Decomposição da serapilheira foliar e liberação de
nutrientes em *Eucalyptus dunnii* no Bioma PampaDecomposition from Leaf Litter and Nutrients Release
in *Eucalyptus dunnii* in the Pampa BiomeDione Richer Momolli¹, Mauro Valdir Schumacher², Grasielle Dick³,
Márcio Viera⁴ e Huan Pablo de Souza³

Resumo

A liberação de nutrientes via decomposição da serapilheira foliar representa parte significativa da ciclagem biogeoquímica. Avaliou-se a decomposição e a liberação de nutrientes da serapilheira foliar de *Eucalyptus dunnii* estabelecido no Bioma Pampa. Após o fechamento das copas das árvores (18 meses de idade) instalaram-se sobre o solo 648 *litterbags* distribuídos em três parcelas, realizando-se coletas mensais (18 amostras) durante um período de 36 meses. Para cada amostra foi pesada a massa remanescente e determinada a concentração de nutrientes. A massa foliar remanescente após três anos foi de 27,4%. O coeficiente de decomposição (k) foi de 0,37, com um tempo de meia vida ($t_{1/2}$) de 1,55 anos. A serapilheira foliar, após dois anos em decomposição, liberou mais de 50% da quantidade inicial de cada nutriente avaliado, com exceção ao Fe, Cu e Zn. O potássio foi o nutriente com maior percentual de liberação nos meses iniciais de decomposição da serapilheira foliar, com 60% no primeiro mês e mais de 80% aos três meses. Para os demais nutrientes a liberação foi lenta e gradual, como observado, principalmente, para N e P, com 19 e 39% ao final de 12 meses e com 60 e 67% ao final dos 36 meses de decomposição da serapilheira foliar, respectivamente.

Palavras-chave: nutrição florestal; *litterbag*; ciclagem de nutrientes.

Abstract

The release of nutrients by leaf litter decomposition is a significant part of biogeochemical cycling. The decomposition and nutrient release from leaf litter of *Eucalyptus dunnii* located in the Pampa Biome was evaluated. After closing of the canopy (18 months old), 648 litterbags were distributed in three plots on the soil; and, 18 samples per month during 36 months were collected. For each sample, the remaining mass was weighed and the concentration of nutrients determined. The remaining leaf mass after three years was 27.4%. The decomposition coefficient (k) was 0.37 with a half-life time ($t_{1/2}$) of 1.55 years. The leaf litter after two years decomposition released more than 50% of the initial amount of each nutrient evaluated, except for the Fe, Cu and Zn. Potassium was the nutrient with the highest percentage of release during the initial months of decomposition of leaf litter, with 60% in the first month and more than 80% at three months. For other nutrients release was slow and gradual, as seen mainly for N and P, with 19 and 39% after 12 months and 60 and 67% at the end of 36 months of decomposition of leaf litter, respectively.

Keywords: Forest nutrition; litterbag; nutrient cycling.

INTRODUÇÃO

A área com o cultivo de eucaliptos tem aumentado significativamente no Brasil nos últimos dez anos, passando de 3,41 milhões de ha, em 2005 (ABRAF, 2006), para 5,56 milhões de ha, em 2015 (IBÁ, 2016). O aumento das áreas cultivadas com eucaliptos também ocorreu no Rio Grande do Sul. Em 2005 a área cultivada chegava a quase 179,7 mil ha (ABRAF, 2006), entretanto em 2015, o cultivo se realizava em aproximadamente 309,1 mil ha (IBÁ, 2016).

¹Mestrando em Engenharia Florestal. UFSM - Universidade Federal de Santa Maria / Centro de Ciências Rurais. Campus Universitário Camobi - 97105900 - Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: dionemomolli@gmail.com.

²Professor Titular do Departamento de Ciências Florestais. UFSM - Universidade Federal de Santa Maria / Centro de Ciências Rurais. Campus Universitário Camobi - 97105900 - Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: mvschumacher@gmail.com.

³Doutorando(a) em Engenharia Florestal. UFSM - Universidade Federal de Santa Maria / Centro de Ciências Rurais. Campus Universitário Camobi - 97105900 - Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: grasidick@hotmail.com, huan.souza@storaenso.com.

