 1021-1031, 2003.
- GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, NF. **Ciclagem de nutrientes em floresta natural e em plantios de eucalipto e de dandá no sudeste da Bahia, Brasil.** *Revista Árvore*, v. 26, n. 2, p. 193-207, 2002.
- GARCÍA-PALACIOS, P.; MAESTRE, F. T.; KATTGE, J.; WALL, D. H. **Climate and litter quality differently modulate the effects of soil fauna on litter decomposition across biomes.** *Ecology letters*, v. 16, n. 8, p. 1045-1053, 2013.
- GIÁCOMO, R. G.; PEREIRA, M. G.; MACHADO, D. L. **Aporte e decomposição de serapilheira em áreas de cerrado e mata mesofítica na estação ecológica de Pirapitinga-MG.** *Ciência Florestal*, v. 22, n. 4, p. 669-680, 2012.
- GONZÁLEZ, G.; LEY, R. E.; ZOU, X.; SEASTEDT, T. R. **Soil ecological interactions: comparisons between tropical and subalpine forests.** *Oecologia*, v.128, n. 4, p. 549-556, 2001.

- GUO, L. B.; SIMS, R. E. H. ***Eucalypt litter decomposition and nutrient release under a short rotation forest regime and effluent irrigation treatments in New Zealand: I. External effects.*** *Soil Biology and Biochemistry*, v. 33, n. 10, p. 1381-1388, 2001.
- GUO, L. B.; SIMS, R. E. H. ***Litter decomposition and nutrient release via litter decomposition in New Zealand eucalypt short rotation forests.*** *Agriculture, ecosystems & environment*, v. 75, n. 1, p. 133-140, 1999.
- HÄTTENSCHWILER, S.; TIUNOV, A. V.; SCHEU, S. ***Biodiversity and litter decomposition in terrestrial ecosystems.*** *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, v. 36, p. 191-218, 2005.
- HERNÁNDEZ, J. M. L. ***Producción de hojarasca y retorno potencial de nutrientes en tres sitios de estado de Nuevo León, México.*** Tese (Doutorado em manejo de Recursos Naturais) Universidad de Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales, 93 p., 2014.
- IBAMA. **Plano de Manejo da Floresta Nacional de Ritópolis.** Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Brasília-DF, 227 p., 2005.
- KEMP, P. R.; WALDECKER, D. G.; OWENSBY, C. E.; REYNOLDS, J. F.; VIRGINIA, R. A. ***Effects of elevated CO₂ and nitrogen fertilization pretreatments on decomposition on tallgrass prairie leaf litter.*** *Plant and Soil*, v. 165, n. 1, p. 115-127, 1994.
- KIMMINS, J. P. ***Forest Ecology: a foundation for sustainable forest management and environmental ethics in forest.*** Ed. 3. Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, p. 72-138, 2004.
- KOLM, L. ***Ciclagem de nutrientes e variações do microclima em plantações de Eucalyptus grandis Hill ex Maiden manejadas através de desbastes progressivos.*** *Doctoral dissertation*, Universidade de São Paulo-USP. 73 p., 2001.
- KÖPPEN, W. P.; GEIGER, R. ***Klimakarte der Erde.*** Verlag Justus Perthes, 1953.
- LAVELLE, P.; PASHANASI, B. ***Soil macrofauna and land management in peruvian Amazonia.*** *Pedobiologia*, v. 33, p. 283-29, 1989.
- LEMA, M., KEBE, S.; OPIO, R.; FENDERSON, C.; ADEFOPE, N. ***Evaluation of TRICAL-336 triticale, Maton rye and Kentucky-31 fescue as winter pasture for meat goats.*** *Journal of sustainable agriculture*, v. 30, n. 2, p. 89-104, 2007.
- LIMA, R. P.; FERNANDES, M. M.; FERNANDES, M. R. D. M.; MATRICARDI, E. A. T. ***Aporte e decomposição da serapilheira na Caatinga no Sul do Piauí.*** *Floresta e Ambiente*, v. 22, n. 1, p. 42-49, 2015.
- LIMA, W. P. ***Impacto ambiental do eucalipto.*** São Paulo: EDUSP 2ª ed., 301p., 1996.
- LIMA, W. P.; JARVIS, P.; RHIZOPOULOU, S. ***Stomatal responses of Eucalyptus species to elevated CO₂ concentration and drought stress.*** *Scientia Agricola*, v. 60, n. 2, p. 231-238, 2003.
- LIU, W.; FOX, J. E. D.; XU, Z. ***Litterfall and nutrient dynamics in a montane moist evergreen broad-leaved forest in Ailao Mountains, SW China.*** *Plant Ecology*, v. 164, n. 2, p.157-170, 2003.
- LOUZADA, J. N.; SCHOEREDER, J.; MARCO JR, P. ***Litter decomposition in semideciduous forest and Eucalyptus spp. crop in Brazil: a comparison.*** *Forest Ecology and Management*, v. 94, n. 1-3, p. 31-36, 1997.

