

ANA PAULA MENDES TEIXEIRA

**FERTILIZAÇÃO E PLANTA E A DINÂMICA DA DECOMPOSIÇÃO DE
RESÍDUOS DA COLHEITA DE EUCALIPTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para a obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS-BRASIL
2017

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa

T

T266f
2017
Teixeira, Ana Paula Mendes, 1988-
Fertilização e planta e a dinâmica da decomposição de
resíduos da colheita de eucalipto / Ana Paula Mendes Teixeira. –
Viçosa, MG, 2017.
vi, 33f. : il. ; 29 cm.

Inclui anexo.

Orientador: Haroldo Nogueira de Paiva.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.28-32.

1. Solos florestais - Fertilização. 2. Resíduos vegetais -
Eucalipto. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de
Engenharia Florestal. Programa de Pós-graduação em Ciência
Florestal. II. Título.

CDO adapt. CDD 22 ed. 634.91145

ANA PAULA MENDES TEIXEIRA

**FERTILIZAÇÃO E PLANTA E A DINÂMICA DA DECOMPOSIÇÃO DE
RESÍDUOS DA COLHEITA DE EUCALIPTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para a obtenção do título de *Magister Scientiae*.


APROVADA: 19 de julho de 2017.




Helio Garcia Leite



Samuel Vasconcelos Valadares



Ivo Ribeiro da Silva
(Coorientador)



Haroldo Nogueira de Paiva
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

À minha família pelo apoio ao longo desta caminhada.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal pela oportunidade.

Ao Departamento de Engenharia Florestal e ao Departamento de Solos por fornecer toda a estrutura para a realização do experimento.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Programa NUTREE e a Fibria S.A., em especial aos funcionários do setor de pesquisa Luiz Otávio, Ailton, Odair, Claudiney (Piruca), dentre outros, pela disponibilização da área experimental, alojamento e dados cedidos gentilmente.

Ao Prof^o Haroldo Nogueira de Paiva pela orientação, ensinamentos, conselhos e amizade.

Ao Prof^o Ivo Ribeiro da Silva pelo apoio, orientação, ensinamentos e amizade.

Ao Ricardo Fialho pela condução de parte do experimento, pelos conselhos, ensinamentos e amizade.

Aos membros do Laboratório de Isótopos Estáveis, em especial Gustavo Mayrink, Ivan Souza e Rafael Teixeira pela ajuda, aprendizado, convívio e os bons momentos compartilhados.

Aos funcionários do DPS João Milagres e Humberto pela ajuda e ensinamentos.

Aos estudantes de iniciação científica que me ajudaram, em especial Luiz Fernando Gardioli e Thaís Corrêa.

Ao Diogo Tropa pela paciência, conselhos e apoio.

À todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

Ana Paula Mendes Teixeira, filha de Geraldo Carneiro Teixeira e Rosângela da Conceição Mendes Teixeira nasceu em Ouro Preto-Minas Gerais, em 21 de novembro de 1988.

Em julho de 2015, graduou-se em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Viçosa.

Em agosto de 2015, iniciou o Mestrado em Ciência Florestal, na Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se à defesa em 19 de julho de 2017.

SUMÁRIO

RESUMO	v
ABSTRACT	vi
INTRODUÇÃO	1
MATERIAL E MÉTODOS	3
RESULTADOS.....	7
Constante de decomposição (k) e tempo de meia vida ($t_{0,5}$) dos componentes do resíduo	7
Carbono e nutrientes remanescentes	10
Relações C/N, C/P, C/S, N/P e N/S	21
DISCUSSÃO	23
Constante de decomposição (k) e tempo de meia vida ($t_{0,5}$) dos componentes do resíduo	23
Carbono e nutrientes remanescentes	25
CONCLUSÕES	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28
ANEXOS	33

RESUMO

TEIXEIRA, Ana Paula Mendes, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2017. **Fertilização e planta e a dinâmica da decomposição de resíduos da colheita de eucalipto.** Orientador: Haroldo Nogueira de Paiva. Coorientador: Ivo Ribeiro da Silva.

As atividades de colheita promovem compactação do solo e exportação de nutrientes. Uma forma de minimizar estes impactos é a manutenção dos resíduos da colheita na área, sendo estes os principais contribuintes para a ciclagem de nutrientes. A compreensão da dinâmica da decomposição dos resíduos, bem como a liberação dos nutrientes é importante na elaboração de planos de manejo mais sustentáveis. Este trabalho teve como objetivo avaliar a dinâmica da decomposição e a liberação de nutrientes dos resíduos da colheita de eucalipto. O experimento foi conduzido em plantações comerciais de eucalipto localizadas na região de Três Lagoas, Mato Grosso do Sul, Brasil. A colheita do povoamento foi pelo método *Harvester-Forwarders* e as cepas foram manejadas sob talhadia. Para avaliar esta dinâmica da decomposição e a liberação de nutrientes, em março de 2014, seis meses após a colheita, foram instaladas 27 parcelas com área de 1 m². Sobre o solo da parcela, foram colocados 6,8 kg de resíduos composto por 1,20 kg de folha, 1,4 kg de galho, 3,6 kg de casca e 0,6 kg de miscelânea. Para quantificar a deposição de litter das árvores oriundas da talhadia foi instalado um coletor (sombrite de 4 mm malha) com área de 9 m², ao lado de cada parcela. Os tratamentos consistiram de três ambientes: talhadia com adubação (TA), talhadia sem adubação (TS), céu aberto (CS) e quatro épocas de coleta (0, 180, 360 e 540 dias). O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, com três repetições. Foram determinados os teores de C, N, P, K, Ca, Mg, S, B, Mn, Cu, Fe e Zn e as relações C/N, C/P, C/S, N/P e N/S. A constante de decomposição dos resíduos (k) e a liberação dos nutrientes ao longo do tempo foi explicado pela equação $X=X_0e^{-kt}$. Observou-se que a folha decompõe mais rápido que casca, seguida de galho, estando relacionado com a composição química e a concentração de nutrientes. As taxas de decomposição dos resíduos na região de estudo de modo geral são influenciadas pelo clima e temperatura e são maiores do que as observadas para algumas regiões do Brasil. A aplicação de fertilizantes de um modo geral ocasiona menor taxa de decomposição dos resíduos da colheita e liberação de nutrientes. A manutenção dos resíduos na área contribui com grandes quantidades de nutrientes.

ABSTRACT

TEIXEIRA, Ana Paula Mendes, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2017. **Fertilization and plant and the dynamics of the decomposition of eucalyptus harvest residues.** Adviser: Haroldo Nogueira de Paiva. Co-adviser: Ivo Ribeiro da Silva.

The maintenance of forest harvest residues minimize both soil compaction and nutrient export. Harvest residues decomposition and the nutrients release contribute to the development of more sustainable management programs. This work aimed to evaluate the dynamics of decomposition and the release of nutrients from eucalypt harvest residues (HR). The experiment was conducted in commercial eucalyptus plantations located at Três Lagoas Mato Grosso do Sul, Brazil. The stands were harvested using the *Harvester-Forwarders* method and the regeneration were managed under coppice. In March 2014, 27 plots (1 m²) were installed. Each plot received, 6,8 kg of HR, including 1,20 kg of leaf, 1,4 kg of twig, 3,6 kg of bark and 0,6 kg of miscellaneous. In order to evaluate litter fall from growing trees, a collector screen (4 mm mesh) with 9 m² was installed adjacent to each plot where HR was applied. The treatments consisted on three managements: coppice with fertilization (TA), coppice without fertilization (TS), open-sky control (CS) and four sampling periods (0, 180, 360 and 540 days). Treatments were assigned to the plots following a split-plot design with 3 blocks as replicates. The C, N, P, K, Ca, Mg, S, B, Mn, Cu, Fe and Zn content and the C/N, C/P, C/S, N/P and N/S ratios for each component of HR were determined. The decomposition constant of the components of HR (k) and the nutrient release over time was explained by the equation $X=X_0e^{-kt}$. Generally, leaf decomposed faster than bark followed by twigs, and this is pattern was probably related to the chemical composition and nutrient concentration. The k for the HR in general are influenced by climate and temperature and are greater than those observed for some regions of Brazil. The application of fertilizers led to a lower k and the release of nutrients. The maintenance of HR in the area contributes with large amounts of nutrients.

INTRODUÇÃO

O setor florestal brasileiro tem se destacado no mercado internacional devido à alta produtividade e ao menor tempo gasto entre o plantio e a colheita (IBÁ, 2016). Dentre as etapas da rotação florestal, a colheita e o baldeio da madeira estão entre as mais impactantes ao ecossistema, uma vez que promovem compactação do solo e exportação de nutrientes, o que pode comprometer a sustentabilidade da produtividade florestal (Seixas, 2002; Dedeczek et al., 2007; Lopes et al., 2015). A magnitude do distúrbio causado pelas operações de colheita do eucalipto depende da qualidade do sítio, da frequência e do sistema de colheita empregado e, principalmente, do manejo dos resíduos gerados pós colheita do eucalipto (Gonçalves et al., 2002).

Os sistemas de colheita mais utilizados no Brasil são os de toras longas (*Feller-Buncher* e *Skidder*) e toras curtas (*Harvester* e *Forwarder*). O sistema de toras longas apresenta distribuição irregular dos resíduos sobre o terreno devido as árvores serem processadas à margem das estradas ou pátios, fato que ocasiona variabilidade na distribuição dos nutrientes. No sistema de toras curtas os resíduos da colheita ficam distribuídos sobre o solo no próprio local de derrubada apresentando como vantagem a redução da exportação de nutrientes da área (Seixas, 2002). A manutenção dos resíduos na superfície do solo dissipa a pressão exercida pelas máquinas ao solo, sendo capaz de amenizar os efeitos da compactação (Jesus et al., 2015; Lopes et al., 2015), além de influenciar na economia de água e nutrientes (Gonçalves et al., 2002).

Segundo Laclau et al. (2010), práticas de manejo que conservam a matéria orgânica do solo e os nutrientes são fundamentais para aumentar a produtividade dos plantios de eucalipto. A remoção dos resíduos sem a devida reposição dos nutrientes ocasiona menor produtividade dos plantios de *Eucalyptus* (Selle, 2007; Mendham et al., 2014). Viera et al. (2011) relataram que a manutenção dos resíduos vegetais de *Pinus taeda* no sítio florestal foi capaz de reduzir a demanda por nutrientes via fertilizantes em rotações futuras. Já Souza et al. (2016) verificaram que a manutenção dos resíduos de colheita, principalmente a casca, foi de extrema importância para ciclagem de nutrientes devido a redução da exportação de nutrientes e dos riscos de erosão após a colheita de eucalipto.

A compreensão da ciclagem dos nutrientes nos permite inferir sobre modificações na qualidade do sítio resultantes das técnicas de manejo aplicadas (Reissmann &

Wisniewski, 2000; Gama-Rodrigues & Barros, 2002; Selle, 2007), pois os resíduos vegetais estão entre os principais contribuintes para o processo de ciclagem de nutrientes. A decomposição destes resíduos disponibiliza nutrientes ao ecossistema (Haag, 1985; Selle, 2007; Viera et al., 2010; Corrêa et al., 2013). O processo de decomposição e a liberação dos nutrientes são influenciados por diversos fatores, tais como: espécie plantada, densidade do plantio, qualidade do resíduo, organismos decompositores, variações climáticas e fertilidade do solo (Couteaux et al., 1995; Hernandez et al., 2009; Purahong et al., 2014; Ferreira et al., 2016).

Em trabalho realizado por Zhang et al. (2008), as variações climáticas e a qualidade dos resíduos foram os principais reguladores das taxas de decomposição em escala global. Estes autores verificaram também que os resíduos vegetais com as maiores concentrações de nutrientes, principalmente N, P, K, Ca e Mg apresentaram elevadas taxas de decomposição, enquanto as menores taxas foram observadas para os componentes com maiores teor de lignina, relação C:N e lignina:N.

Estudos relatam baixas taxas de decomposição da serapilheira em plantios de eucalipto (Schumacher et al., 2013; Viera et al., 2013). A decomposição irá variar de acordo com o tipo de resíduo, sendo que as folhas apresentam maior taxa de decomposição e menor tempo de meia vida do que casca e galho (Hernandez et al., 2009; Hernandez et al., 2016). A partir da mineralização dos resíduos ocorre a liberação dos nutrientes, porém a imobilização destes pode ocorrer para suprir a demanda nutricional dos organismos decompositores, sendo que estes processos são correlacionados com as relações C/N, C/P e C/S (Gonçalves et al., 2002). Dentre os nutrientes, o K é o primeiro a ser liberado por não estar ligado a nenhum composto orgânico da planta, sendo os demais disponibilizados posteriormente (Corrêa et al., 2013). A liberação mais lenta dos nutrientes sob o ponto de vista de reutilização não é necessariamente negativa na nutrição florestal uma vez que estes vão sendo liberados gradualmente a medida que as árvores crescem (Gonçalves et al., 2002; Hernandez et al., 2009).

