

Qualidade ambiental em fragmentos de *Eucalyptus spp.* determinada a partir de processos funcionais da serapilheira

Environmental quality in *Eucalyptus spp.* plantations determined from functional processes of its litter

Winkler José Pinto *, André Batista de Negreiros**

* Instituto de Geociências (IGC), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), winklerjose@outlook.com

** Departamento de Geociências (DEGEO), Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), andrebnegreiros@ufsj.edu.br

<http://dx.doi.org/10.5380/raega.v57i0.92353>

Resumo

O objetivo do estudo foi compreender a influência do cultivo de *Eucalyptus spp.*, sobre a qualidade do ambiente em que está inserido. Para tal, foram utilizadas três áreas amostrais (eucaliptais) e uma área controle, composta por vegetação heterogênea. Foram realizadas, mensurações da perda de massa da serapilheira foliar, testes de capacidade de retenção hídrica (CRH), e, mensuração da concentração de macronutrientes e das frações orgânicas (lignina, celulose e polifenóis) na serapilheira. As amostras de serapilheira da área controle apresentaram coeficiente de decomposição (k) (0,78; 0,82; 0,87) significativamente maiores que as das amostras de *Eucalyptus spp.* (0,51; 0,52; 0,55). Para a CRH, as amostras provenientes da área controle apontaram valores entre 161% e 339%, com valor médio de 260%. Que foram significativamente maiores que os das áreas de eucaliptais, que variaram entre 72% e 156%, com valor médio igual a 112%. Quanto ao teor dos macronutrientes, para a concentração de N e Mg na serapilheira, as amostras coletadas na área controle apresentaram valores médios significativamente maiores que as amostras das áreas de eucaliptais. Quanto aos teores de lignina e polifenóis, as amostras coletadas nas áreas de eucaliptais apontaram valores significativamente maiores que os apresentados pela área controle. Os resultados obtidos, apontaram para forte correlação estatística entre as concentrações de N, Mg, lignina e polifenóis, no material foliar amostrado, taxas de decomposição e capacidade de retenção hídrica. A decomposição de *Eucalyptus spp.* apresentou lenta decomposição, fortemente ligada à sua composição química, o que dificulta a ação dos agentes decompositores.

Palavras-Chave:

Processos Ecológicos, Decomposição da Serapilheira, Retenção Hídrica da Serapilheira.

Abstract

The objective of the study was to understand the influence of *Eucalyptus spp.* cultivation on the quality of the environment in which it is inserted. For this, three sampling areas of eucalyptus plantations and a control area composed of heterogeneous vegetation. Measurements of leaf litter mass loss, water retention capacity (WRC) tests, and measurements of the content of macronutrients and organic fractions (lignin, cellulose and polyphenols) were carried out in the litter. The litter samples from the control area showed a decomposition coefficient (k) (0.78; 0.82; 0.87) significantly higher than the samples from *Eucalyptus spp.* (0.51; 0.52; 0.55). For WRC, samples from the control area showed values between 161% and 339%, with an average value of 260%. These were significantly higher than those in the eucalyptus areas, which varied between 72% and 156%, with an average value equal to 112%. As for the content of macronutrients, for the concentration of N, Mg and S in the litter, the samples collected in the control area showed average values significantly higher than the samples from the eucalyptus areas. Regarding the contents of lignin and polyphenols, the samples collected in the eucalyptus areas showed significantly higher values than those presented by the control area. The results obtained showed a strong statistical correlation between the contents of N, Mg, lignin and polyphenols in the sampled leaf material, decomposition rates and water retention capacity. The decomposition of *Eucalyptus spp.* presented slow decomposition, strongly linked to its chemical composition, which hinders the action of decomposing agents.

Keyword:

Ecosystem Processes, Litter decomposition, Litter Water Retention.

I. 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 de fauna e flora, e destas com o meio abiótico (AGUILAR; GALLETO, 2004). As ações humanas intensificam as perturbações dos ecossistemas, resultando na perda de habitats e biodiversidade, dentre outros distúrbios ambientais (FOLEY et al., 2005).

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; CHIARAVALLI, 2012). Existe uma combinação entre recursos e condições (nicho ecológico) de um lugar para que cada espécie esteja presente (SANTANA, 2010). Portanto, quanto mais combinações existem entre os recursos e as condições de um ambiente, maior será a biodiversidade e a heterogeneidade da paisagem, resultando em uma maior diversidade biológica (BAPTISTA, 1998).

Dentre as atividades antrópicas que causam diversas perturbações ambientais, incluem-se as atividades de monocultura de espécies arbóreas (FOLEY *et al.*, 2005). Destacado aqui a silvicultura de *Eucalyptus spp.*, que têm avançado em várias regiões e fragmentado consideravelmente o habitat natural (GUO; SIMS, 1999). O seu desenvolvimento tem aumentado em resposta à demanda da indústria madeireira comercial global (FORRESTER *et al.*, 2013). Devido ao seu rápido crescimento, curta rotação no plantio e o alto consumo de nutrientes do solo e da água (VIANA, 2004), a ciclagem de nutrientes é uma das limitações para o estabelecimento de ecossistemas sustentáveis em áreas onde ocorrem a cultura de *Eucalyptus spp.* (LEMA *et al.*, 2007).