⁴Professor Adjunto do Departamento de Ensino. UFSM - Universidade Federal de Santa Maria / Colégio Politécnico. Campus Universitário Camobi - 97105900 - Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: marcio.viera@ufsm.br.

Os principais produtos obtidos com o cultivo de eucaliptos são celulose, papel, painéis de madeira, pisos laminados, produtos sólidos, carvão vegetal, entre outros (IBÁ, 2016), sendo que o aumento da demanda por lenha e carvão vegetal ocasionou um aumento nos preços desses produtos e da pressão sobre as florestas nativas (SIMIONI, et al., 2017). No extremo sul do Brasil, a busca por novas áreas para o cultivo de árvores ocorreu principalmente no Bioma Pampa (AGEFLOR, 2016).

O Bioma Pampa caracteriza-se por ser um sistema único e contínuo existente apenas no Uruguai, Argentina e na metade sul do estado do Rio Grande do Sul - Brasil. Seu relevo é plano a levemente ondulado, recoberto por uma estépica, de campanha, por arbustos e árvores associadas aos cursos hídricos (HASENACK, 2006). A silvicultura do eucalipto nesta região foi intensificada nos últimos anos com plantios significativos em áreas com solo de baixa fertilidade natural e muitas vezes em processo de degradação (AGEFLOR, 2016). A ciclagem de nutrientes via serapilheira permite o crescimento das árvores em solos de baixa fertilidade natural (VOGT et al., 1986; LACLAU et al., 2010; VIERA et al., 2010).

A deposição de serapilheira e sua posterior decomposição, libera nutrientes ao solo (PEGADO et al., 2008), no entanto, parte desses elementos liberados podem ser perdidos por lixiviação e erosão, serem imobilizados pelos organismos, ou mesmo retidos pelas partículas coloidais do solo (GOYA et al., 2008), o restante, é disponibilizado às raízes para posterior absorção dando continuidade a ciclagem de nutrientes (SCHUMACHER et al., 2003; VITAL et al., 2004). A velocidade de liberação dos nutrientes, depende da qualidade da serapilheira, das variáveis climáticas (VIERA et al., 2013), das condições químicas e físicas do ambiente (PAULA et al., 2009), aliado a composição da matéria orgânica (REGINA, 2001, KOUKOURA et al., 2003) e a atividade da comunidade decompositora do solo (CÉSAR, 1993; CHAGNON et al., 2013; MIRANSARI, 2013). A folha é o principal material orgânico que compõem a serapilheira em áreas florestais, sendo responsável por aproximadamente 60 a 80% da massa total (ANDRADE et al., 2000; FERREIRA et al., 2007; SCHUMACHER et al., 2003; VIERA et al., 2014a, ZAIA; GAMA-RODRIGUES, 2004). Devido à importância para a ciclagem de nutrientes, o presente estudo teve por objetivo avaliar a decomposição e liberação de nutrientes do componente foliar da serapilheira em um povoamento de *Eucalyptus dunnii*.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi realizado em um povoamento de *Eucalyptus dunnii*, localizado na Fazenda Sesmaria Santo Inácio no município de Alegrete-RS, sob as coordenadas geográficas centrais de 29° 47' 10" S e 55° 17' 30" O.

O clima da região é do tipo Cfa subtemperado úmido, de acordo com a classificação climática proposta por Köppen, onde os verões podem apresentar período de seca, com temperatura média anual de 18,6 °C e precipitação média anual de 1.747 mm (MATZENAUER et al., 2011). A espécie *Eucalyptus dunnii*, ainda é classificada com uma aptidão climática média à região (FLORES et al., 2016). Na Figura 1, pode-se verificar o diagrama climático com as médias mensais, considerando-se os últimos 30 anos, para evapotranspiração, temperatura e umidade relativa do ar, além da precipitação pluviométrica para o período avaliado (EMBRAPA, 2011).