Diferentes métodos têm sido adotados para estimar as taxas de decomposição de resíduos florestais (Rocha et al., 2016). Dentre os métodos, os litter bags são os mais comuns (Silva, 2008; Hernandez et al., 2009; Viera et al., 2014; Zhou et al., 2015; Rocha et al., 2016), tubos de PVC introduzidos no solo também são utilizados (Ferreira et al., 2016; Souza et al., 2016), porém estes métodos impedem que os resíduos fiquem expostos aos fatores determinantes para a decomposição, com ênfase nas variações climáticas e

organismos decompositores, principalmente de meso e macro-fauna no caso de litter bags (Wider & Lang., 1982), e de organismos decompositores em geral, no caso dos tubos de PVC. Diante disso, um novo método foi proposto por Rocha et al. (2016), no qual os resíduos da colheita são deixados sobre o solo, refletindo as reais condições encontradas em campo.

Apesar de diversos estudos terem sido realizados no Brasil visando compreender melhor a dinâmica da decomposição e a liberação dos nutrientes, pouco se sabe da região onde se encontra o estado do Mato Grosso do Sul. De acordo com o IBÁ (2016) o Mato Grosso do Sul ocupa uma das maiores áreas com plantios de eucalipto no Brasil, tendo se sobressaído em relação aos demais Estados nos últimos 5 anos, fato que está relacionado principalmente as suas condições de solo e clima.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a dinâmica da decomposição e a liberação de nutrientes dos componentes de resíduos da colheita de eucalipto no estado do Mato Grosso do Sul de forma que planos de manejos mais sustentáveis possam ser elaborados para que a reposição de nutrientes por meio da aplicação de fertilizantes seja reduzida.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em plantações comerciais de eucalipto localizadas na região de Três Lagoas, Mato Grosso do Sul-Brasil (coordenadas geográficas 20°53' S e 51°44' O). O clima é do tipo Aw (Köppen), característico de Cerrado, com verão quente e úmido e inverno seco. A temperatura média anual é de 28 °C com precipitação média anual de 1273 mm e altitude média de 350 m. A cobertura vegetal natural é o Cerrado *Stricto sensu*. O solo é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. A caracterização química e física do solo utilizado é apresentada no Quadro 1.

Quadro 1- Caracterização física e química do solo da área experimental (profundidade de 0-20 cm)

¹ pH H ₂ O	² P	² K	² Na	² Cu	² Mn	² Fe	² Zn	³ V	⁴ m	⁵ MO
	-----mg dm ⁻³ -----							%		dag kg ⁻¹
4,7	4,1	58	0	0,6	12,7	53,1	0,6	20,9	47,6	0,9

Continua...

Quadro 1- Cont.

⁶ Ca ²⁺	⁶ Mg ²⁺	⁶ Al ³⁺	⁷ H+Al	⁸ SB	⁹ t	¹⁰ T	¹¹ P-Rem	¹² S	¹³ B	¹⁴ N
-----cmol _c dm ⁻³ -----						mg L ⁻¹	mg dm ⁻³	dag kg ⁻¹		
0,3	0,2	0,6	2,5	0,7	1,3	3,2	46,6	0,9	0,19	0,045

Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila
-----dag kg ⁻¹ -----			
29	56	3	12

¹pH em água Relação 1:2,5; ²P-Na-K-Fe-Zn-Mn-Cu-Extrator Mehlich-1; ³V= Índice de saturação por base; ⁴m= Índice de saturação por alumínio; ⁵Matéria Orgânica (MO) = C Org x 1,724 - Walkey-Black; ⁶Ca²⁺ - Mg²⁺ - Al³⁺ - Extrator: KCl - 1mol L⁻¹; ⁷(H+Al) - Extrator acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ a pH 7,0; ⁸SB= Soma de bases trocáveis; ⁹t= Capacidade de troca catiônica efetiva; ¹⁰T= Capacidade de troca catiônica a pH 7,0; ¹¹P-Rem= Fósforo remanescente; ¹²S - Extrator - Fosfato monocálcio em ácido acético; ¹³B - Extrator água quente; ¹⁴N= analisador elementar acoplado a um espectrômetro de massa de razão isotópica de fluxo contínuo (20-20 ANCA-GLS, Sercon, Crewe, UK).

Os dados referentes à temperatura média e precipitação pluviométrica foram obtidos em estação meteorológica local e calculados para intervalos trimestrais antes e durante o período de coleta de dados (Quadro 2).

Quadro 2- Temperatura média e pluviosidade acumulada em 2013 e em intervalos trimestrais durante o período de realização do experimento na região de Três Lagoas-MS

Período	Temperatura (°C)	Pluviosidade (mm)
2013	-	1195,84
Janeiro 2014 - Março 2014	29	325,76
Abril 2014 - Junho 2014	27	150,63
Julho 2014 - Setembro 2014	27	195,83
Outubro 2014 - Dezembro 2014	25	370,34
Janeiro 2015 - Março 2015	27	360,12
Abril 2015 - Junho 2015	28	160,22
Julho 2015 - Setembro 2015	27	114,10
Janeiro 2014 - Setembro 2015	27	1677,00

As áreas utilizadas para instalação do experimento foram plantações de eucalipto (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*) no final da primeira rotação (7 anos) e que anteriormente foram cultivadas com pastagens de *Uroclhoa decumbens* a pelo menos 20 anos. O povoamento de eucalipto foi colhido pelo método de colheita *Harvester-Forwarders*, no qual são colhidas árvores inteiras e processadas no interior do talhão pelo *Harvester*, sendo retiradas em forma de toras curtas pelo *Forwarder* até a borda do talhão.

Após a colheita, a regeneração foi conduzida sob talhadia. Para avaliar a dinâmica da decomposição e a liberação de nutrientes, em março de 2014, seis meses após a

colheita, foram instaladas 27 parcelas com área de 1 m². A área das parcelas foi limpa, retirando todos os resíduos advindos da colheita e da rotação anterior. Sobre o solo da parcela, então limpo, foram colocados 6,8 kg de resíduos, retirados da própria área, composto por 1,20 kg de folha, 1,4 kg de galho, 3,6 kg de casca e 0,6 kg de miscelânea, sendo estes distribuídos de forma similar à condição encontrada em campo. Esta proporção entre os componentes dos resíduos foi determinada por avaliação prévia da distribuição dos mesmos na área. Para quantificar a deposição de litter das árvores oriundas da talhadia foi instalado um coletor (sombrite de 4 mm malha) com 9 m², ao lado de cada parcela.

O delineamento estatístico utilizado foi em blocos casualizados com 3 repetições. Os tratamentos consistiram de três ambientes: talhadia com adubação (TA), talhadia sem adubação (TS), a céu aberto (CS) e quatro épocas de coleta (0, 180, 360 e 540 dias após a instalação).

A aplicação de nutrientes consistiu em: 1500 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico, aplicado em faixas contínuas de 80 cm de largura; 250 kg ha⁻¹ de NPK 12-20-16 + 2% de enxofre (S) + 2% de cálcio (Ca) + 0,4% de boro (B) + 0,2% de cobre (Cu) + 0,2% de zinco (Zn), aplicado em filete contínuo ao lado da linha de plantas, por ocasião da desbrota.

Na rotação anterior, aplicou-se: 1500 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico; 350 kg ha⁻¹ de NPK 06-30-06; 300 kg ha⁻¹ de NPK 18-00-18 e ainda 200 kg ha⁻¹ de NPK 00-00-54 em cobertura.

As avaliações do experimento foram realizadas em março de 2014, setembro de 2014, março de 2015 e setembro de 2015. Após a coleta do material nas épocas determinadas, os resíduos vegetais foram separados em folha, casca, galho e miscelânea (material no qual não se caracterizava como os demais componentes), os quais foram pesados e colocados para secagem em estufa de circulação forçada de ar à 65 °C, até massa constante para determinação da massa seca remanescente. A massa seca remanescente foi determinada a partir da fórmula:

$$MSR = \frac{MS \times 100}{MSI}$$

em que: MSR: massa seca remanescente (%); MS: massa seca final do resíduo (g); MSI: massa seca inicial (g).

A quantificação do litter depositado nos coletores se iniciou após um ano da instalação do experimento, sendo descontada a quantidade depositada nos valores de

massa remanescente das folhas. Foram descontados após 360 dias de experimento o equivalente a 0,33 Mg ha⁻¹ e 0,29 Mg ha⁻¹ nos ambientes talhada com e sem adubação, respectivamente. Da mesma forma, após 540 dias foram descontados 2,65 Mg ha⁻¹ e 2,14 Mg ha⁻¹ nos ambientes talhada com e sem adubação, respectivamente.

Em cada coleta, após a secagem, os resíduos foram separados em folha, casca, galho e miscelânea e moídos em moinho tipo Wiley com peneira de abertura de 1 mm e analisados quimicamente.

A quantificação do teor de C e N nos componentes do resíduo e do litter depositado nos coletores foi determinado em um analisador elementar acoplado a um espectrômetro de massa de razão isotópica de fluxo contínuo (20-20 ANCA-GLS, Sercon, Crewe, UK).

Após digestão nitroperclórica (Sarruge & Haag, 1974) determinou-se os teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), ferro (Fe), cobre (Cu), zinco (Zn) e manganês (Mn) e boro (B) por espectrômetro de emissão ótica em plasma indutivamente acoplado, marca Perkin Elmer, modelo Optima 8300 - ICP OES.

O conteúdo de nutrientes foi calculado pelo produto do teor do nutriente (g kg⁻¹) pela massa seca remanescente extrapolada por hectare nas quatro épocas de coleta (0,180,360 e 540 dias).

A partir do conteúdo de nutrientes de folha, casca e galho calculou-se as relações C/N, C/P, C/S, N/P e N/S nas quatro épocas de coleta (0,180,360 e 540 dias). A partir do conteúdo de C e N do litter, calculou-se a relação C/N após 360 e 540 dias de instalação do experimento.

A partir dos dados da massa seca remanescente e do conteúdo de nutrientes estimou-se a constante de decomposição dos resíduos (*k*) e verificou-se a liberação dos nutrientes ao longo do tempo pelo modelo exponencial proposto por Olson (1963):

$$X=X_0e^{-kt} + \varepsilon$$

Em que: X é a massa seca remanescente ou o conteúdo de determinado nutriente após um período de tempo t; X₀ é a massa seca inicial ou o conteúdo inicial de determinado nutriente e *k* é a constante de decomposição ou de liberação do nutriente.

Este modelo foi ajustado para cada repetição dos componentes do resíduo (folha, galho e casca), em cada ambiente. Os ajustes foram feitos utilizando o Software Sigma Plot 12.0. Uma vez obtidas as estimativas de *k*, determinou-se os correspondentes tempos de meia vida (t_{0,5}). Esses valores de *k* e t_{0,5} foram submetidos à análise de variância e teste

Tukey, para nível de significância de 5%. Para isto, utilizou-se o Software Statistica (STATSOFT, INC, 12.5).

RESULTADOS

Constante de decomposição (k) e tempo de meia vida ($t_{0,5}$) dos componentes do resíduo

Os maiores valores de k foram observados para folha em todos os ambientes (Quadro 3). Após 180 dias, mais de 90 % das folhas já haviam sido decompostas e aos 540 dias as folhas não eram encontradas sobre o solo (Figura 1). Verificou-se que a k da folha foi maior no ambiente a céu aberto, diferindo estatisticamente ($p < 0,05$) dos demais ambientes (Quadro 3). A cinética de decomposição da folha apresentou uma fase inicial rápida e para o ambiente de talhadia com adubação foi observado maior quantidade de massa seca remanescente (Figura 1).