LOWDERMILK, W. C. **Influence of forest litter on run-off, percolation, and erosion.** *Journal of Forestry*, v. 28, n. 4, p. 474-491, 1930.

MACDICKEN, K. G.; WOLF, G. V.; BRISCOE, C. B. **Standard research methods for multipurpose trees and shrubs.** Arlington: Winrock International Institute for Agricultural Development/ICRAF. *Multipurpose Tree Species Network Series: Manual*, v. 5, 92 p. 1991.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisas da Potassa e do Fosfato, Ed. 1, 201 p., 1989.

MARTINS, K. G. **Deposição e decomposição de serapilheira em uma Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas sobre solos hidromórficos na estação ecológica da Ilha do Mel-PR.** Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 126 p., 2004.

MASON, C. F. **Decomposição** - Temas de biologia. São Paulo, EPU/Universidade de São Paulo, v. 18, 63 p., 1980.

MELOS, A. R.; SATO, A. M.; COELHO NETTO, A. L. **Capacidade de retenção hídrica da serapilheira em plantios de eucalipto: médio vale do rio Paraíba do Sul.** Anais II Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul, Taubaté, p. 109-116, 2009.

MENDHAM D. S.; SANKARAN K. V.; O'CONNELL, A. M.; GROVE, T. S. ***Eucalyptus globulus* harvest residue management effects on soil carbon and microbial biomass at 1 and 5 years after plantation establishment.** *Soil Biology and Biochemistry*, v. 34, n. 12, p. 1903-1912, 2002.

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

MESSIER, C.; PUETTMANN, K. J. **Forests as complex adaptive systems: implications for forest management and modelling.** *Italian Journal of Forest and Mountain Environments*, v. 66, n. 3, p. 249-258, 2011.

MIGUEL, T. M. M. S. **Vegetação dos corredores de valo: flora, estrutura, diversidade e funcionalidades.** Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Ecologia) Universidade Federal de São João del-Rei, 97 p., 2019.

MILLAR C. S. **Decomposition of coniferous leaf litter. Biology of plant litter decomposition.** Academic press, London, v. 1, p. 105-128, 1974.

MMA/SBF, Ministério do Meio Ambiente/Secretaria de Biodiversidade e Floresta. **Fragmentação de Ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas.** Denise Marçal Rambaldi, Daniela América Suárez de Oliveiras (orgs.), Brasília-DF, 510 p., 2003.

MOMOLLI, D. R.; MOHR, B.; SILVA, J. C.; GUIMARÃES, C.; ROCKENBAH, T. **Decomposição de folhas da serapilheira de *Eucalyptus dunnii* plantado no Estado no Oeste do Rio Grande do Sul.** In: IV Congresso florestal paranaense, Curitiba, PR, 2012.

MONTEZUMA, R. C. M. **Produção e reabilitação funcional do piso florestal em clareira de deslizamento – Parque Nacional da Tijuca, Rio de Janeiro.** Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Tese de Doutorado, 282 p., 2005.

NAKAMURA, R.; CORNELIS, J. T.; DE TOMBEUR, F.; YOSHINAGA, A.; NAKAGAWA, M.; KITAJIMA, K. **Diversity of silicon release rates among tropical tree species during leaf-litter decomposition.** *Geoderma*, v. 368, p. 114288, 2020.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais.** Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG (Brasil). Departamento de Solos, n. 631.422 N934, 399 p., 1999.

NUCCI, J. C. **Origem e desenvolvimento da Ecologia e da Ecologia da Paisagem.** Curitiba, *Revista Eletrônica Geografar*, V. 22, n. 1, p. 77-99, 2007.