O cultivo de eucaliptais são apontados como indutores de desertificação, em associação ao ressecamento do solo (CANNELL, 1999), ocasionando um déficit no balanço hídrico do sistema ambiental (VIANA, 2004). Também é evidenciado como desestabilizador da ciclagem de nutrientes e causador de efeitos alelopáticos (LIMA, 1996). Em culturas de *Eucalyptus spp.* são apontadas baixas taxas de decomposição da serapilheira (GAMA-RODRIGUES; BARROS, 2002), o que diminui a transferência de nutrientes na interação entre serapilheira e solo (GUO; 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; FU, 2009).

A serapilheira é responsável por inúmeras funções no equilíbrio e dinâmica ambiental (COSTA *et al.*, 2010). Ela realiza importante papel na ciclagem dos nutrientes (ODUM, 1988), uma vez que seus processos de deposição e decomposição são as principais fontes de transferência de nutrientes para os solos florestais (ABER; MELILO, 1991; 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). De maneira, que compreender a dinâmica espacial e temporal dos processos da serapilheira torna-se um mecanismo eficaz para a compreensão dos distúrbios ambientais (VIERA *et al.*, 2014), transformando-a em um potente indicador de qualidade do ecossistema (ALVARENGA, 2013).

Este estudo tem como objetivo comparar a qualidade ambiental entre fragmentos de produção de *Eucalyptus spp.* e áreas de revegetação espontânea (controle), a partir de análises realizadas sobre a funcionalidade da serapilheira, a saber, a decomposição e capacidade de retenção hídrica, relacionando-a

com sua qualidade nutricional. Testando as hipóteses que os fragmentos de eucaliptais apresentariam menores taxas de decomposição da serapilheira foliar (GAMA-RODRIGUES; BARROS, 2002), menor capacidade de retenção hídrica (VALLEJO, 1982), e serapilheira com qualidade nutricional mais baixa, em comparação com a área controle (GUO; SIMS, 1999). E ainda, que as amostras de serapilheira oriundas da área controle, apresentariam menores taxas de decomposição quando depositadas em áreas de eucaliptais (VOGEL et al., 2007).

II. MATERIAIS E MÉTODOS

Para as análises realizadas neste estudo foram selecionados no município de São João del-Rei (MG, Brasil), três áreas de cultivo de *Eucalyptus urophylla*, visando a replicação das amostras. Foi determinada ainda uma área controle, de vegetação natural, de crescimento espontâneo ou por reflorestamento, apresentando elevada diversidade de espécies, localizada na Floresta Nacional de Ritópolis (FNR), dentro dos limites municipais de Ritópolis (MG-Brasil) (Fig. 1). Nesta área controle, foram selecionados três pontos para a repetição da amostragem, predominando nas amostras as espécies de *Copaifera langsdorffii* Desf., *Dilodendron bipinnatum* Radlk., *Myrcia tomentosa* Aubl., *Protium widgrenii* Engl. e *Tapirira guianensis* Aubl..