Em todos os ambientes, a casca apresentou k intermediário e o galho os menores valores de k , para ambos não foram verificadas diferenças estatísticas entre os ambientes ($p > 0,05$) (Quadro 3). As cinéticas da decomposição da casca nos ambientes à céu aberto e talhadia com adubação apresentaram uma fase inicial mais moderada quando comparado ao ambiente talhadia sem adubação (Figura 1). Após 540 dias, a casca ainda não tinha sido totalmente decomposta permanecendo pelo menos 15% da massa inicial (Quadro 3). Já para o galho, nos ambientes de talhadia com ou sem adubação, a cinética de decomposição foi similar, entretanto, maior quantidade de massa seca remanescente foi observada para o ambiente a céu aberto (Figura 1). Ao final dos 540 dias, constatou-se que mais de 20% dos galhos ainda permaneciam sobre o solo independente do ambiente (Quadro 3).

Analisando o $t_{0,5}$ entre os componentes do resíduo, verifica-se que os menores valores foram observados para a folha em todos os ambientes. Observou-se que 26 dias são necessários para a decomposição de 50% da massa de folha em ambiente à céu aberto, ao passo que nos ambientes de talhadia com ou sem adubação foram necessários 44 e 39 dias, respectivamente, embora não seja diferente estatisticamente (Quadro 3).

Verificou-se que o $t_{0,5}$ de casca, apresentou valores intermediários entre folha e galho. Dentre os ambientes, o a céu aberto foi o que apresentou maior $t_{0,5}$, aproximadamente 204 dias. Em conformidade com o que foi observado para as folhas, o

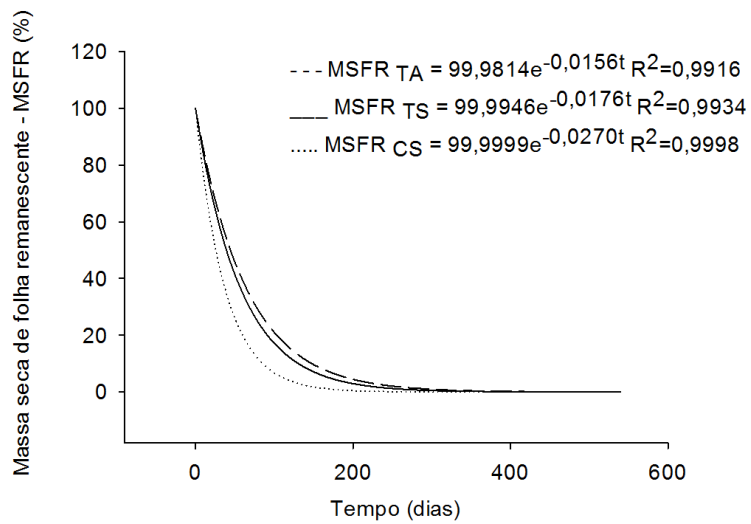
$t_{0,5}$ no ambiente de talhadia com adubação foi maior do que o sem adubação (165 e 131 dias, respectivamente), entretanto, não houve diferença significativa sob o ponto de vista estatístico ($p > 0,05$) (Quadro 3). Já para o galho, em todos os ambientes o $t_{0,5}$ é superior a 200 dias (Quadro 3). A exemplo do observado para casca, no ambiente a céu aberto o galho apresentou maior $t_{0,5}$ (267 dias). No entanto, no ambiente de talhadia sem adubação o galho apresentou maior $t_{0,5}$ do que no com adubação, 257 e 231 dias, respectivamente. Não foram observadas diferenças significativa do $t_{0,5}$ de galho ($p > 0,05$) (Quadro 3).

Não foi possível calcular a k e o $t_{0,5}$ da miscelânea uma vez que houve o acúmulo da massa seca remanescente ao longo do tempo. Com 180 dias de decomposição, houve um acréscimo na massa remanescente para todos os ambientes, entretanto aos 360 dias observa-se um decréscimo. Após 540 dias, a massa remanescente da miscelânea no ambiente à céu aberto continuou a decrescer enquanto nos ambientes de talhadia com ou sem adubação aumentou (Figura 2).

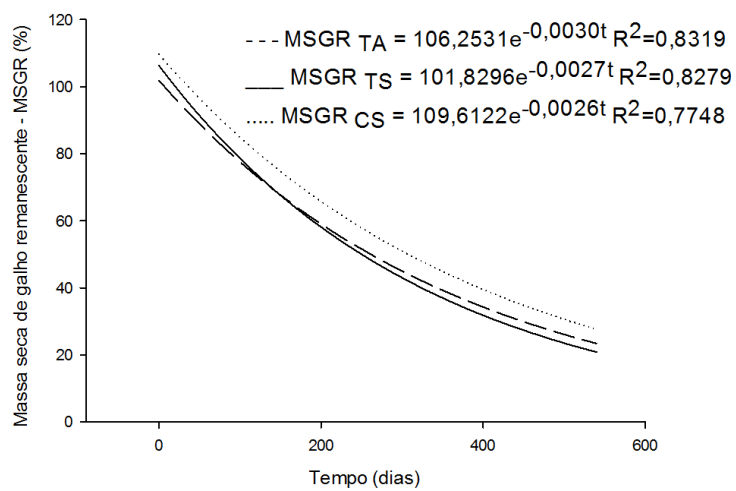
Quadro 3- Estimativas dos parâmetros da equação $X = X_0 e^{-kt}$ ajustada para as quantidades de massa seca inicial do resíduo (X_0), constante de decomposição (k), coeficiente de determinação do modelo (R^2), tempo de meia vida ($t_{0,5}$) após 540 dias de decomposição, quantidade inicial dos componentes do resíduo (I) e quantidade remanescente do componente do resíduo após 180, 360 e 540 dias de decomposição

T⁽¹⁾	M⁽²⁾	X₀⁽³⁾	k⁽⁴⁾	R²⁽⁵⁾	t_{0,5}⁽⁶⁾	I⁽⁷⁾	180⁽⁸⁾	360⁽⁸⁾	540⁽⁸⁾
TA	F	99,9814	0,0156 Ba	0,9916	44 a	11840,19	6	0	0
	C	99,7685	0,0042 Ab	0,9805	165 b	35260,53	47	22	10
	G	106,2531	0,0030 Ab	0,8319	231c	13750,79	62	36	21
TS	F	99,9946	0,0176 Ba	0,9934	39 a	11840,19	4	0	0
	C	99,4103	0,0053 Ab	0,9834	131 b	35260,53	38	15	6
	G	101,8296	0,0027 Ab	0,8279	257 c	13750,79	63	39	24
CS	F	99,9999	0,0270 Aa	0,9998	26 a	11840,19	1	0	0
	C	96,8392	0,0034 Aa	0,7749	204 b	35260,53	53	28	15
	G	109,6122	0,0026 Aa	0,7748	267 c	13750,79	69	43	27

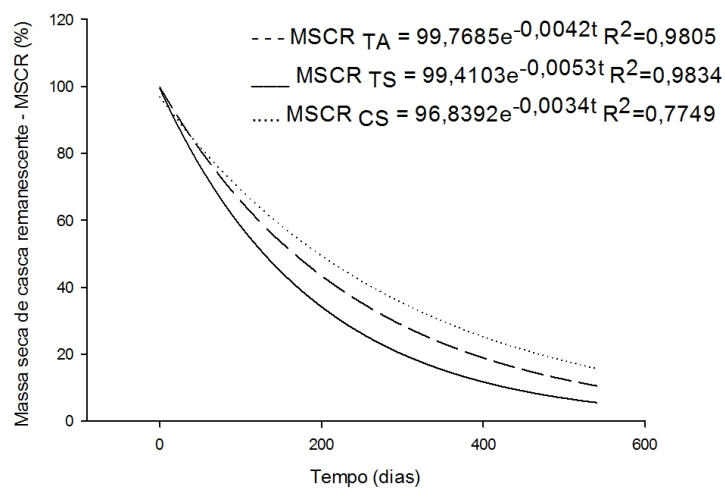
⁽¹⁾Ambiente (T): TA: Talhadia com adubação; TS: Talhadia sem adubação; CS: Céu aberto; ⁽²⁾Componentes do resíduo (M): F: Folha; C: Casca; G: Galho; ⁽³⁾Massa seca inicial do resíduo, em percentagem; ⁽⁴⁾Constante de decomposição, em $g \text{ dia}^{-1}$; ⁽⁵⁾Coeficiente de determinação do modelo; ⁽⁶⁾Tempo de meia-vida, em dias; ⁽⁷⁾Quantidade inicial do componente do resíduo, em $kg \text{ ha}^{-1}$; ⁽⁸⁾Quantidade remanescente observada do componente do resíduo após 180, 360 e 540 dias de decomposição em % relativa da massa seca inicial. Médias com letras maiúsculas, para cada variável, não diferem entre ambientes para um mesmo componente do resíduo pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). Médias seguidas por letras minúsculas iguais, para cada variável, não diferem entre os componentes do resíduo no mesmo ambiente teste de Tukey ($p > 0,05$).



A



B



C

Figura 1- Percentagem de massa seca remanescente (%) ao longo de 540 dias de decomposição para folha (MSFR) – (A), galho (MSGR) – (B) e casca (MSCR)– (C).

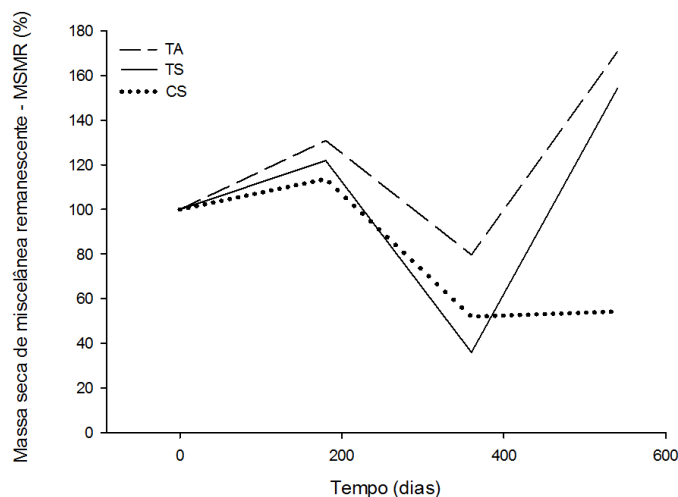


Figura 2- Percentagem de massa seca de miscelânea remanescente (MSMR) (%) ao longo de 540 dias de decomposição.

Carbono e nutrientes remanescentes

Analisando o conteúdo inicial dos nutrientes na folha para o tempo 0, a magnitude dos macronutrientes foi N>Ca>Mg>K>S>P e dos micronutrientes Fe>Mn>B>Zn>Cu (Quadro 4). A magnitude do conteúdo dos macronutrientes para todos os ambientes após 180 dias foi N>Ca>Mg>K>S>P. Já para os micronutrientes, todos os ambientes apresentaram a seguinte ordem Mn>Fe>B>Zn>Cu.

Após 360 dias, a ordem para macronutrientes foi Ca>N>Mg>K>S>P nos ambientes de talhadia com e sem adubação, enquanto no ambiente à céu aberto, N>Ca>Mg>S>K>P. Para micronutrientes, o ambiente de talhadia com adubação apresentou a seguinte ordem Mn>Fe>Zn>B>Cu, já o ambiente de talhadia sem adubação Fe>Mn>B>Zn>Cu e o ambiente à céu aberto Fe>Mn>Zn>B>Cu.

Aos 540 dias, para macronutrientes, foi verificado a mesma magnitude de 360 dias para os ambientes de talhadia com e sem adubação. Para o ambiente à céu aberto, não foi possível determinar o conteúdo de nutrientes devido à ausência de folhas na parcela de decomposição. Em relação aos micronutrientes, a magnitude foi Mn>Fe>Zn>B>Cu no ambiente de talhadia sem adubação e Mn>Fe>B>Zn>Cu no ambiente de talhadia com adubação (Quadro 4).

Na casca, o conteúdo dos macronutrientes no tempo 0 foi, em ordem decrescente, Ca>N>Mg>K>P>S. Após 180 dias, o ambiente à céu aberto, apresentou a mesma ordem citada anteriormente, já os demais ambientes, apresentaram a seguinte ordem

Ca>N>Mg>K>S>P. Para todos os ambientes, aos 360 e 540 dias, verificou-se a seguinte magnitude Ca>N>Mg>K>S>P (Quadro 4).

Para os micronutrientes, no tempo 0, foi verificado a seguinte ordem Fe>Zn>B>Cu>Mn (Quadro 4). Após 180 dias todos os ambientes apresentaram a seguinte magnitude: Mn>Fe>Zn>B>Cu. Após 360 dias, os ambientes de talhadia com e sem adubação, apresentaram a mesma magnitude citada anteriormente, já para o ambiente à céu aberto, foi verificada a seguinte ordem: Fe>Mn>Zn>B>Cu. Aos 540 dias, o ambiente de talhadia sem adubação apresentou a seguinte magnitude Mn>Fe>Zn>B>Cu, já os ambientes de talhadia com adubação e à céu aberto apresentaram a seguinte ordem Fe>Mn>Zn>B>Cu (Quadro 4).