O'CONNELL, A. M. **Nutrient dynamics in decomposing litter in Karri (*Eucalyptus diversicolor* F. Muell.) forests of South-westren Australia.** *Journal of Ecology*, v. 76, p. 1186-1203, 1988.

ODUM, E. P. **Ecologia.** Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Koogan S.A., 434 p., 1988.

PÁDUA, C. B. V.; CHIARAVALLOTI, R. M. **Silvicultura e Biodiversidade.** Rio do Sul, SC. APREMAVI, *Cadernos do Diálogo*, v. 4, 2012.

PEDRO, C. M. **Aporte e decomposição de serapilheira em um fragmento de cerrado sensu stricto.** Dissertação de mestrado em Ciências Florestais e Ambientais, Universidade Federal do Tocantins-Campus Universitário de Gurupi. Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais, Gurupi-TO, 40 p., 2017.

PINTO, H. C. A.; BARRETO, P. A. B.; GAMA-RODRIGUES, E. F. D.; OLIVEIRA, F. G. R.; PAULA, A. D.; AMARAL, A. R. **Decomposição da serapilheira foliar de floresta nativa e plantios de *Pterogyne nitens* e *Eucalyptus urophylla* no sudoeste da Bahia.** *Ciência Florestal*, v. 26, n. 4, p. 1141-1153, 2016.

PINTO, W. J.; DE NEGREIROS, A. B. **A serapilheira como bioindicador de qualidade ambiental em fragmentos de *Eucalyptus*.** *Revista Continentes*, n. 12, p. 175-202, 2018.

PINTO, W. J.; DE NEGREIROS, A. B. **Coeficiente de decomposição da serapilheira em áreas de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus citriodora*.** In: Evolução do conhecimento científico na engenharia ambiental e sanitária. Ponta Grossa - PR: Editora Atena, p. 199-212, 2020.

PIRES, L. A.; BRITZ, R. M. D.; MARTEL, G.; PAGANO, S. N. **Produção, acúmulo e decomposição da serapilheira em uma restinga da Ilha do Mel, Paranaguá, PR, Brasil.** *Acta Botânica Brasílica*, v. 20, n. 1, p. 173-184, 2006.

POGGIANI, F. **Ciclagem de nutrientes e manutenção da produtividade da floresta plantada. Gaseificação da madeira e carvão vegetal.** Belo Horizonte: Fundação Centro Tecnológico de MG/CETEC, p. 27-33, 1981.

POGGIANI, F.; SCHUMACHER, M. V. **Ciclagem de nutrientes em florestas nativas.** Piraciba: IPEF, Nutrição e fertilização florestal, v. 427, p. 287-308, 2000.

POGGIANI, F.; STAPE, J. L.; DE MORAES GONÇALVES, J. L. **Indicadores de sustentabilidade das plantações florestais Indicators for the sustainability of forest plantations.** Série técnica IPEF, v. 12, n. 31, p. 33-44, 1998.

PORTES, M. C. G. O.; KOEHLER, A.; GALVÃO, F. **Varição sazonal de deposição de serapilheira em uma Floresta Ombrófila Densa Altomontana no morro do Anhagava-PR.** *Floresta*, v. 26, n. 1-2, p. 3-10, 1996.

PRITCHETT, W. L. **Properties and management of forest soils.** *Soil science*, v. 129, n. 6, p. 389, 1980.