O solo da área de estudo é do tipo Argissolo Vermelho distrófico típico, com baixa fertilidade natural (EMBRAPA, 2013), com textura variando entre franco-arenosa e franco-argilo-arenosa. Os dados apresentaram ainda valores considerados baixos para MO, Ca e Mg, muito baixos para o pH, K, P e saturação por bases (V%), altos teores nas camadas 20-40 e 80-100 e médios teores de S nas demais camadas. Os teores para B foram considerados altos (SCCS-CQFS, 2016). Na Tabela 1, pode-se observar os atributos químicos do solo na área experimental antes da alocação das parcelas dos *litterbags*.

Decomposição da serapilheira foliar

Para o monitoramento da decomposição da fração foliar da serapilheira, foi utilizado a técnica de *litterbags*. Os *litterbags* consistiram na confecção de uma bolsa de *nylon* com malha de 2 mm. As folhas inseridas na bolsa de *nylon* foram provenientes do folheto recém caído sobre o solo na área estudada. Após a coleta das folhas, as mesmas foram secas em estufa a 70 °C, até atingir peso cons-

tante. Adicionou-se 8 gramas de folhas secas em cada *litterbag*. Antes de alocar as bolsas ao solo, as mesmas sofreram perfurações com diâmetro em torno de um centímetro, para facilitar o ataque de agentes decompositores. As 648 sacolas foram distribuídas na área florestal em três parcelas com dimensões de 20 m x 21 m, alocadas em um talhão comercial de 12 ha.

Figura 1. Diagrama climático com médias mensais de Evapotranspiração - ETP (mm); Temperatura - T (°C), Umidade relativa - UR (%) e Precipitação pluviométrica - P (mm) de abril/10 a fev/13, para o município de Alegrete-RS.

Figure 1. Diagram of climate monthly averages of evapotranspiration - ETP (mm); Temperature - T (°C), Relative humidity - UR (%) and rainfall - P (mm) from April/10 to Feb/13 for Alegrete-RS.

Tabela 1. Atributos químicos do solo com *Eucalyptus dunnii* em Alegrete - RS.

Table 1. Soil chemical attributes with *Eucalyptus dunnii* in Alegrete - RS.

Atributo	Unidade	Profundidade (cm)				
		0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
MO		1,0	0,9	0,9	0,8	0,7
V	%	9,1	11,0	15,2	20,5	21,2
m		71,3	65,0	55,7	48,4	43,2
pH	-	4,7	4,8	5,0	5,0	5,0
Al		2,0	2,0	1,9	2,0	1,8
Ca	cmol _c dm ⁻³	0,5	0,8	1,2	1,8	1,9
Mg		0,3	0,2	0,3	0,3	0,4
P		1,9	1,6	1,5	1,5	1,5
K	mg dm ⁻³	20,3	12,0	9,7	8,3	8,3
S		2,7	5,1	3,4	4,2	6,1
B		0,4	0,4	0,5	0,4	0,4
t	cmol _c dm ⁻³	2,8	3,0	3,4	4,2	4,0
T		9,0	9,6	10,1	10,8	11,0

Em que: MO = matéria orgânica; t = CTC_{efetiva}; T = CTC_{pH7}; V % = saturação por bases; m = saturação por alumínio.

Após a disposição dos *litterbags* a campo, mensalmente realizou-se a coleta de 18 amostras (seis por parcela) entre abril de 2010 á março de 2013. Em laboratório, as amostras passaram por um processo de limpeza, com o auxílio de pinça e pincel para a retirada de material adverso, como raízes de eucalipto e sub-bosque, insetos, solo ou outro material que não fosse proveniente da fração foliar. Depois o material foi posto para secagem a 70 °C, até atingir peso constante para posterior aferição da massa remanescente. Para a moagem e a posterior análise química, as seis amostras de cada parcela foram homogeneizadas, resultando em três amostras mensais. Para a análise química de macro e micronutrientes, seguiu-se a metodologia proposta por Tedesco et al. (1995).

A massa seca foliar remanescente foi determinada por meio da relação entre a massa seca remanescente no *litterbag* e a massa seca inserida inicialmente. Para a obtenção da taxa anual de decomposição da fração folhas, foi utilizada a equação exponencial descrita por Olson (1963):

$$W_t = W_0 e^{-kt} \quad (1)$$

Em que: W_t = peso seco de folhas remanescentes nos *litterbags* no mês t ($t = 1, 2, \dots, 36$ meses), em g; W_0 = peso seco inicial contido nos *litterbags*, em g; k_t = constante anual de decomposição.