Para galho, no tempo 0, verificou-se para macronutrientes a seguinte ordem Ca>N>Mg>K>P>S. Para os ambientes de talhadia com adubação e à céu aberto, observou-se em todos os tempos a seguinte magnitude Ca>N>Mg>K>S>P (Quadro 4). No ambiente de talhadia sem adubação, a ordem de macronutrientes citada anteriormente foi observada aos 180 dias, para os demais tempos, verificou-se a seguinte ordem N>Ca>Mg>K>S>P (Quadro 4).

Analisando os micronutrientes, no tempo 0 o conteúdo de nutrientes foi, em ordem decrescente, Mn>Fe>B>Zn>Cu (Quadro 4). Após 180 dias, os ambientes de talhadia sem adubação e o ambiente à céu aberto, apresentaram a seguinte magnitude Mn>Fe>Cu>Zn>B (Quadro 4). Já o ambiente de talhadia com adubação, apresentou a seguinte ordem: Mn>Fe>Zn>Cu>B (Quadro 4). Aos 360 dias, o ambiente de talhadia sem adubação apresentou a ordem Mn>Fe>Zn>Cu>B, já o ambiente de talhadia com adubação Mn>Fe>Zn>B>Cu e o ambiente à céu aberto Mn>Fe>Cu>Zn>B (Quadro 4). Após 540 dias, os ambientes de talhadia com e sem adubação apresentaram a seguinte magnitude Mn>Fe>Zn>Cu>B, enquanto o ambiente à céu aberto, Fe>Mn>Zn>Cu>B (Quadro 4).

Para miscelânea, no tempo 0, verificou-se para macronutrientes a seguinte ordem de magnitude Ca>N>Mg>K>P>S. Após 180 dias, os ambientes de talhadia sem adubação e à céu aberto, apresentaram a seguinte ordem N>Ca>Mg>K>S>P, já o ambiente de talhadia com adubação Ca>N>Mg>K>S>P. Aos 360 dias, todos os ambientes apresentaram a seguinte magnitude Ca>N>Mg>K>S>P. Após 540 dias, os ambientes de talhadia com adubação e à céu aberto apresentaram a seguinte ordem Ca>N>Mg>K>S>P, já o ambiente de talhadia sem adubação Ca>N>Mg>S>K>P.

Analisando os micronutrientes, no tempo 0 o conteúdo de nutrientes foi, em ordem decrescente, Fe>Mn>B>Cu>Zn. Todos os ambientes aos 180 e 360 dias apresentaram a seguinte magnitude Fe>Mn>Zn>B>Cu. Após 540 dias, para todos os ambientes foi observada a seguinte ordem Fe>Mn>Zn>Cu>B.

Em relação ao $t_{0,5}$ do C remanescente, não foi verificada diferença significativa ($p > 0,05$) entre os ambientes (Quadro 5).

Os menores valores de $t_{0,5}$ foram observados para a folha. O ambiente de talhadia com adubação apresentou maior $t_{0,5}$ quando comparado aos demais e após 180 dias de decomposição mais de 90% do C já havia sido mineralizado (Quadro 5). Já para casca o $t_{0,5}$ foi intermediário ao de folha e galho variando de 139 a 217 dias e após 540 dias era possível observar pelo menos 6% de C remanescente (Quadro 5). Os maiores $t_{0,5}$ para C foram observados para galho (Quadro 5), sendo que este variou de 267 a 277 dias e após 540 dias era possível observar mais de 20% de C remanescente.

Analisando a quantidade remanescente dos nutrientes, para folha, independente das diferenças iniciais, após 180 dias de decomposição, mais de 90% dos nutrientes já haviam sido liberados e aos 540 dias a liberação de 99% dos nutrientes já havia ocorrido (Quadro 5). Já para casca e galho, verificou-se que o comportamento da liberação dos nutrientes foi bastante diverso. Após 540 dias de decomposição, ainda se observava quantidades remanescentes de todos os nutrientes e diferentes quantidades liberadas (Quadro 5).

Em relação ao $t_{0,5}$ dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) de modo geral, a seguinte ordem foi verificada considerando o componente do resíduo folha<casca<galho (Quadro 5). Não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$) para $t_{0,5}$ entre os ambientes para todos os macronutrientes.

Para folha, verificou-se comportamento similar do $t_{0,5}$ para todos os macronutrientes, em que o ambiente de talhadia com adubação apresentou maior $t_{0,5}$ seguido do ambiente de talhadia sem adubação e do ambiente à céu aberto (Quadro 5). Os valores de $t_{0,5}$ variaram de 25 a 54 dias, sendo o menor valor observado para Ca e o maior para N.

Avaliando o $t_{0,5}$ de casca, observou-se que o $t_{0,5}$ de todos os macronutrientes, apresentou os maiores valores no ambiente de talhadia com adubação e os menores no ambiente de talhadia sem adubação (Quadro 5). Os valores de $t_{0,5}$ variaram de 65 a 433 dias, sendo o menor valor verificado para K e o maior para N.

Quando o galho é avaliado, verifica-se para N que no ambiente de talhadia sem adubação o $t_{0,5}$ apresentou o maior valor (582 dias) e no ambiente de talhadia com adubação o menor (462 dias). O $t_{0,5}$ de P, K e S, apresentou comportamento similar, em que para o ambiente de talhadia sem adubação foi observado o maior valor e para o ambiente à céu aberto o menor. Estes valores variaram de 114 a 630 dias, sendo o menor valor verificado para K e o maior para S. Para Ca, foi verificado maior valor de $t_{0,5}$ no ambiente de talhadia com adubação (433 dias) e menor no ambiente à céu aberto (315 dias). O Mg apresentou o mesmo valor de $t_{0,5}$ (277 dias) nos ambientes de talhadia com e sem adubação, sendo este maior do que no ambiente à céu aberto (231 dias).

Com relação ao $t_{0,5}$ dos micronutrientes (B, Mn, Cu, Fe e Zn), verificou-se a mesma ordem apresentada pelos macronutrientes folha<casca<galho (Quadro 5). Não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$) para $t_{0,5}$ envolvendo ambiente e componente do resíduo para os micronutrientes, exceto Fe que diferiu ($p < 0,05$) entre os ambientes (Quadro 5).

Avaliando o $t_{0,5}$ de folha, observou-se para todos os micronutrientes os maiores valores no ambiente de talhadia com adubação e os menores no ambiente à céu aberto. Estes valores variaram de 22 a 55 dias, sendo o menor valor verificado para Fe e o maior para Mn (Quadro 5).

Para casca, verificou-se para B, Mn e Cu que o ambiente de talhadia com adubação apresentou os maiores valores de $t_{0,5}$ e o ambiente de talhadia sem adubação os menores. Estes valores variaram de 112 a 462 dias, sendo o menor valor verificado para B e o maior para Cu (Quadro 5). Observou-se que o $t_{0,5}$ de Fe e Zn, apresentou os maiores valores no ambiente à céu aberto e os menores no ambiente de talhadia sem adubação. Estes valores variaram de 110 a 555 dias, sendo o menor valor verificado para Zn e o maior para Fe (Quadro 5).

Para galho, observou-se para Mn e Cu que o $t_{0,5}$ apresentou os maiores valores no ambiente de talhadia sem adubação e os menores valores no ambiente à céu aberto. Estes valores variaram de 301 a 408 dias, sendo o menor valor verificado para Mn e o maior para Cu. Para B, Fe e Zn, verificou-se os maiores valores de $t_{0,5}$ no ambiente de talhadia com adubação e os menores no ambiente à céu aberto. Estes valores variaram de 182 a 420 dias, sendo o menor valor verificado para B e o maior para Fe.

Quadro 4- Conteúdo de nutrientes dos componentes dos resíduos da colheita em kg ha⁻¹ nos tempos 0,180,360 e 540 dias de decomposição em talhadia sem adubação (TS), talhadia com adubação (TA) e a céu aberto (CS)

TS - Folha												
Tempo (dias)	C	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	Mn	B
----- kg ha ⁻¹ -----												
0	5153,6146	129,0772	5,7501	24,1207	108,2879	32,4336	6,8050	0,0836	12,1007	0,2110	7,0409	0,3003
180	308,7532	7,4752	0,2381	0,8688	3,8689	1,2956	0,3062	0,0019	0,2228	0,0062	0,3072	0,0101
360	117,4926	3,5170	0,2232	0,5336	5,1512	1,2120	0,2873	0,0023	0,3064	0,0069	0,2945	0,0081
540	281,7888	4,8305	0,3586	0,6535	6,8593	1,5773	0,4626	0,0035	0,5122	0,0110	0,5629	0,0101
	5861,6492	144,8999	6,5701	26,1766	124,1673	36,5185	7,8611	0,0914	13,1420	0,2350	8,2056	0,3286
TS - Galho												
Tempo (dias)	C	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	Mn	B
----- kg ha ⁻¹ -----												
0	5864,9860	38,5221	2,9305	19,3689	60,4748	19,6390	2,3261	0,0933	1,3304	0,1465	3,5096	0,1499
180	4176,4648	51,9429	2,8089	9,7998	53,0181	15,0238	3,3631	0,0971	0,7046	0,0969	3,7149	0,0854
360	1909,9618	33,8308	1,3817	4,2518	25,7041	6,6414	1,5764	0,0472	0,6542	0,0474	1,6561	0,0411
540	1617,6843	20,4395	1,2123	2,8128	19,7652	5,0362	1,3230	0,0361	0,9563	0,0408	1,4900	0,0228
	13569,0968	144,7353	8,3336	36,2333	158,9622	46,3404	8,5885	0,2736	3,6455	0,3315	10,3706	0,2992
TS - Casca												
Tempo (dias)	C	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	Mn	B
----- kg ha ⁻¹ -----												
0	13753,4694	141,0612	11,5734	76,9370	642,9800	83,7832	9,1370	0,1312	7,1778	0,6694	0,0181	0,5239
180	5305,3177	69,7582	3,9514	10,4153	244,2268	31,4001	4,3465	0,0548	3,7661	0,1995	6,6265	0,1589
360	2065,5167	34,8522	1,5235	3,9520	101,4753	11,0373	2,0465	0,0264	1,4364	0,0650	2,3069	0,0640
540	1856,2642	48,2678	2,3183	4,2623	187,5011	14,2305	3,5296	0,0468	3,5486	0,1263	3,7265	0,0493
	22980,5681	293,9394	19,3665	95,5667	1176,1831	140,4511	19,0596	0,2592	15,9290	1,0603	12,6779	0,7961

Continua...

Quadro 4- Cont.

TS - Miscelânea												
Tempo (dias)	C	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	Mn	B
	----- kg ha ⁻¹ -----											
0	2483,9505	14,7468	0,7983	5,3383	17,9469	6,5328	0,7226	0,0243	366,0155	0,0000	1,4931	0,0536
180	3271,0036	104,3105	4,2976	8,2933	77,5605	19,3814	7,0943	0,0576	8,3233	0,1108	4,8553	0,0834
360	846,1949	31,4124	1,3450	2,3977	39,5494	6,2062	1,9371	0,0209	3,3687	0,0421	1,9930	0,0263
540	3085,4744	116,6754	4,7618	7,0612	157,5137	20,2782	8,1769	0,0928	30,7906	0,1626	8,9278	0,0652
	9686,6234	267,1451	11,2026	23,0905	292,5704	52,3987	17,9309	0,1956	408,4982	0,3154	17,2693	0,2286
TA - Folha												
Tempo (dias)	C	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	Mn	B
	----- kg ha ⁻¹ -----											
0	5153,6146	129,0772	5,7501	24,1207	108,2879	32,4336	6,8050	0,0836	12,1007	0,2110	7,0409	0,3003
180	518,2060	11,0000	0,4036	1,7250	7,6537	2,4789	0,4926	0,0033	0,5661	0,0112	0,6100	0,0220
360	313,1383	9,8619	0,4698	0,9773	10,2800	2,6442	0,6351	0,0046	0,5181	0,0796	0,6071	0,0226
540	609,0632	6,2036	0,8990	1,4828	19,4550	3,5983	1,2324	0,0093	0,8747	0,0252	1,1990	0,0279
	6594,0220	156,1428	7,5226	28,3058	145,6766	41,1550	9,1651	0,1008	14,0596	0,3270	9,4571	0,3727
TA - Galho												
Tempo (dias)	C	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	Mn	B
	----- kg ha ⁻¹ -----											
0	5864,9860	38,5221	2,9305	19,3689	60,4748	19,6390	2,3261	0,0933	1,3304	0,1465	3,5096	0,1499
180	5083,9443	52,9173	3,0422	9,2190	68,9996	16,5789	3,4917	0,1143	1,0168	0,1154	4,0496	0,0995
360	2064,5491	20,9676	1,1524	2,8451	34,0776	6,9523	1,3363	0,0402	1,2515	0,0496	1,4734	0,0474
540	1082,4359	15,7587	1,0447	3,7563	21,1074	4,2185	1,1685	0,0288	0,6479	0,0376	1,0667	0,0232
	14095,9152	128,1657	8,1698	35,1892	184,6593	47,3888	8,3225	0,2765	4,2466	0,3491	10,0993	0,3199

Continua...