- RESENDE, T. F.; ALMEIDA, G. P.; DE NEGREIROS, A.B. **Caracterização geocológica e análise de fragmentos da bacia do Córrego do Lenheiro, São João del-Rei-MG.** *Revista Continentes*, n. 6, p. 68-82, 2015.
- REZENDE, J. L. P., GARCIA, Q. S., SCOTTI, M. R., LEITÃO, M. M. **Decomposição de folhas de *Dalbergia nigra* e de *Eucalyptus grandis* incubadas em terra de mata e de eucaliptal.** In: Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas: Do Substrato ao Solo, 3, Ouro Preto. Anais, Ouro Preto: SOBRADE: UFV/DEF, p. 136–143, 1997.
- RIBEIRO, F.C. **Deposição e decomposição de serapilheira em área de integração Lavoura-Pecuária-Floresta em Planaltina - DF.** Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 52 p., 2014.
- ROSA, T.; DUTRA, S. B.; DE NEGREIROS, A. B.; PEREIRA, G.; CARDOZO, F. D. S. **Modificações de uso e cobertura da terra no município de São João del-Rei-MG com ênfase para áreas de regeneração da cobertura vegetal.** *Caminhos de Geografia*, v. 19, n. 66, p. 313-324, 2018.
- SANKARAN, K. V. **Decomposition of leaf litter of *albizia* (*Paraserianthes falcataria*), *eucalypt* (*Eucalyptus tereticornis*) and *teak* (*Tectona grandis*) in Kerala, India.** *Forest ecology and management*, v. 56, n. 1, p. 225-242, 1993.
- SANTANA, F. S. **Uma infraestrutura orientada a serviços para a modelagem de nicho ecológico.** Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de engenharia de computação e sistemas digitais, 141 p., 2009.
- SANTANA, J. A. S. **Estrutura fitossociológica, produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes em uma área de Caatinga no Seridó do Rio Grande do Norte.** Tese (Doutorado em Agronomia) - Setor de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia-PB, 184 p., 2005.
- SANTANA, O. A.; ENCINAS, J. I.; SILVEIRA, L. S.; RIBEIRO, G. S. **Produção de serapilheira em Floresta de Galeria e Floresta Mesofítica na Dolina da Garapa, Distrito Federal, Brasil.** *Cerne*, v.16 n. 4, p. 585-596, 2010.
- SANTOS, A. R. **Produção, estoque e nutrientes da serapilheira em Floresta Ombrófila Densa do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, Brasil.** Tese de Doutorado, Instituto de Botânica, 102 p., 2014.
- SANTOS, G. A.; GAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais.** Porto Alegre: *Genesis*, p. 69-90, 1999.
- SATO, A. M., EDEL, T.; ABDALAD, M. A.; COELHO NETTO, A. L. **Estudo Geo-Hidroecológico da introdução de monoculturas de eucalipto no médio Vale do Rio Paraíba do Sul.** *Anais do VII Congresso de Ecologia do Brasil*. Caxambu-MG, 2015.
- SAYER, E. J.; TANNER, E. V. J. **Experimental investigation of the importance of litterfall in lowland semi-evergreen tropical forest nutrient cycling.** *Journal of Ecology*. v. 98, n. 5, p. 1052-1062, 2010.
- SCHUMACHER, M. V.; BRUN, E. J.; KÖNIG, F. G. **Análise de nutrientes para a sustentabilidade.** Curitiba: *Revista da Madeira*, n. 83, ano 14, 2004.
- SCORIZA, R. N.; PEREIRA, M. G.; PEREIRA, G. H. A.; MACHADO, D. L.; SILVA, E. M. R. **Métodos para coleta e análise de serapilheira aplicados à ciclagem de nutrientes.** *Floresta e ambiente*, v. 2, n. 2, p. 1-18, 2012.