O tempo de meia vida da fração foliar foi estimado segundo a proposta de Landsberg e Gower (1997), onde $t_{1/2} = 0,69315/K$. A porcentagem de liberação de nutrientes foi obtida pela fórmula descrita por Guo e Sims (1999).

$$R\% = \frac{W_0 C_0 - W_t C_t}{W_0 C_0} \times 100 \quad (2)$$

Em que: W_0 = peso seco inicial do *litterbag*, em g; C_0 = teor inicial do nutriente no *litterbag*; macronutrientes, em g kg⁻¹, e micronutrientes, em mg kg⁻¹; W_t = peso seco de folhas remanescentes no *litterbag* no mês t ($t = 1, 2, \dots, 36$ meses), em g; C_t = teor do nutriente nas folhas remanescentes no mês t ($t = 1, 2, \dots, 36$ meses); macronutrientes, em g kg⁻¹, e micronutrientes em mg kg⁻¹.

Para o ajuste da equação exponencial, utilizou-se os valores médios mensais de perda de massa de cada uma das três parcelas. A relação entre a perda de massa, a concentração e a porcentagem de liberação de nutrientes foi determinada por meio da média mensal, para o período de 36 meses.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A massa seca foliar remanescente após 36 meses de decomposição foi de 27,2% para o povoamento de *Eucalyptus dunnii* (Figura 2). Resultado similar foi verificado por Viera et al. (2014b), analisando uma plantação com o híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus*, aos 5,5 anos de idade, para um mesmo período de avaliação, onde a massa remanescente encontrada foi de 26,4%. Observou-se que após seis meses em decomposição a massa remanescente foi aproximadamente de 60%. A decomposição da serapilheira pode ser dividida em duas fases: na primeira os elementos solúveis e carboidratos não lignificados são rapidamente degradados e na segunda fase, na qual envolve carboidratos lignificados e a lignina propriamente dita, gera um declínio gradual da taxa de decomposição (BERG, EKBOHN, 1991; STAAF; BERG, 1982). Wang et al. (2014) avaliando a decomposição para *Quercus alienae* e *Quercus variabilis*, na região central da China, observaram decomposição de cerca de 40% do material aos 6 meses de avaliação.

Figura 2. Percentual de massa foliar remanescente em *litterbags* em um povoamento de *Eucalyptus dunnii* no Bioma Pampa.

Figure 2. Remaining leaf weight in *litterbag* in *Eucalyptus dunnii* stand in Pampa Biome.

O percentual de massa foliar remanescente diminuiu exponencialmente com o passar do tempo, obtendo-se taxa de decomposição (k) de 0,46. O mesmo foi verificado no estudo realizado por Viera et al. (2014b) para um povoamento com o híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus*, onde encontraram um k = 0,44. Guo e Sims (1999) observaram para *Eucalyptus brookerana* e *E. botryoides* com seis anos de idade, na Nova Zelândia, uma taxa de decomposição foliar variando de 0,76 a 0,94 e 0,24 a 0,37, respectivamente. Dutta e Agrawal (2001) ressaltam que taxas de decomposição distintas devem-se a fatores externos (variação da umidade e temperatura do solo) e internos (composição química das folhas).

O tempo estimado para a decomposição de 50% ($t_{1/2}$) do material foi de 1,51 anos. Tempo similar (1,56 anos) foi observado por Viera et al. (2014a) em um povoamento com o híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus*. Tempos inferiores foram observados em outras formações florestais por Silva et al. (2014). Eles encontraram valores de meia vida de 0,57, 0,99 e 0,82 anos para povoamento de jaqueira, floresta nativa e plantio de espécies nativas, respectivamente.