Quadro 4- Cont.

TA - Casca													
Tempo (dias)	C	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	Mn	B	
	----- kg ha ⁻¹ -----												
0	13753,4694	141,0612	11,5734	76,9370	642,9800	83,7832	9,1370	0,1312	7,1778	0,6694	0,0181	0,5239	
180	7763,0051	124,9486	6,8100	20,3747	478,3323	58,4394	8,2109	0,1111	6,0844	0,3600	10,2004	0,2776	
360	3215,3077	84,6686	3,8911	8,4035	258,4023	26,4000	4,7122	0,0719	3,8165	0,1605	5,7283	0,1340	
540	1714,1855	55,4583	2,3213	4,8356	202,4558	14,4951	3,6882	0,0586	3,6792	0,0979	3,6508	0,0784	
	26445,9678	406,1367	24,5957	110,5508	1582,1703	183,1177	25,7482	0,3728	20,7579	1,2879	19,5976	1,0139	
TA - Miscelânea													
Tempo (dias)	C	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	Mn	B	
	----- kg ha ⁻¹ -----												
0	2483,9505	14,7468	0,7983	5,3383	17,9469	6,5328	0,7226	0,0243	366,0155	0,0000	1,4931	0,0536	
180	3752,7266	96,3833	4,3726	8,5077	104,5378	22,8364	6,6084	0,0727	7,0551	0,1477	5,2724	0,1028	
360	1879,2605	65,7958	3,1904	4,8761	109,5616	16,2856	4,5697	0,0596	8,3452	0,1080	4,8825	0,0728	
540	2037,7339	79,6197	4,4515	6,3105	230,9079	19,1785	5,8179	0,0815	29,1891	0,1928	7,3934	0,0784	
	10153,6714	256,5455	12,8128	25,0325	462,9541	64,8334	17,7186	0,2382	410,6049	0,4484	19,0415	0,3076	
CS - Folha													
Tempo (dias)	C	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	Mn	B	
	----- kg ha ⁻¹ -----												
0	5153,6146	129,0772	5,7501	24,1207	108,2879	32,4336	6,8050	0,0836	12,1007	0,2110	7,0409	0,3003	
180	52,1952	2,5285	0,0847	0,2871	0,7777	0,3109	0,1256	0,0008	0,0458	0,0023	0,0622	0,0032	
360	61,5169	3,4842	0,1117	0,1297	1,2111	0,3393	0,1752	0,0013	0,1608	0,0060	0,0853	0,0034	
540	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
	5267,3267	135,0899	5,9465	24,5375	110,2767	33,0838	7,1058	0,0857	12,3073	0,2194	7,1884	0,3069	

Continua...

Quadro 4- Cont.

CS - Galho												
Tempo (dias)	C	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	Mn	B
	----- kg ha ⁻¹ -----											
0	5864,9860	38,5221	2,9305	19,3689	60,4748	19,6390	2,3261	0,0933	1,3304	0,1465	3,5096	0,1499
180	5716,5192	38,9027	2,5589	5,7136	62,9938	15,2719	3,0060	0,1126	1,1792	0,1074	3,8738	0,0832
360	2921,3798	45,7059	2,1642	4,3570	51,7062	10,4281	2,7305	0,0884	1,7861	0,0846	2,6403	0,0645
540	376,1096	7,6700	0,4900	1,9131	8,4833	1,7558	0,5041	0,0108	0,6234	0,0136	0,3827	0,0067
	14878,9946	130,8007	8,1436	31,3525	183,6580	47,0947	8,5666	0,3050	4,9190	0,3521	10,4065	0,3043
CS - Casca												
Tempo (dias)	C	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	Mn	B
	----- kg ha ⁻¹ -----											
0	13753,4694	141,0612	11,5734	76,9370	642,9800	83,7832	9,1370	0,1312	7,1778	0,6694	0,0181	0,5239
180	5714,5332	82,3613	5,7488	17,3591	389,9511	43,4292	4,9149	0,0671	4,2837	0,4560	8,1178	0,1894
360	7331,8176	105,8940	5,8623	15,1723	447,6405	46,5310	7,0542	0,0937	12,6391	0,2865	10,1807	0,1929
540	650,6293	19,3890	1,6626	7,1452	92,4395	9,5703	2,0546	0,0254	4,4353	0,0627	2,3807	0,0311
	27450,4495	348,7055	24,8471	116,6137	1573,0111	183,3137	23,1606	0,3173	28,5360	1,4746	20,6973	0,9372
CS - Miscelânea												
Tempo (dias)	C	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	Mn	B
	----- kg ha ⁻¹ -----											
0	2483,9505	14,7468	0,7983	5,3383	17,9469	6,5328	0,7226	0,0243	366,0155	0,0000	1,4931	0,0536
180	2922,6949	109,1449	4,2221	9,0237	94,4065	19,2516	6,6561	0,0597	10,3996	0,1312	4,9194	0,0737
360	1292,6346	43,9637	2,3140	4,1638	57,3205	10,3960	3,5688	0,0352	6,4924	0,0727	3,1607	0,0462
540	879,1108	40,5940	2,0582	4,8888	75,4844	9,2006	3,1641	0,0288	10,3309	0,0692	3,1090	0,0274
	7578,3907	208,4494	9,3925	23,4147	245,1583	45,3811	14,1117	0,1480	393,2384	0,2731	12,6823	0,2009

Quadro 5- Quantidades de massa seca inicial (X_0), constante de decomposição ou de liberação do nutriente (k), coeficiente de determinação do modelo (R^2), tempo de meia vida ($t_{0,5}$), conteúdo inicial (I) e quantidade remanescente de C, N, P, K, Ca, Mg, S, B, Mn, Cu, Fe e Zn após 180, 360 e 540 dias de decomposição

C										N							
T ⁽¹⁾	M ⁽²⁾	X ₀ ⁽³⁾	k ⁽⁴⁾	R ²⁽⁵⁾	t _{0,5} ⁽⁶⁾	I ⁽⁷⁾	180 ⁽⁸⁾	360 ⁽⁸⁾	540 ⁽⁸⁾	X ₀ ⁽³⁾	k ⁽⁴⁾	R ²⁽⁵⁾	t _{0,5} ⁽⁶⁾	I ⁽⁷⁾	180 ⁽⁸⁾	360 ⁽⁸⁾	540 ⁽⁸⁾
	F	99,9278	0,0121	0,9835	57 a	5153,61	11,32	1,28	0,15	99,9242	0,0128	0,9760	54 a	129,08	9,98	1,00	0,10
TA	C	101,2254	0,0037	0,9350	187 b	13753,47	52,01	26,72	13,73	104,8114	0,0016	0,4775	433 b	141,06	78,58	58,92	44,18
	G	107,0924	0,0026	0,6883	267 c	5864,99	67,07	42,00	26,30	120,1966	0,0015	0,3866	462 c	38,52	91,76	70,04	53,47
	F	99,9908	0,0154	0,9918	45 a	5153,61	6,25	0,39	0,02	99,9895	0,0155	0,9923	45 a	129,08	6,14	0,38	0,02
TS	C	99,3505	0,0050	0,9840	139 b	13753,47	40,39	16,42	6,68	96,6038	0,0030	0,8671	231 b	141,06	56,30	32,81	19,12
	G	101,9545	0,0026	0,8157	267 c	5864,99	63,85	39,99	25,04	107,8553	0,0010	0,4731	582 c	38,52	90,90	76,61	64,57
	F	99,9999	0,0254	0,9997	27 a	5153,61	1,03	0,01	0,00	99,9989	0,0215	0,9987	32 a	129,08	2,09	0,04	0,00
CS	C	97,3926	0,0032	0,7302	217 b	13753,47	54,75	30,78	17,30	99,5549	0,0020	0,5063	347 b	141,06	69,46	48,46	33,81
	G	111,2669	0,0025	0,7307	277 c	5864,99	70,95	45,24	28,84	100,6036	0,0013	0,2043	533 c	38,52	79,61	63,00	49,86
P										K							
T ⁽¹⁾	M ⁽²⁾	X ₀ ⁽³⁾	k ⁽⁴⁾	R ²⁽⁵⁾	t _{0,5} ⁽⁶⁾	I ⁽⁷⁾	180 ⁽⁸⁾	360 ⁽⁸⁾	540 ⁽⁸⁾	X ₀ ⁽³⁾	k ⁽⁴⁾	R ²⁽⁵⁾	t _{0,5} ⁽⁶⁾	I ⁽⁷⁾	180 ⁽⁸⁾	360 ⁽⁸⁾	540 ⁽⁸⁾
	F	99,9414	0,0138	0,9732	50 a	5,75	8,34	0,70	0,06	99,9775	0,0142	0,9935	49 a	24,12	7,76	0,60	0,05
TA	C	100,1052	0,0030	0,8543	231 b	11,57	58,34	34,00	19,81	99,5988	0,0069	0,9807	100 b	76,94	28,76	8,31	2,40
	G	109,8057	0,0019	0,5098	365 c	2,93	78,00	55,41	39,36	99,7203	0,0042	0,8356	165 c	19,37	46,82	21,99	10,32
	F	99,9947	0,0174	0,9923	40 a	5,75	4,36	0,19	0,01	99,9980	0,0183	0,9975	38 a	24,12	3,71	0,14	0,01
TS	C	99,2417	0,0055	0,9529	126 b	11,57	36,88	13,70	5,09	99,9146	0,0107	0,9933	65 b	76,94	14,56	2,12	0,31
	G	106,6213	0,0017	0,4697	408 c	2,93	78,51	57,82	42,58	100,0944	0,0039	0,8447	178 c	19,37	49,61	24,58	12,18
	F	99,9997	0,0233	0,9995	30 a	5,75	1,51	0,02	0,00	100,0000	0,0246	0,9998	28 a	24,12	1,19	0,01	0,00
CS	C	99,6581	0,0036	0,6911	193 b	11,57	52,13	27,27	14,26	99,4036	0,0073	0,9358	95 b	76,94	26,71	7,18	1,93
	G	108,0788	0,0024	0,5925	289 c	2,93	70,17	45,55	29,57	99,3447	0,0061	0,9374	114 c	19,37	33,14	11,05	3,69

Continua...

Quadro 5- Cont.