- SEASTEDT, T. R.; CROSSLEY JR, D. A. **The influence of arthropods on ecosystems.** *Bioscience*, v. 34, n. 3, p. 157-161, 1984.
- SILVA-JUNIOR, E. F.; MOULTON, T. P.; BOËCHAT, I. G.; GÜCKER, B. **Leaf decomposition and ecosystem metabolism as functional indicators of land use impacts on tropical streams.** *Ecological Indicators*, v. 36, p. 195-204, 2014.
- SIMIONI, J. F.; MOREIRA, Á. P.; MAGALHÃES, J. M.; FACHINELLO, A. L.; BUSCHINELLI, C. A.; MATSUURA, I. S. F. **Evolução e concentração da produção de lenha e carvão vegetal da silvicultura no Brasil.** *Ciência Florestal*, v. 27, n. 2, p. 731-741, 2017.
- SOUTO, P. C. **Acumulação e decomposição da serapilheira e distribuição de organismos edáficos em área de Caatinga na Paraíba, Brasil.** Tese (Doutorado em Agronomia) - Área de Concentração: Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal da Paraíba, Areia-Paraíba, Brasil, 150 p., 2006.
- SOUZA, J. A.; DAVIDE, A. C. **Litterfall and nutrient deposition in a semi-deciduous mountain forest and in eucalyptus (*Eucalyptus saligna*) and Bracatinga (*Mimosa scabrella*) plantations in areas degraded by mining.** *Cerne*, v. 7, n. 1, p. 101-113, 2015.
- STERNBERG, H. O. **Enchentes e movimentos coletivos do solo no vale do Paraíba em Dezembro de 1948-influência da exploração destrutiva das Terras.** *Revista Brasileira de Geografia*, v. 11 n. 2, p. 223-261, 1949.
- SWIFT, M. J.; HEAL, O. W.; ANDERSON, J. M.; ANDERSON, J. M. **Decomposition in terrestrial ecosystems.** *University of California Press*, v. 5, 372 p., 1979.
- TADAKI, Y. **Leaf Biomass.** *JIBP synthesis*, Tokyo, v. 16, p. 39-57, 1977.
- THOMAS R. J.; ASAKAWA N. M. **Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes.** *Soil Biology and Biochemistry*, v. 25, n. 10, p. 1351-1361, 1993.
- TILMAN, D.; CASSMAN, K. G.; NAYLOR, M. R.; POLASKY, S. **Agricultural sustainability and intensive production practices.** *Nature*, v. 418, p. 671-677, 2002.
- TOLEDO, L. O. **Aporte de Serapilheira, Fauna Edáfica e Taxa de Decomposição em Áreas de Floresta Secundária no Município de Pinheiral, RJ.** Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 80 p., 2003.
- TOWNSEND, A. R.; ASNER, G. P.; CLEVELAND, C. C. **The biogeochemical heterogeneity of tropical forests.** *Trends in Ecology and Evolution*, v. 23 n. 8, p. 424-431, 2011.
- TRISTÃO, R. B. A.; PESSOA, D. R. **Variação estacional e topográfica de nutrientes na serapilheira de um fragmento de mata atlântica.** *Cerne*, v. 8, n. 2, p. 42-59, 2002.
- VALADÃO, M. B. X.; CARNEIRO K. M. S.; INKOTTE, J.; RIBEIRO, F. P.; MIGUEL, E. P.; GATTO, A. **Litterfall, litter layer and leaf decomposition in Eucalyptus stands on Cerrado soils.** *Scientia Forestalis*, v. 47, n. 122, p. 256-264, 2019.
- VALENTI, M. W.; CIANCIARUSO, M. V.; BATALHA, M. A. **Seasonality of litterfall and leaf decomposition in a cerrado site.** *Brazilian Journal Biology*, v. 68 n. 3, p. 459-465, 2008.
- VALLEJO, L. R. **A influência do "litter" na distribuição das águas pluviais.** Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Geografia). Rio de Janeiro, RJ: UFRJ, 88 p., 1982.