Verificou-se correlação significativa entre a perda de massa e a concentração de nutrientes no material residual (Tabela 2). A serapilheira foliar residual apresentou aumento na concentração de N, P, S, Cu, Fe e Zn com a perda de massa. A relação positiva dos teores de alguns nutrientes com o processo de decomposição está relacionado principalmente com a imobilização realizada por microrganismos, perda de carbono (DUTTA; AGRAWAL, 2001; SCHEER, 2008; SINGH et al. 2004), contaminação pela queda de outros componentes vegetais e até mesmo a fauna (THOMPSON; VITOUSEK, 1997). Os demais nutrientes correlacionaram-se negativamente com a perda de massa. A diminuição no teor de K com o aumento da perda de massa deve-se ao processo de lixiviação. Segundo Scheer (2008), o K por não estar principalmente associado à estrutura celular das folhas, ele é facilmente lixiviável.

Tabela 2. Correlação de Pearson entre a perda de massa e a concentração de nutrientes na serapilheira foliar residual.
Table 2. Pearson correlation between the loss of mass and the concentration of nutrients in the residual leaf litter.

	N	P	K	Ca	Mg	S
Perda de massa (g)	0,467 p < 0,001	0,234 p = 0,023	-0,426 p < 0,001	-0,621 p < 0,001	-0,822 p < 0,001	0,427 p < 0,001
	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
Perda de massa (g)	- 0,596 p < 0,001	0,810 p < 0,001	0,742 p < 0,001	-0,290 p = 0,004	0,718 p < 0,001	

A liberação de nutrientes apresentou um comportamento variável quanto ao estágio de decomposição da serapilheira foliar (Figura 3). No primeiro ano de avaliação observou-se a seguinte magnitude de liberação: K (89%), B (75%) Mg (67%), Mn (56%), S (50%), Ca (48%), P (39%) e N (19%). Entretanto, para os micronutrientes, Fe, Cu e Zn, ocorreu acúmulo. A liberação de N via decomposição da serapilheira foliar, aos 12 meses, varia entre 10 a 25% da quantidade inicial para diferentes espécies de eucaliptos cultivadas no Brasil (COSTA et al., 2005; VIERA et al., 2014a). Ao final do primeiro ano de avaliação já havia sido liberado 39% do P contido na serapilheira foliar. A liberação de P também foi verificada por Guo e Sims (2002) para *Eucalyptus botryoides* e *Eucalyptus globulus* sem irrigação. Entretanto, outros estudos indicam que inicialmente ocorre acúmulo do P, como o verificado por Viera et al. (2014a) em *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus*, Costa et al. (2005) e Parsons e Congdon (2008) em *E. grandis*.

Para o potássio verificou-se uma liberação de 60% ao final de 30 dias do início do processo de decomposição, passando a 83% ao final do terceiro mês. Comportamento semelhante foi reportado por Costa et al. (2005) com *Eucalyptus grandis* aos 2, 5 e 8 anos no norte Fluminense. Scheer (2008), avaliando um trecho em estado de regeneração em Floresta Ombrófila Densa Aluvial, também encontrou liberação de K (80%) no terceiro mês de avaliação, seguido de comportamento constante até o final da avaliação. Segundo Gama-Rodrigues e Barros (2002), a lixiviação é determinante na transferência do mesmo ao solo.

Para o Ca registrou-se acúmulo de (4%) nos primeiros 30 dias, seguidos de uma lenta, mas contínua liberação, sendo de 26% e 49% aos 6 e 12 meses de decomposição da serapilheira foliar. Viera et al. (2014b) também observaram tendência de acúmulo inicial (20%) para os primeiros 60 dias e liberação a partir do quarto mês (10%) para *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus*. Costa et al. (2005), por

sua vez, verificaram inicialmente uma pequena liberação de (7%) seguida de acúmulo (5%), mas ao final do período de um ano o Ca liberou entre 18 e 20% para *Eucalyptus grandis*. Gama-Rodrigues e Barros (2002), relataram liberação de Ca, via decomposição da serapilheira foliar aos 12 meses, semelhante ao presente estudo (23%). A liberação de Mg foi de 50% e 67% da quantidade inicial contida na serapilheira foliar, para os 6 e 12 meses de avaliação. Scheer (2008), relatou uma liberação de 30,8% do Ca contido na serapilheira foliar de uma floresta nativa, aos 12 meses de decomposição.