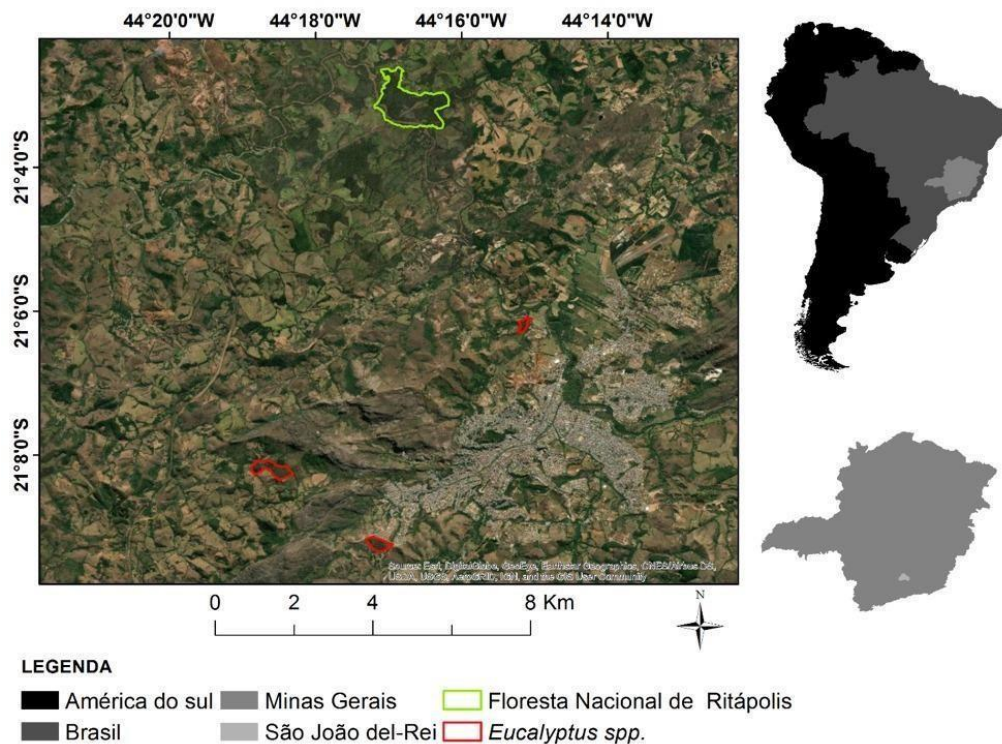


Figura 1: Mapa de localização da área de estudos (Fonte: Autores)

Ambos os municípios estão inseridos na mesorregião do Campos das Vertentes, no estado de Minas Gerais (Brasil). Segundo a classificação de Köppen e Geiger (1928), o clima de São João del-Rei é o Cwa, temperado e úmido, com duas estações bem definidas, verão quente e úmido, e inverno frio e seco. A temperatura média anual do município é de 19°C, e a precipitação média anual é de 1437 mm (BARUQUI *et al.*, 2006). Sua vegetação natural predominante é determinada como campo cerrado e cerrado (CETEC, 1989). Caracterizada por áreas fragmentadas de matas, devido ao modo como desenvolveu-se o uso e ocupação do solo (ROSA *et al.*, 2018). Dentre estas áreas, destaca-se um grande número de silviculturas de eucaliptais (RESENDE; ALMEIDA; NEGREIROS, 2015).

A Floresta Nacional de Ritápolis, localizada 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 Ritápolis. Sua área ocupa 89,50 ha (IBAMA, 2005). O clima, segundo a classificação de Köppen e Geiger (1928), é o Cwa. Com temperatura média anual de 19°C, e pluviosidade média anual de 1470 mm. A vegetação predominante é a Floresta Estacional Semidecidual, que corresponde à 41% da área total da Floresta, e o Campo Sujo e Cerrado, que ocupam cerca de 29% (IBAMA, 2005).

No período do experimento, 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), enquanto a precipitação pluvial anual foi de 1359,8 mm (Fig. 2).

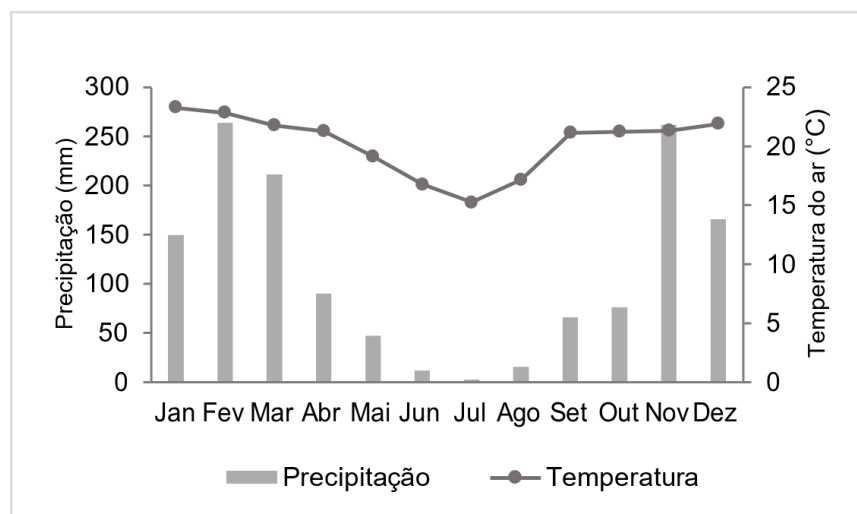


Figura 2: Precipitação pluvial e temperatura do ar, durante o período de estudos da decomposição da serapilheira. (Fonte: Inmet)

A decomposição da serapilheira foliar foi avaliada utilizando o método dos *litter bags* (BOCOCK; GILBERT, 1957). Método que permite mensurar em escala temporal, a perda de massa do material aferido (SCORIZA, 2012). Foram utilizados litter bags de malha porosa de 2 mm de espessura, e dimensões de 15 cm

x 20 cm. Estes

litter bags foram preenchidos com a fração foliar da serapilheira recém depositada sobre a superfície do solo, a camada denominada A₀₀₀L da serapilheira (MILLER, 1974).