Ca										Mg							
T⁽¹⁾	M⁽²⁾	X₀⁽³⁾	k⁽⁴⁾	R²⁽⁵⁾	t_{0,5}⁽⁶⁾	I⁽⁷⁾	180⁽⁸⁾	360⁽⁸⁾	540⁽⁸⁾	X₀⁽³⁾	k⁽⁴⁾	R²⁽⁵⁾	t_{0,5}⁽⁶⁾	I⁽⁷⁾	180⁽⁸⁾	360⁽⁸⁾	540⁽⁸⁾
	F	99,9255	0,0135	0,9641	51 a	108,29	8,80	0,77	0,07	99,9343	0,0133	0,9798	52 a	32,43	9,12	0,83	0,08
TA	C	99,1149	0,0017	0,9915	408 b	642,98	72,99	53,75	39,58	103,0456	0,0029	0,8688	239 b	83,78	61,14	36,28	21,52
	G	113,4831	0,0016	0,4648	433 c	60,47	85,09	63,79	47,83	106,1268	0,0025	0,7211	277 c	19,64	67,67	43,15	27,51
TS	F	99,9951	0,0181	0,9914	38 a	108,29	3,85	0,15	0,01	99,9954	0,0176	0,9943	39 a	32,43	4,21	0,18	0,01
	C	98,6015	0,0047	0,9094	147 b	642,98	42,31	18,16	7,79	99,6234	0,0053	0,9737	131 b	83,78	38,37	14,78	5,69
	G	105,4572	0,0020	0,6008	347 c	60,47	73,57	51,33	35,81	103,5347	0,0025	0,7337	277 c	19,64	66,02	42,09	26,84
CS	F	100,0000	0,0273	0,9999	25 a	108,29	0,73	0,01	0,00	99,9999	0,0257	0,9998	27 a	32,43	0,98	0,01	0,00
	C	91,7545	0,0019	0,2983	365 b	642,98	65,18	46,30	32,89	100,0945	0,0035	0,6983	198 b	83,78	53,31	28,39	15,12
	G	113,2735	0,0022	0,4720	315 c	60,47	76,23	51,31	34,53	106,1279	0,0030	0,7551	231 c	19,64	61,85	36,04	21,00
S										B							
T⁽¹⁾	M⁽²⁾	X₀⁽³⁾	k⁽⁴⁾	R²⁽⁵⁾	t_{0,5}⁽⁶⁾	I⁽⁷⁾	180⁽⁸⁾	360⁽⁸⁾	540⁽⁸⁾	X₀⁽³⁾	k⁽⁴⁾	R²⁽⁵⁾	t_{0,5}⁽⁶⁾	I⁽⁷⁾	180⁽⁸⁾	360⁽⁸⁾	540⁽⁸⁾
	F	99,9238	0,0134	0,9645	52 a	6,80	8,96	0,80	0,07	99,9465	0,0137	0,9837	51 a	0,300	8,49	0,72	0,06
TA	C	104,9517	0,0017	0,5172	408 b	9,14	77,29	56,91	41,91	100,1695	0,0036	0,9315	193 b	0,524	52,40	27,41	14,34
	G	123,4681	0,0013	0,2856	533 c	2,33	97,71	77,32	61,19	102,4874	0,0031	0,7971	224 c	0,150	58,66	33,57	19,22
TS	F	99,9931	0,0169	0,9911	41 a	6,80	4,77	0,23	0,01	99,9978	0,0186	0,9971	37 a	0,300	3,52	0,12	0,00
	C	98,0521	0,0035	0,8573	198 b	9,14	52,22	27,81	14,81	99,6234	0,0062	0,9922	112 b	0,524	32,64	10,69	3,50
	G	121,3540	0,0011	0,1957	630 c	2,33	99,56	81,67	67,00	100,7609	0,0034	0,8690	204 c	0,150	54,64	29,63	16,07
CS	F	99,9994	0,0220	0,9991	32 a	6,80	1,91	0,04	0,00	99,9999	0,0252	0,9999	28 a	0,300	1,07	0,01	0,00
	C	98,7371	0,0027	0,5120	257 b	9,14	60,73	37,35	22,98	99,1214	0,0049	0,8647	141 b	0,524	41,03	16,99	7,03
	G	121,5552	0,0017	0,3000	408 c	2,33	89,51	65,92	48,54	101,7457	0,0038	0,8476	182 c	0,150	51,34	25,91	13,07

Continua...

Quadro 5- Cont.

Mn										Cu							
T ⁽¹⁾	M ⁽²⁾	X ₀ ⁽³⁾	k ⁽⁴⁾	R ²⁽⁵⁾	t _{0,5} ⁽⁶⁾	I ⁽⁷⁾	180 ⁽⁸⁾	360 ⁽⁸⁾	540 ⁽⁸⁾	X ₀ ⁽³⁾	k ⁽⁴⁾	R ²⁽⁵⁾	t _{0,5} ⁽⁶⁾	I ⁽⁷⁾	180 ⁽⁸⁾	360 ⁽⁸⁾	540 ⁽⁸⁾
TA	F	99,9054	0,0126	0,9691	55 a	7,04	10,34	1,07	0,11	99,9890	0,0173	0,9874	40 a	0,08	4,44	0,20	0,01
	C	99,7014	0,0031	0,8849	224 b	18,06	57,06	32,66	18,69	102,6235	0,0015	0,4516	462 b	0,13	78,34	59,80	45,65
	G	114,0152	0,0019	0,4314	365 c	3,51	80,99	57,53	40,87	116,1814	0,0019	0,4277	365 b	0,09	82,53	58,62	41,64
TS	F	99,9934	0,0171	0,9877	41 a	7,04	4,60	0,21	0,01	99,9989	0,0208	0,9967	33 a	0,08	2,37	0,06	0,00
	C	99,4021	0,0053	0,9605	131 b	18,06	38,29	14,75	5,68	97,8467	0,0040	0,8701	173 b	0,13	47,63	23,18	11,28
	G	109,5924	0,0016	0,4551	433 c	3,51	82,17	61,61	46,19	109,6418	0,0017	0,4574	408 b	0,09	80,74	59,45	43,78
CS	F	99,9999	0,0262	0,9998	26 a	7,04	0,90	0,01	0,00	99,9999	0,0259	0,9997	27 a	0,08	0,94	0,01	0,00
	C	98,6385	0,0036	0,7026	193 b	18,06	51,60	26,99	14,12	98,6203	0,0029	0,5754	239 b	0,13	58,51	34,72	20,60
	G	115,0897	0,0023	0,4977	301 c	3,51	76,07	50,29	33,24	118,6674	0,0020	0,4012	347 b	0,09	82,79	57,76	40,30
Fe										Zn							
T ⁽¹⁾	M ⁽²⁾	X ₀ ⁽³⁾	k ⁽⁴⁾	R ²⁽⁵⁾	t _{0,5} ⁽⁶⁾	I ⁽⁷⁾	180 ⁽⁸⁾	360 ⁽⁸⁾	540 ⁽⁸⁾	X ₀ ⁽³⁾	k ⁽⁴⁾	R ²⁽⁵⁾	t _{0,5} ⁽⁶⁾	I ⁽⁷⁾	180 ⁽⁸⁾	360 ⁽⁸⁾	540 ⁽⁸⁾
TA	F	99,9889	0,0165	0,9922	42 Aa	12,10	5,13	0,26	0,01	99,9902	0,0160	0,9892	43 a	0,211	5,61	0,32	0,02
	C	102,1070	0,0027	0,9427	262 Ab	7,18	63,37	39,33	24,41	100,4638	0,0037	0,9376	187 b	0,669	51,61	26,52	13,62
	G	101,9622	0,0017	0,6679	420 Ab	1,33	75,76	56,29	41,83	104,1269	0,0025	0,7191	277 c	0,146	66,39	42,33	26,99
TS	F	99,9994	0,0220	0,9968	32 Aa	12,10	1,91	0,04	0,00	99,9979	0,0194	0,9946	36 a	0,211	3,04	0,09	0,00
	C	97,9052	0,0032	0,7352	217ABb	7,18	55,04	30,94	17,39	99,4513	0,0063	0,9563	110 b	0,669	32,00	10,30	3,31
	G	88,5852	0,0018	0,5588	385 Ab	1,33	64,07	46,34	33,51	100,6757	0,0026	0,7993	267 c	0,146	63,05	39,48	24,73
CS	F	100,0000	0,0309	0,9998	22 Aa	12,10	0,38	0,00	0,00	99,9998	0,0248	0,9991	28 a	0,211	1,15	0,01	0,00
	C	96,4027	0,0013	0,1599	555 Bb	7,18	76,98	61,47	49,08	103,9917	0,0034	0,6523	204 b	0,669	56,39	30,58	16,58
	G	101,4437	0,0028	0,5742	248 Ac	1,33	61,28	37,02	22,37	104,9747	0,0030	0,7129	231 c	0,146	61,17	35,65	20,77

(1)Tratamentos (T): TA: Talhadia com adubação; TS: Talhadia sem adubação; CS: Céu aberto (2) Componente do resíduo (M): F: Folha; C: Casca; G:Galho; (3) Massa seca inicial do resíduo, em percentagem; (4) Constante de decomposição ou de liberação do nutriente, em g dias⁻¹;(5) Coeficiente de determinação do modelo; (6)Tempo de meia-vida, em dias;(7) Conteúdo inicial do nutriente, em kg ha⁻¹;(8)Quantidade remanescente observada do nutriente após 180, 360 e 540 dias de decomposição em % relativa ao estoque inicial (100%). Médias com letras maiúsculas, para cada variável, não diferem entre ambientes para um mesmo componente do resíduo pelo teste de Tukey (p > 0,05). Médias seguidas por letras minúsculas iguais, para cada variável, não diferem entre os componentes do resíduo no mesmo ambiente teste de Tukey (p > 0,05).

Relações C/N, C/P, C/S, N/P e N/S

No tempo 0, os maiores valores para as relações C/N, C/P e C/S foram observadas para a miscelânea, seguida de casca, galho e folha (Quadro 6). Para a relação N/P, verificou-se maior valor para folha, seguida de miscelânea, casca e galho e para a relação N/S foi observado maior valor para miscelânea, seguida de folha, casca e galho (Quadro 6).

Para folha, após 540 dias de decomposição, verificou-se que o ambiente de talhadia sem adubação apresentou menor relação C/N e o ambiente de talhadia com adubação maior. Para as relações C/P, C/S, N/P e N/S o ambiente de talhadia com adubação apresentou as menores relações e o ambiente de talhadia sem adubação as maiores. Para o ambiente à céu aberto, não foi possível determinar as relações C/N, C/P, C/S, N/P e N/S devido à ausência de folhas na parcela de decomposição (Quadro 6).

Verificou-se para casca, após 540 dias de decomposição, que o ambiente a céu aberto, apresentou as menores relações C/N, C/P, C/S, N/P e N/S e o ambiente de talhadia sem adubação as maiores (Quadro 6).

Para galho, após 540 dias de decomposição, observou-se que o ambiente de talhadia com adubação apresentou menor relação C/N e o ambiente de talhadia sem adubação maior. Já para as relações C/P e C/S, verificou-se que o ambiente à céu aberto apresentou os menores valores e o ambiente de talhadia sem adubação os maiores. Analisando as relações N/P e N/S, os menores valores foram observados no ambiente à céu aberto e os maiores valores no ambiente de talhadia com adubação (Quadro 6).

Para miscelânea, foi verificado no ambiente à céu aberto as menores relações C/N e N/P, sendo estas iguais nos ambientes com e sem adubação. Já para as relações C/P e C/S, o ambiente de talhadia sem adubação apresentou os maiores valores e o ambiente à céu aberto os menores. Verificou-se para a relação N/P que o ambiente de talhadia sem adubação apresentou o maior valor e o ambiente de talhadia com adubação o menor (Quadro 6).

Quadro 6- Relações C/N, C/P, C/S, N/P e N/S de folha, casca, galho e miscelânea nos tempos 0, 180, 360 e 540 dias de decomposição em talhadia sem adubação (TS), talhadia com adubação (TA) e a céu aberto (CS)

TS																				
Resíduo	C/N				C/P				C/S				N/P				N/S			
	Tempo				Tempo				Tempo				Tempo				Tempo			
	0	180	360	540	0	180	360	540	0	180	360	540	0	180	360	540	0	180	360	540
Folha	40	41	33	58	896	1297	526	786	757	1008	409	609	22	31	16	13	19	24	12	10
Casca	152	80	56	79	2001	1487	1382	1334	2521	1242	1212	1223	13	18	24	17	17	15	21	15
Galho	98	76	59	38	1188	1343	1356	801	1505	1221	1009	526	12	18	23	21	15	16	17	14
Miscelânea	168	31	27	26	3112	761	629	648	3438	461	437	377	18	24	23	25	20	15	16	14
TA																				
Resíduo	C/N				C/P				C/S				N/P				N/S			
	Tempo				Tempo				Tempo				Tempo				Tempo			
	0	180	360	540	0	180	360	540	0	180	360	540	0	180	360	540	0	180	360	540
Folha	40	47	32	98	896	1284	667	677	757	1052	493	494	22	27	21	7	19	22	16	5
Casca	152	96	98	69	2001	1671	1792	1036	2521	1456	1545	926	13	17	18	15	17	15	16	13
Galho	98	62	38	31	1188	1140	826	738	1505	945	682	465	12	18	22	24	15	15	18	15
Miscelânea	168	39	29	26	3112	858	589	458	3438	568	411	350	18	22	21	18	20	15	14	14
CS																				
Resíduo	C/N				C/P				C/S				N/P				N/S			
	Tempo				Tempo				Tempo				Tempo				Tempo			
	0	180	360	540	0	180	360	540	0	180	360	540	0	180	360	540	0	180	360	540
Folha	40	21	18	0	896	616	551	0	757	415	493	0	22	30	31	0	19	20	20	0
Casca	152	147	64	49	2001	2234	1350	512	2521	1902	1545	497	13	15	21	10	17	13	17	10
Galho	98	69	69	34	1188	994	1251	391	1505	1163	682	317	12	14	18	12	15	17	15	9
Miscelânea	168	27	29	22	3112	692	559	427	3438	439	411	278	18	26	19	20	20	16	12	13

Analisando a relação C/N do litter que foi depositado nos coletores, verificou-se que após 360 e 540 dias, o ambiente de talhadia sem adubação apresentou maior valor quando comparado ao ambiente de talhadia com adubação (Quadro 7).