Figura 3. Liberação de nutrientes (%) durante o período de decomposição em um povoamento de *Eucalyptus dunnii*.
Figure 3. Nutrients release (%) during litter decomposition of *Eucalyptus dunnii* stand.

Para os micronutrientes estudados apenas B (75%) e Mn (56%) apresentaram liberação após 12 meses e os demais registraram acúmulo. Viera et al. (2014b) mencionam que devido à dificuldade de separar a serapilheira foliar fragmentada das partículas de solo e de outros resíduos, pode ocasionar um certo nível de contaminação das amostras, mascarando os resultados de alguns nutrientes, especialmente àqueles que são encontrados em concentrações reduzidas como é o caso dos micronutrientes.

Após dois anos em decomposição, a serapilheira foliar, mesmo com perda de massa igual a 65 %, apresentou elevação nos teores de Fe, Cu e Zn. K e S mantiveram-se com valores constantes. Considerou-se constante os nutrientes que passaram 12 meses da última avaliação não obtiveram diferença superior a 5% em liberação ou acúmulo. Os demais nutrientes, N, P, Ca, Mg, B, e Mn, apresentaram aumento da liberação, com 50, 61, 72, 82, 87 e 67% da quantidade inicial, respectivamente. Após 36 meses em decomposição, o K foi o nutriente com maior taxa de liberação (95%), seguido pelo Mg (87%), Mn (86%), Ca (84%), B (81%), P (67%), N (63%) e S (55%). Os demais nutrientes, Cu, Fe e Zn, apresentaram efeito acumulativo na serapilheira foliar residuais.

O estudo mostrou que mesmo passados 36 meses, ainda cerca de 33, 37 e 45 % de N, P e K respectivamente não haviam sido liberados da serapilheira foliar. O estudo abre a possibilidade ainda de estudos futuros que foquem na avaliação de outros componentes da serapilheira tais como galhos finos (diâmetro < 5,0 mm), miscelânea, casca, galhos grossos (diâmetro > 5,0 mm) e madeira, que possuem maiores teores de lignina e que retardam a ação de agentes decompositores.

CONCLUSÕES

O coeficiente de decomposição da serapilheira foliar de *Eucalyptus dunnii* foi de 0,37, restando 27,2% do material ao final de 36 meses de avaliação.

A serapilheira foliar atua como um estoque para os elementos N e P, em longo prazo, enquanto que o K, quase que na sua totalidade, é prontamente mineralizado.

A serapilheira serve como fonte de nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas a longo prazo, liberando os nutrientes de forma lenta mas gradual, minimizando as perdas do sistema solo-planta-solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. *Anuário estatístico da ABRAF*: ano base 2005. Brasília: ABRAF, 2006. 80p.

AGEFLOR – ASSOCIAÇÃO GAÚCHA DE EMPRESAS FLORESTAIS. *A indústrias de base florestal no Rio Grande do Sul*: Anos base 2015. Porto Alegre. AGEFLOR, 2016. 96 p.

ANDRADE, A. G.; COSTA, G. S.; FARIA, S. M. Deposição e decomposição da serapilheira em povoamentos de *Mimosa caesalpiniiifolia*, *Acacia mangium* e *Acacia holosericea* com quatro anos de idade em planossolo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 24, n.4, p. 777-785, 2000.

BERG, B.; EKBOHM, G. Litter mass-loss rates and decomposition patterns in some needle and leaf litter types. Long-term decomposition in a Scots pine forest VII. *Canadian Journal of Botany*, Ottawa, v.69, n. 7, p.1449-1456, 1991.

CÉSAR, O. Produção de serapilheira na mata mesófila semidecídua da Fazenda Barreiro Rico, município de Anhembi, SP. *Revista Brasileira de Biologia*, São Carlos, v. 53, n. 4, p. 671-681, 1993.

CHAGNON, P.L; BRADLEY, R., MAHERALI, H.; KINONOMOS, J. N. A trait-based framework to understand life history of mycorrhizal fungi. *Trends in Plant Science*, Oxford, v. 18, p. 484-491, 2013.