O material coletado nas áreas amostrais, em laboratório, foram acometidos em estufa à 75°C, até atingir peso constante. Após este processo, uma fração foliar de 5 g de serapilheira foi acondicionada em cada litter bag, posteriormente depositados nos fragmentos selecionados (GUO; SIMS, 1999; VIERA *et al.*, 2014). A distribuição dos litter bags nos planos amostrais seguiu delineamento de experimentação “cruzada”: Na área controle, foram depositadas 12 amostras de material coletados em sua própria área, assim como 12 amostras da serapilheira de *Eucalyptus urophylla*, sendo realizada três repetições para as espécies de cada área, totalizando 36 litter bags de cada uma, seguindo o mesmo padrão utilizado na área controle, para as áreas de eucaliptais. A distribuição cruzada das amostras visou avaliar a influência do ambiente sobre a decomposição dos materiais amostrados.

A coleta do material foi realizada mensalmente, sendo recolhido na área controle: três litter bags de *Eucalyptus urophylla*, e três de amostras das espécies da área controle, ocorrendo da mesma forma para as áreas amostrais de eucaliptais. Assim, o experimento teve duração de um ano, possibilitando mensurar a perda de massa durante os períodos secos e úmidos de alta precipitação (COSTA; GAMA-RODRIGUES; CUNHA, 2005). Os litter bags coletados eram transportados para o laboratório, onde era realizado o processo de triagem, para a separação da fração foliar das demais partes. Posteriormente, a fração foliar era levada para estufa à 75°C, onde permanecia até alcançar peso constante, então era realizada a pesagem final e, assim, mensurada a perda de massa da serapilheira foliar (SCORIZA *et al.*, 2012; SILVA-JUNIOR *et al.*, 2014).

O peso seco da fração foliar remanescente nos litter bags após cada coleta, foi calculado a partir da equação proposta por Guo e Sims (1999):

$$W\% = W_t / W_0 \times 100 \quad (1)$$

Onde: **W%**: percentual de folhas restantes no *litter bag*; **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, foi utilizado o ajustado modelo exponencial (THOMAS; ASAKAWA, 1993):

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

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**: tempos em dias.

Para obtenção da capacidade de retenção hídrica da fração foliar, foi utilizada a metodologia proposta por Blow (1955), que consiste em análises laboratoriais das amostras de serapilheira coletadas em campo. As amostras coletadas ficam imersas em água durante o período de 90 minutos, para serem pesadas a fim de se obter o peso inicial. Logo após, as amostras são acondicionadas em estufa a 85°C, onde permanecem até atingirem peso constante, registrado como peso seco final das amostras. A capacidade de retenção hídrica foi calculada em função do peso seco final do material amostrado, como:

$$(PI - PF / PF) \times 100 = \text{Teor de Umidade Armazenada} \quad (3)$$

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

Foram quantificados a concentração dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S), além dos teores de lignina, celulose e polifenóis das amostras. O N foi determinado pelo método de Kjeldahl (BREMNER; MULVANEY, 1982). Após digestão nítrico-perclórica, o P foi determinado por colorimetria, o K lido em fotometria de chama, o S por turbidimetria e o Ca e Mg, em espectrofotômetro de absorção atômica (BATAGLIA et al., 1983; MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1989). Para determinar o teor de celulose e lignina, utilizou-se o método de Van Soest e Wine (1968). A concentração de polifenóis foi determinada pelo reagente de Folin-Denis em meio básico (ANDERSON; INGRAM, 1996).

Para testes do efeito espécie-específico, realizou-se a comparação das taxas de decomposição, capacidade de retenção hídrica e concentrações de nutrientes entre as amostras de serapilheira das áreas eucaliptais e área controle, por meio de Teste-t de Student para comparações par-a-par (Área Controle x *Eucalyptus spp.*). Para os testes relacionados ao efeito do ambiente, foram comparadas as taxas de decomposição, entre amostras de serapilheira de eucaliptal e área controle acondicionados nas diferentes áreas, também por meio de Teste-t de Student.

Ainda foram realizadas análises de correlação de Pearson entre os dados de decomposição e capacidade de retenção hídrica foliar, com as concentrações de nutrientes das amostras de serapilheira, a fim de verificar como as características químicas das amostras, afetam as taxas de decomposição e capacidade de retenção hídrica.

III. RESULTADOS

Para as taxas de decomposição da serapilheira mensuradas na área controle, as amostras de serapilheira natural (controle), apresentaram maior percentual de perda de massa foliar ao longo do experimento quando comparadas com as amostras das espécies de eucaliptais (Fig. 3). Nesta área, a média do coeficiente de decomposição (k), para as amostras provenientes da área controle foi, $k = 0,82$. Enquanto as amostras de *Eucalyptus urophylla* apontou valor médio de $k = 0,59$ (Tabela 1; Fig. 3). A perda de massa foliar foi significativamente maior para as amostras de serapilheira coletadas na área controle em comparação com as amostras de *Eucalyptus* spp. (Teste-t de Student, $p < 0.05$).