Quadro 7 - Relação C/N do litter que foi depositado nos coletores após 360 e 540 dias de instalação do experimento

Litter	C/N	
	360	540
TS	91	107
TA	84	92

Ambiente: Talhadia sem adubação (TS) e talhadia com adubação (TA)

DISCUSSÃO

Constante de decomposição (k) e tempo de meia vida ($t_{0,5}$) dos componentes do resíduo

Os maiores valores de k e os menores de $t_{0,5}$ observados para as folhas podem ser justificados pela maior labilidade que estas apresentam, provavelmente devido aos maiores teores de nutrientes e carboidratos solúveis e menores teores de lignina e polifenóis (Palm et al., 2001; Sánchez, 2011; Butenschoen et al., 2014).

Além disso, de acordo com Sánchez (2011), o tamanho e o formato laminar proporcionam maior superfície específica influenciando positivamente na colonização e fragmentação pelos organismos decompositores.

Sob o mesmo ponto de vista, Hernandez et al. (2009) também afirmaram que o tamanho das frações explica as diferentes taxas de decomposição e que os componentes com maiores tamanhos tiveram decomposição mais lenta. Segundo esses autores a perda de massa da folha estava associada a quebra dos componentes mais estáveis como compostos orgânicos solúveis. Aliado a isso, os resíduos vegetais com maior relação C:N, maior quantidade de lignina e maior relação lignina:N apresentam menor taxa de decomposição (Zhang et al., 2008).

Neste estudo, os resíduos casca e galho apresentaram menores valores de k quando comparado a folha, o que pode ser explicado pela composição química destes resíduos.

De maneira geral, casca e galho são ricos em compostos recalcitrantes tais como lignina, suberina e taninos (Lambers et al., 1998; Sakai, 2001). Corroborando com esta

questão, Zhang et al. (2008) e Silva (2008) também verificaram que casca e galho se decomporam mais lentamente devido às maiores concentrações de lignina, alta relação C:N e alta relação lignina:N.

Os valores de $t_{0,5}$, obtidos neste trabalho foram um dos menores reportados em literatura para espécies de *Eucalyptus*. Rocha et al. (2016) avaliando o $t_{0,5}$ de *E. grandis* na região sudeste do Brasil encontraram para folha, casca e galho $t_{0,5}$ médio de 73; 222; 383 dias, respectivamente. Enquanto Oliveira (2011), na região nordeste do Brasil, observou para *E. urophylla* x *E. grandis* $t_{0,5}$ médio de 223; 423; 368 dias para folha, casca e galho, respectivamente.

Comparado a 10 locais no Brasil estudados por Souza et al. (2016), os $t_{0,5}$ obtidos estão abaixo de grande parte destas regiões. Nestes locais, foi verificado que o menor $t_{0,5}$ estava associado as altas temperatura e precipitação, sendo as condições climáticas determinantes para a decomposição dos resíduos. Provavelmente os valores observados de $t_{0,5}$ no atual estudo se deve as condições climáticas, pois a região apresenta clima quente e volume de chuva considerável. Outro fator que também pode ser considerado, foi a não utilização de litter bags uma vez que os resíduos vegetais encontravam-se expostos a variação do teor de umidade e estavam em contato direto com os organismos decompositores.

Avaliando o $t_{0,5}$ no ambiente de talhadia, era esperado que ao realizar a fertilização o $t_{0,5}$ diminuísse e o mesmo não ocorreu para os componentes do resíduo, exceto para galho. Uma possível hipótese que justifica os resultados observados está relacionada a extrema pobreza do solo (Quadro 1) que irá suprir pouco a demanda de nutrientes, sendo a principal fonte de nutrientes advindas da matéria orgânica formada pelo litter e os resíduos da colheita (Meurer, 2007; Selle, 2007; Pulrolnik et al., 2009; Gatto et al., 2010). Em solos de baixa fertilidade que apresentam cobertura vegetal com menores concentrações de N, a taxa de decomposição é reduzida favorecendo a imobilização do N na biomassa microbiana (Gama-Rodrigues et al., 1997). Diante isso, quando a adubação é realizada os nutrientes estão prontamente disponíveis para os organismos decompositores que vão decompor mais lentamente os resíduos da colheita principalmente devido a baixa qualidade nutricional do resíduo.

Em relação ao $t_{0,5}$ observado em ambiente à céu aberto, possivelmente o principal fator responsável pela decomposição dos resíduos foi a fotodecomposição. De acordo com Austin et al. (2016), a fotodegradação é responsável pela mineralização fotoquímica

da matéria orgânica do solo, uma vez que a radiação ultravioleta e a luz visível (azul-verde) influencia na perda de massa dos resíduos vegetais aumentando a degradação biótica. A luz ultravioleta e a luz visível (azul-verde) diminuem a concentração de lignina fazendo com que os microrganismos consigam decompor os resíduos facilitando o seu acesso aos carboidratos.

Carbono e nutrientes remanescentes

De modo geral, as espécies de eucalipto produzem resíduos de baixa qualidade nutricional devido a sua eficiente ciclagem bioquímica (retranslocação interna) (Gama-Rodrigues & Barros, 2002). Apesar disso, o conteúdo dos nutrientes nos resíduos pós colheita (Quadro 4) demonstram que a manutenção dos resíduos na área colhida contribuem para reduzir a exportação dos nutrientes. A casca manteve na área grandes quantidades de nutrientes principalmente N, P, Ca, Mg e K, enquanto galho e folha contribuíram com quantidades significativas porém menores quando comparado a este componente. Recentemente Kumaraswamy et al. (2014), em pesquisa realizada com eucalipto, verificaram que manutenção dos resíduos da colheita auxiliou na sustentabilidade da fertilidade do solo para as rotações posteriores e reduziram a perda de nutrientes.

Em relação ao $t_{0,5}$ e a liberação dos macronutrientes, foi observado que a mineralização de C e a liberação dos macronutrientes foram dependentes da decomposição do resíduo. A folha apresentou maior mineralização devido a sua maior labilidade seguida de casca e galho. Resultados semelhantes foram verificados por Shammas et al. (2003).

O $t_{0,5}$ e a liberação dos macronutrientes seguiram a mesma tendência observada por Ferreira et al. (2016) em que o K foi liberado mais rapidamente do que os demais nutrientes. A única exceção é para o Ca que teve a sua liberação mais rápida do que N e S. Por não ser um componente estrutural das plantas a liberação de K não é condicionada a mineralização, diante disso, a lixiviação é o principal mecanismo da sua transferência para o solo (Gama-Rodrigues & Barros, 2002).

Para o Ca, um possível motivo para a grande quantidade disponível no sistema está relacionado ao descascamento das árvores na área de colheita. Além disso, por ser um componente estrutural constituinte da parede celular e imóvel no floema das espécies

vegetais (Dias et al., 2002; Brun et al., 2010; Viera et al., 2014), a sua liberação segue a mineralização de C, a medida que o resíduo está sendo decomposto ela irá ocorrer.

Já em relação ao $t_{0,5}$ de Mg, estudos em povoamentos de *Eucalyptus* também constataram que a liberação de Mg estava relacionada à perda de massa (Gama-Rodrigues & Barros, 2002; Costa et al., 2005; Hernandez et al., 2009; Ferreira et al., 2016).

Inicialmente se observou imobilização para N, P e S. Sendo que N e S foram liberados mais lentamente que P. A liberação destes nutrientes está relacionada com as relações C/N, C/P e C/S. Segundo Silva & Mendonça (2007), a disponibilidade destes nutrientes é reduzida quando estas relações forem maiores do que 30, 200 e 300, respectivamente.

Para Marklein et al. (2015), não existe em escala global uma relação única e consistente de mineralização de N:P, apesar da mineralização de N e P estarem correlacionadas, sendo a de P preferencial em relação a de N nos ecossistemas florestais. Estes autores também afirmam que em florestas tropicais, o P é escasso em relação ao requerido para decomposição microbiana. Shammass et al. (2003), estudando resíduo de colheita de *E.globulus* observaram que o aumento do conteúdo de N em relação a P indica que N pode ser o nutriente principal que limita a atividade microbiana e a degradação dos resíduos.

Possivelmente, os valores de $t_{0,5}$ de N, P e S estão correlacionados as altas relações observadas para todos os componentes do resíduo (Quadro 6). Associado a isso, estes nutrientes podem estar sendo imobilizados pelos organismos decompositores para suprir as demandas nutricionais (Gonçalves et al., 2002). Ferreira et al. (2016) afirmam que em condições limitantes, a comunidade microbiana modifica sua eficiência de uso de carbono e imobiliza os nutrientes. Corroborando com esta questão Manzoni et al. (2010) relatam que os organismos decompositores se adaptam as condições de baixa disponibilidade de nutrientes reduzindo sua eficiência de uso de carbono. No entanto, não se sabe se esta imobilização está ocorrendo por parte dos organismos decompositores ou se o material está parcialmente decomposto e ainda não solúvel. Analisando o $t_{0,5}$ e a liberação dos micronutrientes, a liberação de B, Cu e Zn estava associada a decomposição dos resíduos. Enquanto, para Fe e Mn, os valores obtidos provavelmente estão relacionados a contaminação por partículas do solo.

CONCLUSÕES

A folha do eucalipto decompõe mais rápido que casca, seguida de galho, estando relacionado com a composição química e a concentração de nutrientes.

As taxas de decomposição dos resíduos na região de estudo de modo geral são influenciadas pelo clima e temperatura e são maiores do que as observadas para algumas regiões do Brasil.

A aplicação de fertilizantes de um modo geral ocasiona menor taxa de decomposição dos resíduos da colheita e liberação de nutrientes.

A manutenção dos resíduos na área contribui com grandes quantidades de nutrientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSTIN, A. T.; MÉNDEZ, M. S.; BALLARÉ, C. L. Photodegradation alleviates the lignin bottleneck for carbon turnover in terrestrial ecosystems. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 113, n.16, p. 4392–4397, 2016.

BRUN, E.J.; BRUN, F.G.K.; CORRÊA, R.S.; VACCARO, S.; SCHUMACHER, M.V. Dinâmica de micronutrientes na biomassa florestal em estágios sucessionais de Floresta Estacional Decidual, RS, Brasil. **Scientia Forestalis** v. 86, p. 307–318, 2010.

BUTENSCHOEN, O.; KRASHEVSKA, V.; MARAUN, M.; MARIAN, F.; SANDMANN, D.; SCHEU, S. Litter mixture effects on decomposition in tropical montane rainforests vary strongly with time and turn negative at later stages of decay. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 77, p. 121–128, 2014.

CORRÊA, R. S.; SCHUMACHER, M. V.; MOMOLLI, D. R. Deposição de serapilheira e macronutrientes em povoamento de *Eucalyptus dunnii* Maiden sobre pastagem natural degradada no Bioma Pampa. **Scientia Forestalis**, v. 41, n. 97, p. 65–74, 2013.

COSTA, G.S.; GAMA-RODRIGUES, A.C. da.; CUNHA, G.D.M. Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em povoamentos de *Eucalyptus grandis* no norte fluminense. **Revista Árvore**, v.29, p. 563–570, 2005.

COUTEAUX, M. M.; BOTTNER, P.; BERG, B. Litter decomposition climate and litter quality. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 10, n. 2, p. 63–66, 1995.

DEDECEK, R.A.; BELLOTE, A.F.J.; MENEGOL, O. Influence of residue management and soil tillage on second rotation *Eucalyptus* growth. **Scientia Forestalis**, v. 74, p. 9-18, 2007.

DIAS, H.C.T.; DIAS, T.; FIGUEIRA, M.D.; SILVEIRA, V. Variação temporal de nutrientes na serapilheira de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual Montana em Lavras, MG. **Cerne**, v. 8, n. 2, p. 1–16, 2002.