- VAN SOEST, P.; WINE, R. H. **Development of a comprehensive system of feed analysis and applications to forages**. *Journal of Associate Official Agronomy Chemistry*, v. 51, p. 780-785, 1968.
- VASCONCELOS, H. L.; LUIZÃO, F. J. **Litter production and litter nutrient concentrations in a fragmented Amazonian landscape**. *Ecological Applications*, v. 14, n. 3, p. 884-892, 2004.
- VIANA, M. B. **O Eucalipto e os efeitos ambientais do seu plantio em escala (*Eucalyptus and the Environmental Effects of Its Planting at Scale*)**. Brasília: Biblioteca Digital Câmara. Accessed Octoer, v. 11, p. 2017, 2004.
- VIERA M.; SCHUMACHER M. V. **Concentração e retranslocação de nutrientes em acículas de *Pinus taeda* L.** *Ciência Florestal*, v.19, n. 4, p. 375-382, 2010.
- VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V.; ARAÚJO, E. F. **Disponibilização de nutrientes via decomposição da serapilheira foliar em um plantio de *Eucalyptus urophylla* X *Eucalyptus globulus***. *Floresta e Ambiente*, v. 21, n. 3, p. 307-315, 2014.
- VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V.; ARAÚJO, E. F.; CORRÊA, R. S.; CALDEIRA, M. V. W. **Deposição de Serapilheira e Nutrientes em Plantio de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus***. *Floresta e Ambiente*, v. 21, n. 3, p. 327-338, 2014.
- VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V.; CALDEIRA, M. V. W. **Dinâmica de decomposição e nutrientes em plantio de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus* no sul do Brasil**. *Floresta e Ambiente*, v. 20, n. 3, p. 351-360, 2013.
- VILLELA, D. M.; NASCIMENTO, M. T.; ARAGÃO, L. E. O. C.; GAMA, D. M. **Effect of selective logging on Forest structure and nutrient cycling in a seasonally dry Brazilian Atlantic Forest**. *Journal of Biogeography*, v. 33, p. 506-516, 2006.
- VITOUSEK, P. M.; SANFORD JR, R. L. **Nutrient cycling in moist tropical forest**. *Annual Review of Ecology and Systematics*, v. 17, p. 137-167, 1986.
- VOGEL, H. L. M.; SCHUMACHER, M. V.; TRÜBY, P.; VUADEN, E. **Avaliação da devolução de serapilheira em uma floresta Estacional Decidual em Itaara, RS, Brasil**. *Ciência Florestal*, v. 17, n. 3, p. 187-196, 2007.
- VOGT, K. A.; GRIER, C. C. VOGT, D. J. **Production, turnover, and nutrient dynamics of above and belowground detritus of world forest**. *Advances in Ecological Research*, v. 15, p. 303-77, 1986.
- VOIGT V.P.; WALSH R. P. D. **Hidrologische prozesse in bodenstreu**. *Schriften des Naturwissenschaftlichen Vereins fur Schleswig-Holstein*, v. 46, p. 35-54, 1976.
- VOIGTLAENDER, M.; BRANDANI, C. B.; CALDEIRA, D. R. M.; TARDY, F.; BOUILLET, J. P.; GONÇALVES, J. L. M.; MOREIRA, M. Z.; LEITE, F. P.; BRUNET, D.; PAULA, R. R.; LACLAU, J. P. **Nitrogen cycling in monospecific and mixed-species plantations of *Acacia mangium* and *Eucalyptus* at 4 sites in Brazil**. *Forest ecology and management*, v. 436, p. 56-67, 2019.
- WANG, Y.; ZHENG, J.; BOYD, S. E.; XU, Z.; ZHOU, Q. **Effects of litter quality and quantity on chemical changes during eucalyptus litter decomposition in subtropical Australia**. *Plant and Soil*, v. 442, n. 1-2, p. 65-78, 2019.
- WARREN, M. W.; ZOU, X. **Soil macrofauna and litter nutrients in three tropical tree plantations on a disturbed site in Puerto Rico**. *Forest Ecology and Management, Amsterdam*, v. 170, p. 161-171, 2002.

- WEEDON, J. T.; CORNWELL, W. K.; CORNELISSEN, W. K.; ZANNE, A. E.; WIRTH, C.; COOMES, D. A. **Global meta-analysis of wood decomposition rates: a role for trait variation among tree species.** *Ecology Letters*, v. 12, p. 45-56, 2009.
- WOOD, T. E.; LAWRENCE, D. **No short-term change in soil properties following four-fold litter addition in a Costa Rican rain forest.** *Plant and Soil*, v. 307, p. 113-122, 2008.
- WOOD, T. E.; LAWRENCE, D.; CLARCK D. A. **Determinants of leaf litter nutrient cycling in a Tropical Rain Forest: soil fertility versus topography.** *Ecosystems*, v. 9, p. 700-710, 2006.
- WRIGHT, I. J.; WESTOBY, M. **Nutrient concentration, resorption and lifespan: leaf traits of Australian sclerophyll species.** *Functional Ecology*, v. 17, p. 10-19, 2003.
- XU, S.; LIU, L.; SAYER, E. J. **Variability of above-ground litter inputs alters soil physicochemical and biological processes: a meta-analysis of litterfall-manipulation experiments.** *Biogeosciences*, v. 10, n. 11, p. 7423-7433, 2013.
- XU, X.; HIRATA, E. **Decomposition patterns of leaf litter of seven common canopy species in a subtropical forest: N and P dynamics.** *Plant and Soil*, v. 273, p. 279-289, 2005.
- ZAIA, F. C.; GAMA-RODRIGUES, A. C. **Ciclagem e balanço de nutrientes em povoamentos de eucalipto na região norte fluminense.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, n. 5, p. 843-852, 2004.
- ZHANG, C.; FU, S. **Allelopathic effects of eucalyptus and the establishment of mixed stands of eucalyptus and native species.** *Forest Ecology and Management*, v. 258, p. 1391-1396, 2009.
- ZHANG, D.; HUI, D.; LUO, Y.; ZHOU, G. **Rates of litter decomposition in terrestrial ecosystems: global patterns and controlling factors.** *Journal of Plant Ecology*, v. 1, n. 2, p. 85-93, 2008.