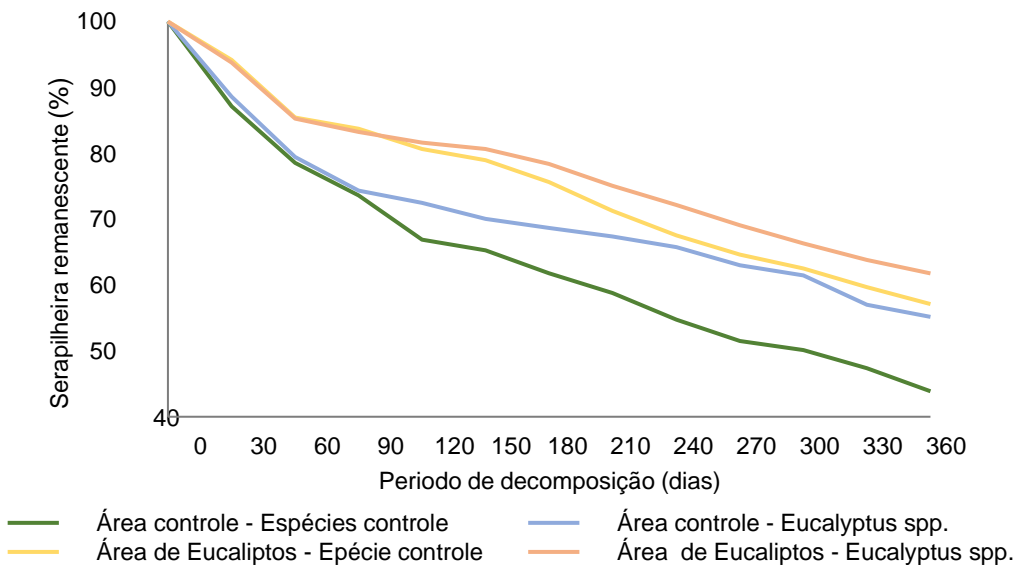


Figura 3: Média do percentual de material foliar remanescente nos litter bags, ao longo do período de duração do experimento.

Nas áreas amostrais de domínio de *Eucalyptus* spp., as amostras de serapilheira contendo as espécies coletadas na área controle, também apresentaram maior percentual de perda de massa foliar quando comparadas com as espécies de *Eucalyptus urophylla* (Fig. 3). Nestas áreas amostrais, as espécies coletadas na área controle apresentou valor médio para o coeficiente de decomposição $k = 0,55$, e as espécies de eucaliptais, $k = 0,48$ (Table 1). Sendo constatada diferenças estatísticas entre as amostras das distintas espécies (Student's t-test, $p < 0.05$).

Tabela 1: Coeficiente de decomposição (k), das amostras de serapilheira depositadas nas áreas de estudo.

Área Amostral	Espécies	Coeficiente de decomposição (k)			Média	Desvio Padrão
Área Controle	Espécies controle	0,78 ^A	0,82 ^A	0,87 ^A	0,82	0,05
	<i>Eucalyptus urophylla</i>	0,62 ^B	0,57 ^B	0,58 ^B	0,59	0,03
Área de eucaliptais	Espécies controle	0,55 ^A	0,51 ^A	0,52 ^A	0,53	0,02
	<i>Eucalyptus urophylla</i>	0,48 ^B	0,47 ^B	0,50 ^B	0,48	0,02

* Letras distintas entre as linhas dentro da mesma área amostral, indicam diferenças estatísticas entre as amostras (Student's t-test, p <0.05).

Em relação à influência do ambiente sobre a decomposição. A perda de massa foliar foi mais acelerada na área controle, em comparação com as áreas de eucaliptais. Assim, quando comparadas as taxas de decomposição nos diferentes ambientes, verificamos que as amostras de serapilheira coletadas na área controle, apontaram valores para o coeficiente de decomposição (k), significativamente maiores (Student's t- test, p <0.05) quando depositados na área controle (Tabela 2). Da mesma forma, ocorreu para as amostras de *Eucalyptus urophylla*, que comparadas entre si, apontaram valores de k significativamente maiores (Student's t- test, p <0.05) quando depositadas na área controle (Tabela 3).

Tabela 2: Coeficiente de decomposição (k), para as amostras de serapilheira das espécies controle depositadas nas distintas áreas amostrais.

Área Amostral	Coeficiente de Decomposição (k)			Média	Desvio Padrão
Área Controle	0,78 ^A	0,82 ^A	0,87 ^A	0,82	0,05
Área de eucaliptais	0,55 ^B	0,51 ^B	0,52 ^B	0,53	0,02

*Letras distintas entre as linhas indicam diferenças estatísticas entre as amostras (Student's t-test, p <0.05).

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

Área Amostral	Coeficiente de Decomposição (k)			Média	Desvio Padrão
Área Controle	0,62 ^A	0,57 ^A	0,58 ^A	0,59	0,03
Área de eucaliptais	0,48 ^B	0,47 ^B	0,50 ^B	0,48	0,02

*Letras distintas entre as linhas indicam diferenças estatísticas entre as amostras (Student's t-test, p <0.05).