FERREIRA, G.W.D.; SOARES, E.M.B.; OLIVEIRA, F.C.C.; SILVA, I.R.; DUNGAIT, J.A.J.; SOUZA I.F.; VERGÜTZ, L. Nutrient release from decomposing *Eucalyptus* harvest residues following simulated management practices in multiple sites in Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 370, p. 1–11, 2016.

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, p. 193–207, 2002.

GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F. Seção III - Biologia do solo biomassa microbiana de carbono e de nitrogênio de solos sob diferentes coberturas florestais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, n. 3, p. 361–365, 1997.

GATTO, A.; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; SILVA, I.R.; LEITE, H.G.; LEITE, F.P.;

VILLANI, E.M.A. Estoques de carbono no solo e na biomassa em plantações de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1069-1079, 2010.

GONÇALVES, J.L.M. Conservação do solo. In: GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L., eds. **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba, IPEF, p.47-129, 2002.

HAAG, H. P. **Ciclagem de nutrientes em florestas tropicais**. Campinas: Fundação Cargill.1985.144p.

HERNÁNDEZ, J.; DEL PINO, A.; HITTA, M.; LORENZO, M. Management of forest harvest residues affects soil nutrient availability during reforestation of *Eucalyptus grandis*. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.105, p.141–155, 2016.

HERNANDEZ, J.; DEL PINO, A.; SALVO, L.; ARRARTE, G. Nutrient export and harvest residue decomposition patterns of a *Eucalyptus dunnii* Maiden plantation in temperate climate of Uruguay. **Forest Ecology and Management**, v. 258, n. 2, p. 92–99, 2009.

IBÁ. Da garantia de suprimento de matéria-prima para todos os usos da madeira – atuais de potenciais – a uma nova economia de baixo carbono, a solução passa pelas florestas plantadas. **Brazilian Tree Industry**, v. 53, n. 9, p. 100, 2016.

JESUS, G.L. DE.; SILVA, I.R.; ALMEIDA, L.F.J.; DOS SANTOS, M.A.; LEITE, F.P.; NEVES, J.C.L. Produtividade do eucalipto, atributos físicos do solo e frações da matéria orgânica influenciadas pela intensidade de tráfego e resíduos de colheita. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 4, p. 1190–1203, 2015.

KUMARASWAMY, S.; MENDHAM, D. S.; GROVE, T. S.; O'CONNELL, A. M.; SANKARAN, K. V.; RANCE, S. J. Harvest residue effects on soil organic matter, nutrients and microbial biomass in eucalypt plantations in Kerala, India. **Forest Ecology and Management**, v. 328, p. 140–149, 2014.

LACLAU, J.P.; RANGER, J.; GONÇALVES, J.L.M.; MAQUÈRE, V.; KRUSCHE, A. V.; M'BOU, A.T.; NOUVELLON, Y.; SAINT-ANDRÉ, L.; BOUILLET, J.P.; PICCOLO, M.C.; DELEPORTE P. Biogeochemical cycles of nutrients in tropical *Eucalyptus* plantations. Main features shown by intensive monitoring in Congo and Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 259, n. 9, p. 1771–1785, 2010.

LAMBERS, H.; CHAPIM, F.S.; PONS, T.L. Plant physiological ecology. New York. **Spring-Verlag**.1998.540p.

LOPES, E.S.; OLIVEIRA, D.; RODRIGUES, C.K.; DRINKO, C.H. Compactação de um solo submetido ao tráfego do Harvester e do Forwarder na colheita de madeira. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 2, p. 223–230, 2015.

MANZONI, S.; TROFYMOW, J.A.; JACKSON, R.B.; PORPORATO, A. Stoichiometric controls on carbon, nitrogen, and phosphorus dynamics in decomposing litter. **Ecological Monographs**, v. 80, p. 89–106, 2010.

MARKLEIN, A.R.; WINBOURNE, J.B.; ENDERS, S.K.; GONZALEZ, D.J.X.; VAN HUYSEN, T.L.; IZQUIERDO, J.E.; LIGHT, D.R.; LIPTZIN, D.; MILLER, K.E.; MORFORD, S.L.; NORTON, R.A.; HOULTON, B.Z. Mineralization ratios of nitrogen and phosphorus from decomposing litter in temperate versus tropical forests. **Global Ecology and Biogeography**, v. 25, p. 335–346, 2016.

MENDHAM, D.S.; OGDEN, G.N.; SHORT, T.; O'CONNELL, T.M.; GROVE, T.S.; RANCE, S.J. Repeated harvest residue removal reduces *Eucalyptus globulus* productivity in the 3rd rotation in south-western Australia. **Forest Ecology and Management**, v. 329, p. 279–286, 2014.

MEURER, E.J. Fatores que influenciam o crescimento e desenvolvimento das plantas. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.V.; BARROS, N.F.; FONTES, R.LF.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L., eds. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.65-90, 2007.

OLIVEIRA, F. C. C. DE. **Interação nitrogênio e resíduo de eucalipto na estabilização do carbono no solo**. 2011, 35f.. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

OLSON, J. S. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems published by: Ecological Society of America Stable. **Ecology**, v. 44, n. 2, p. 322–331, 1963.

PALM, C.A.; GACHENGO, C.N.; DELVE, R.J.; CADISCH, G.; GILLER, K.E. Organic inputs for soil fertility management in tropical agroecosystems: application of an organic resource database. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 83, n. 1, p. 27–42, 2001.

PULROLNIK, K.; BARROS, N.F.; SILVA, I.R.; NOVAIS, R.F.; BRANDANI, C.B. Estoques de carbono e nitrogênio em frações lábeis e estáveis da matéria orgânica de solos sob eucalipto, pastagem e cerrado no Vale do Jequitinhonha-MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 1125-1136, 2009.

PURAHONG, W.; KAPTURSKA, D.; PECYNA, M.J.; SCHULZ, E.; SCHLOTTER, M.; BUSCOT, F.; HOFRICHTER, M.; KRUGER, D. Influence of different forest system management practices on leaf litter decomposition rates, nutrient dynamics and the activity of ligninolytic enzymes: A case study from Central European forests. **PLOS ONE**, v. 9, n. 4, p. 1–11, 2014.

REISSMANN, C. B.; WISNIEWSKI, C. Aspectos nutricionais de plantios de *Pinus*. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, p. 135-166, 2000.

ROCHA, J.H.T.; MARQUES, E.R.G.; GONÇALVES, J.L. DE M.; HÜBNER, A.; BRANDANI, C.B.; FERRAZ, A.D V.; MOREIRA, R.M.; GOSS, M. Decomposition rates of forest residues and soil fertility after clear-cutting of *Eucalyptus grandis* stands in response to site management and fertilizer application. **Soil Use and Management**, v. 32, n 3, p. 289–302, 2016.

SAKAI, K. Chemistry of bark. In: HON, D.N.S.; SHIRAISHI, N. (Eds.). **Wood and Cellulosic Chemistry**. 2. ed. New York: Marcel Dekker, 2001. 923p.

SÁNCHEZ, G. C. **Descomposición de restos de cosecha de Eucalyptus sp. y Pinus taeda en condiciones controladas de humedad y temperatura**. 2011, 84p..Tesis (Maestría en Ciencias Agrarias) - Facultad de Agronomía, Montevideo, Uruguay.

SARRUGE, J.R.; HAAG. H. **Análise química em plantas**. Piracicaba, ESALQ, 1974, 56p.

SCHUMACHER, M.V.; CORRÊA, R.S.; VIERA, M.; DE ARAÚJO, E.F. Produção e decomposição de serapilheira em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus maidenii*. **Cerne**, v. 19, n. 3, p. 501–508, 2013.

SEIXAS, F. Efeitos físicos da colheita mecanizada de madeira sobre o solo. In: GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L., eds. **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba, IPEF, p.47-129, 2002.

SELLE, G. L. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais. **Bioscience Journal**, v. 23, n. 4, p. 29–39, 2007.

SHAMMAS, K.; O'CONNELL, A. M.; GROVE, T. S.; MCMURTRIE, R.; DAMON, P.; RANCE, S. J. Contribution of decomposing harvest residues to nutrient cycling in a second rotation *Eucalyptus globulus* plantation in south-western Australia. **Biology and Fertility of Soils**, v. 38, n. 4, p. 228–235, 2003.

SILVA, E. F. **Frações da matéria orgânica e decomposição de resíduos da colheita de eucalipto em solos de tabuleiros costeiros da Bahia**. 2008, 110 f.. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

SILVA, I.R; MENDONÇA, E.S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.V.; BARROS, N.F.; FONTES, R.LF.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L., eds. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.275-374, 2007.

SOUZA, I.F DE.; BARROS, N.F DE.; SILVA, I.R DA.; RENIER, R.F.; SILVA, L DE Á.; NOVAIS, R.F DE. Decomposition of eucalypt harvest residues as affected by management practices, climate and soil properties across southeastern Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 374, p. 186–194, 2016.

VIERA, M.; CALDATO, S.L.; DA ROSA, S.F.; KANIESKI, M.R.; ARALDI, D.B.; DOS SANTOS, S.R.; SCHUMACHER, M. V. Nutrients in the litter of a seasonal deciduous forest fragment of Itaara, RS. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 4, p. 611–619, 2010.

VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V.; BONACINA, D. M. Biomassa e nutrientes removidos no primeiro desbaste de um povoamento de *Pinus taeda* L. em Cambará do Sul, RS. **Revista Árvore**, v. 35, n. 3, p. 371–379, 2011.

VIERA, M.; SCHUMACHER, M.V.; ARAÚJO, E.F.; CORRÊA, R.S.; VINICIUS, M.; CALDEIRA, W. Deposição de serapilheira e nutrientes em plantio de *Eucalyptus*

urophylla x *Eucalyptus globulus*. **Floresta e Ambiente**, v. 21, p. 327–338, 2014.

VIERA, M.; SCHUMACHER, M.V.; VINICIUS, M.; CALDEIRA, W. Dinâmica de decomposição e nutrientes em plantio de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus* no Sul do Brasil. **Floresta e Ambiente**, v. 20, p. 351–360, 2013.

WIDER, R.K.; LANG, G.E. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags. **Ecology**, v.63, p. 1636–1642 1982.

ZHANG, D.; HUI, D.; LUO, Y.; ZHOU, G. Rates of litter decomposition in terrestrial ecosystems : global patterns and controlling factors. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 1, n. 2, p. 85–93, 2008.

ZHOU, Y.; CLARK, M.; SU, J. Litter decomposition and soil microbial community composition in three Korean pine (*Pinus koraiensis*) forests along an altitudinal gradient. **Plant Soil**, v. 386, p. 171–183, 2015.

ANEXOS

Anexo 1 - Quadrados médios para a taxa de decomposição (k) e tempo de meia vida ($t_{0,5}$) da folha, galho e casca aos 540 dias de decomposição

F.V	GL	k	$t_{0,5}$
Repetição	2	0,000001	1539,3
Tratamento	2	0,000035 *	2134,3
Resíduo	2	0,000954 *	105914,6 *
Trat*Res	4	0,000051 *	2032,9
Error	16	0,000009	1059,8
Total	26		

*p < 0,05.

Anexo 2 – Quadrados médios para o tempo de meia vida ($t_{0,5}$) de carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), magnésio (Mg) e cálcio (Ca) aos 540 dias de decomposição

F.V	GL	C	N	P	K	Mg	Ca
Repetição	2	3232,4	11954,3	8821,8	330,5	8160,8 *	24849
Tratamento	2	1217,7	15561,5	972,5	1486,0	4718,0	27314*
Resíduo	2	123947,6*	563746*	224003,2*	27510,4*	114977,1*	260871*
Trat*Res	4	2623,2	45006,6	3510,1	1268,6	3407,0	7378
Error	16	1938,4	19850,3	4494,5	1320,3	1585,6	7314
Total	26						

*p < 0,05.

Anexo 3 - Quadrados médios para o tempo de meia vida ($t_{0,5}$) de enxofre (S), boro (B), manganês (Mn), cobre (Cu), ferro (Fe) e zinco (Zn) aos 540 dias de decomposição

F.V	GL	S	B	Mn	Cu	Fe	Zn
Repetição	2	49899	4336,3	5761	66397	8371	5510,6
Tratamento	2	7497	5311,6*	2599	45861	11683	2762,4
Resíduo	2	575672*	65407,5*	240475*	348658	364170*	114876,0*
Trat*Res	4	18413	1180,0	8845	55020	46240*	2711,8
Error	16	21138	1294,9	5278	20253	7438	3098,8
Total	26						

*p < 0,05.