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 (Student's t-test, p <0.05; Tabela 4). As amostras provenientes da área controle apontaram valores que variaram entre 161,36% e 338,27%, com valor médio de 260,31%. Já para as amostras provenientes das áreas de eucaliptais, os valores variaram entre 72,24% e 155,86%, apresentando valor médio igual a 112,91%.

Tabela 4: Percentual da capacidade de retenção hídrica para as amostras provenientes da área controle e eucaliptais.

	Capacidade de Retenção Hídrica (%)					Média	Desvio Padrão
Espécies 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 urophylla</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 (Student's t-test, p <0.05).

Quanto ao teor dos macronutrientes nas amostras foliares, para a concentração de N, Mg e S na serapilheira, as amostras coletadas na área controle apresentaram valor médio significativamente maiores que as amostras coletadas nas áreas de eucaliptais. Para a concentração dos outros macronutrientes (P, K), não foram constatadas diferenças estatísticas entre as amostras (Student's t-test, p <0.05; Tabela 5).

Tabela 5: Valores médios para a concentração dos macronutrientes na serapilheira amostrada das diferentes áreas. Valores entre parênteses são relativos ao desvio padrão.

	N	P	K	Ca	Mg	S
	g/kg ⁻¹					
Espécies Controle	17,80 ^A	0,67 ^A	4,00 ^A	14,10 ^A	2,60 ^A	1,87 ^A
	(0,70)	(0,21)	(1,00)	(2,82)	(0,30)	(0,31)
<i>Eucalyptus urophylla</i>	8,40 ^B	0,30 ^A	3,70 ^A	14,40 ^A	1,10 ^B	1,13 ^B
	(1,92)	(0,10)	(1,13)	(4,49)	(0,27)	(0,15)

* Letras distintas na mesma coluna indicam diferenças estatísticas entre as amostras (Student's t-test, p <0.05).

Para a concentração das frações orgânicas, quanto aos teores de lignina e polifenóis, as amostras coletadas nas áreas de eucaliptais apontaram valores significativamente maiores que os da área controle. Para a concentração de celulose, não foram apontadas diferenças significativas entre as amostras (Student's t-test, p <0.05; Tabela 6).

Tabela 6: Valores médios para a concentração das frações orgânicas (lignina, celulose e polifenóis), na serapilheira amostrada das diferentes áreas. Valores entre parênteses são relativos ao desvio padrão.

	Lignina	Celulose	Polifenóis
	g/kg ⁻¹		
Espécies Controle	176,51 ^A (1,31)	166,66 ^A (13,17)	32,47 ^A (8,72)
<i>Eucalyptus urophylla</i>	217,33 ^B (6,03)	190,33 ^A (8,62)	64,67 ^B (7,02)

* Letras distintas na mesma coluna indicam diferenças estatísticas entre as amostras (Student's t-test, p <0.05).

IV. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os dados relacionados à decomposição da serapilheira apresentados, se aproximam dos apontados na literatura existente e corroboram um padrão característico em *Eucalyptus spp.* (GAMA-RODRIGUES; BARROS, 2002; COSTA; GAMA-RODRIGUES; CUNHA, 2005; VALADÃO et al., 2019; WANG et al., 2019). Este padrão, é representado por uma lenta decomposição da massa foliar (GUO; SIMS, 1999), devido à qualidade química do material vegetal, caracterizado principalmente por elevadas concentrações de ligninas e polifenóis (FACELLI; PICKETT, 1991; FERNANDES; NASCIMENTO; CARVALHO, 2007). Neste contexto, os resultados obtidos indicaram forte correlação positiva entre a decomposição da serapilheira e a concentração de N ($r = 0,97$), Mg ($r = 0,96$) e S ($r = 0,92$) e forte correlação negativa com os teores de lignina ($r = -0,98$) e polifenóis ($r = -0,95$) (Correlação de Pearson, $p < 0,05$; Tabela 7).

Materiais vegetais com maiores concentrações de N, apontam para taxas de decomposição mais aceleradas, em comparação aos materiais que apresentam menores concentrações (LIU; FOX; XU, 2003). Já para a lignina e polifenóis, a alta concentração destes elementos estão associadas às baixas taxas de decomposição da serapilheira (DINIZ; PAGANO, 1997). Estes elementos são constituintes da estrutura dos materiais orgânicos que persistem nas folhas de *Eucalyptus spp.* (COSTA; GAMA-RODRIGUES; CUNHA, 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 eucaliptais (GAMA-RODRIGUES; BARROS; SANTOS, 2003).

Tabela 7: Coeficientes de correlação de Pearson, entre o coeficiente de decomposição, capacidade de retenção hídrica, concentração de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e frações orgânicas (celulose, lignina e polifenóis) da serapilheira foliar.

	CD	CRH	N	P	K	Ca	Mg	S	Lignina	Celulose	Polifenóis
CD	1,00	0,97**	0,97**	0,81	0,24	-0,15	0,96**	0,92*	-0,98**	-0,87*	-0,94**
CRH		1,00	0,97**	0,85*	0,19	-0,11	0,97**	0,89*	-0,98**	-0,85*	-0,94**

Coeficientes de correlação de Pearson, **($p < 0,01$) e *($p < 0,05$); CD – Coeficiente de Decomposição; CRH – Capacidade de Retenção Hídrica.

As taxas de decomposição foliar demonstraram alteração temporal, sendo mais acelerada no início dos experimentos, seguida por uma redução ao avançar o período de experimentação. O início dos experimentos coincidiu com o período de maior precipitação, o que propicia maior perda de massa do material (COSTA; GAMA-RODRIGUES; CUNHA, 2005). Outro fator, é que inicialmente o material contém elementos mais ricos em compostos de alta labilidade (MOMOLLI, 2011) e com o decorrer do tempo, restam

somente as partes menos lábeis do material orgânico, como a lignina e polifenóis (CARVALHO *et al.*, 2009), o que dificulta a decomposição (CABANÉ *et al.*, 2004) tornando-a mais lenta (LIMA *et al.*, 2015).

Quanto a influência do meio sobre a perda de massa foliar, observa-se que as espécies apontaram maiores taxas de decomposição quando alocadas na área controle (Fig. 3). Este fator está ligado à grande heterogeneidade de espécies vegetais desta área, que propicia maior disponibilidade de recursos e condições, favorecendo maior riqueza e diversidade biológica (PÁDUA; CHIARAVALLI, 2012), incluindo uma fauna edáfica mais diversificada, proporcionando taxas de decomposição da serapilheira mais aceleradas (GONZÁLEZ *et al.*, 2001; FERNANDES; NASCIMENTO; CARVALHO, 2007). Somado ao fato de que nas áreas de *Eucalyptus spp.*, por se tratarem de monoculturas, oferecem menos condições para os agentes decompositores coexistirem (PÁDUA; CHIARAVALLI, 2012), propiciando baixas taxas de decomposição nestas áreas (VOGEL *et al.*, 2007). Aliado a estes fatores, ainda existem as diferenças na quantidade de umidade presente nestas áreas, fator de grande importância para a decomposição da serapilheira (MELOS; SATO; NETTO, 2009).

Como apontado, a área controle apresentou maior capacidade de retenção hídrica que as áreas de *Eucalyptus spp.* (Tabela 4). 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; GAMA-RODRIGUES; CUNHA, 2005). De forma que foi estabelecida forte correlação positiva ($r = 0,97$), entre a capacidade de retenção hídrica e a decomposição da serapilheira (Correlação de Pearson, $p < 0.01$; Tabela 7). Ainda neste contexto, os valores apresentados em relação a capacidade de retenção hídrica, para as espécies da área utilizada como controle, são similares à valores encontrados em áreas florestais (VALLEJO, 1982; FREITAS, 2003; MONTEZUMA, 2005).

Esta maior capacidade de retenção hídrica pelo material da área controle, está ligada aos fatores de absorção e adsorção da superfície foliar (VOIGT; WALSH, 1976). O ambiente da área controle, proporciona uma decomposição mais acelerada da serapilheira foliar, logo, as folhas são mais desgastadas, gerando mais áreas para a absorção de água (VALLEJO, 1982), em relação às folhas de *Eucalyptus spp.*, onde a fração da serapilheira A_{000L} (MILLER, 1974) encontra-se em melhor estado de conservação, além do alto teor de lignina e polifenóis encontrados na serapilheira dos eucaliptos. Essas frações orgânicas da folhagem funcionam como uma camada que as impermeabiliza, dificultando a retenção de água. (CABANÉ *et al.*, 2004). De maneira, que este estudo estabeleceu uma forte correlação negativa entre o teor de lignina ($r = -0,98$) e polifenol ($r = -0,94$) com a capacidade de retenção hídrica (Correlação de Pearson, $p < 0.01$; Tabela

7).

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As amostras coletadas na área controle apresentaram valores significativamente maiores referentes às taxas de decomposição da serapilheira e capacidade de retenção hídrica, em relação as amostras coletadas nas áreas de eucaliptais. Além de apontaram melhor qualidade nutricional. Confirmando as hipóteses que versam sobre a importância dos efeitos de espécie-específicos nos processos dos ecossistêmicos aqui avaliados.

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. Indicando para um melhor funcionamento do ecossistema na área controle. Destacando a importância da conservação dos ecossistemas que apresentam maiores diversidades de espécies da fauna e flora.

A decomposição de *Eucalyptus urophylla*, corroborou um padrão apresentado pela literatura nacional e internacional, apresentando uma lenta decomposição, fortemente ligada à sua composição química. De forma que os resultados apontaram para forte correlação estatística entre as concentrações de N, Mg, lignina e polifenóis, no material foliar amostrado, e suas taxas de decomposição e capacidade de retenção hídrica.

As análises realizadas neste estudo demonstraram-se eficazes para o entendimento de como funcionamos ecossistemas florestais. Possibilitou observar como o funcionamento dos ecossistemas em áreas de menor intervenção antrópica ocorre de maneira mais eficiente que em áreas de monoculturas. Destacando a importância da proteção dos ecossistemas que apresentam diversidades de espécies de fauna e flora. De maneira que se torna essencial pensar em um manejo de solo mais sustentável, para não prejudicar o funcionamento dos ecossistemas e conseqüentemente trazer futuros problemas para a sociedade.

Agradecimentos

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento da Pós-Graduação, à Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ) pela concessão da bolsa de estudos, e à Floresta Nacional de Ritópolis gerida pelo Instituto Chico Mendes de Biodiversidade (ICMBio), pela autorização concedida para a pesquisa.

VI. REFERÊNCIAS

- ABER, J. D.; MELILO, J. Terrestrial ecosystems. Reinhart and Wintson, Inc.: Orlando, FL. USA. 428 p., 1991.
- AGUILAR, R.; GALETTO, L. Effects of forest fragmentation on male and female reproductive success in *Cestrum parqui* (Solanaceae). *Oecologia*, v. 138, n. 4, p. 513-520, 2004.
- 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.
- ANDERSON, J. D.; INGRAM, J. S. I. Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods. Ed. 2. Wallingford: CAB International, 171 p., 1996.
- 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.
- 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 Agrônomo de Campinas. Boletim Técnico, n. 78, 48 p., 1983.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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. The urban-forest interface and water related natural disasters at Tijuca Massif: challenges for urban planning in a socio-environmental perspective. *Revista do Departamento de Geografia*, v. 16, p. 46- 60, 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.
- DINIZ, S.; PAGANO, S. N. Dinâmica de folhedo 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.
- FACELLI J. M.; PICKETT S. T. A. Plant litter: its dynamics and effects on plant community structure. *The Botanical Review*, v. 57, n. 1, p. 1-32, 1991.
- 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.
- 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.; KUCHARIK, 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.
- 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.
- GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F. 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.
- GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F.; SANTOS, M. L. Decomposição e liberação de nutrientes do folhedo de espécies florestais nativas em plantios puros e mistos no sudeste da Bahia. *Bras. Ci. Solo*, v. 27, p. 1021-1031, 2003.
- 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.
- IBAMA. Plano de Manejo da Floresta Nacional de Ritópolis. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Brasília, DF. 227 p., 2005.
- KÖPPEN, W. P.; GEIGER, R. *Klimakarte der Erde*. Verlag Justus Perthes, 1953.
- 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.
-

- 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.
- 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. Ed. 1. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisas da Potassa e do Fosfato, 201p., 1989.
- 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.; NETTO, A. L. C. 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.
- MELOS, A. R.; SATO, A. M.; NETTO, A. L. C. Produção, estoque e retenção hídrica da serrapilheira em encosta sob plantio de híbridos de *Eucalyptus Urophylla* e *Eucalyptus Grandis*: médio vale do Rio Paraíba do Sul. *Anuário do Instituto de Geociências*, v. 33, n. 2, p. 66-73, 2010.
- MILLER C. S. Decomposition of coniferous leaf litter. *Biology of plant litter decomposition*. Academic press, London, v. 1, p. 105-28, 1974.
- MOMOLLI, D. R.; MOHR, B.; SILVA, J. C.; GUIMARÃES, C.; ROCKENBAH, T. Decomposição de folhas da serapilheira de *Eucalyptus dunni* plantado no Estado no Oeste do Rios Grande do Sul. In: IV Congresso florestal paranaense, Curitiba, PR, 2012.
- 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*. Cadernos do Diálogo, v. 4. Rio do Sul, SC. APREMAVI, 2012.
- RESENDE, T. F.; ALMEIDA, G. P.; DE NEGREIROS, A. B. Caracterização geoecológica e análise de fragmentos da bacia do Córrego do Lenheiro, São João del-Rei-MG. *Revista Continentes*, n. 6, p. 68-82, 2015.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.

VALADAO, 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.

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.

VIANA, M. B. O Eucalipto e os efeitos ambientais do seu plantio em escala. Consultoria Legislativa. Brasília, p. 9, 2004.

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.; ARAÚJO, E. F. Disponibilização de nutrientes via decomposição da serapilheira foliar em um plantio de Eucalyptus urophylla X Eucalyptus globulus. *Revista Floresta e Ambiente*, v. 21, n. 3, p. 307-315, 2014.

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.

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.

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.

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.