COSTA, G. S.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; CUNHA, G. M. Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em povoamentos de *Eucalyptus grandis* no norte Fluminense. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 563-570, 2005.

DUTTA, R. K.; AGRAWAL, M. Litterfall, litter decomposition and nutrient release in five exotic plant species planted on coal mine soils. *Pedobiologia*, v.45, n.4, p.298-312, 2001.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Brasília: Embrapa Solos, 2013. 353 p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Atlas Climático da Região Sul do Brasil*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 336 p.

FERREIRA, R. L. C.; JUNIOR, M. A. L.; ROCHA, M. S.; SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A.; BARRETO, L. P. Deposição e acúmulo de matéria seca e nutrientes em serapilheira em um bosque de sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* benth). *Revista Árvore*, Viçosa, v. 31, n. 1, p.7-12, 2007.

- FLORES, T. B.; ALVARES, C. A.; SOUZA, V. C.; STAPE, J. L. *Eucalyptus no Brasil: zoneamento climático e guia para identificação*. Piracicaba: IPEF, 2016. 448 p.
- GAMA-RODRIGUES, A.C.; BARROS, N. F. Ciclagem de nutrientes em floresta natural e em plantios de eucalipto e de dandá no Sudoeste da Bahia, Brasil. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 193-207, 2002.
- GOYA, J. F.; FRANGI, J. L.; PEREZ, C.; TEA, F. D. Decomposition and nutrient release from leaf litter in *Eucalyptus grandis* plantations on three different soils in Entre Ríos, Argentina. *Bosque*, Valdivia, v. 29, n. 3, p. 217-226, 2008.
- 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: II. Internal effects. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v. 34, n. 7, p. 913-922, 2002.
- GUO, L. B.; SIMS, R. E. H. Litter decomposition and nutriente release via litter decomposition in New Zealand eucalypt short rotation forests. *Agriculture, Ecosystems and Enviroment*. v. 75, n.1-2, p. 133-140, 1999.
- HASENACK, H. (Org.) Mapeamento da cobertura vegetal do Bioma Pampa. In: _____. **Sumário Executivo do mapeamento da cobertura vegetal dos biomas brasileiros**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente/ Secretaria de Biodiversidade e Florestas, 2006.
- IBÀ - INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório anual 2016**: ano base 2015. Brasília: IBÁ, 2016. 80 p.
- KOUKOURA, Z.; MAMOLOS, A. P.; KALBURTJI, K.L. Decomposition of dominant plant species litter in semi-arid grassland. *Applied Soil Ecology*, v. 23, n. 1, p.13-23, 2003.
- LACLAU, J. P.; RANGER, J.; GONÇALVES, J. L. M.; MAQUÈRE, V.; KRUSCHE, A. V.; M'BOU, A. T. Biogeochemical cycles of nutrients in tropical *Eucalyptus* plantations main features shown by intensive monitoring in Congo and Brazil. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 259, n. 9, p.1771-1785, 2010.
- LANDSBERG, J. J.; GOWER, S. T. **Applications of physiological ecology to forest management**. San Diego: Academic Press. 1997. 354 p.
- MATZENAUER, R.; RADIN, B.; ALMEIDA, I. R. **Atlas Climático**: Rio Grande do Sul. Porto Alegre: FEPAGRO / Secretaria da Agricultura Pecuária e Agronegócio, 2011.
- MIRANSARI, M. Soil microbes and the availability of soil nutrients. *Acta Physiologiae Plantarum*, Paris, v. 35, n. 11, p. 3075-3084, 2013.
- OLSON, J. S. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology*, n. 2, v.44, p.322-331, 1963.
- PARSONS, S. A.; CONGDON, R. A. Plant litter decomposition and nutrient cycling in North Queensland tropical rain-forest communities of differing successional status. *Journal of Tropical Ecology*, Cambridge, v. 24, n. 2, p. 317-327, 2008.
- PAULA, R. R.; PEREIRA, M. G.; MENEZES, L. F. T. Aporte de nutrientes e decomposição da serapilheira em três fragmentos florestais periodicamente inundados na Ilha da Marambaia, RJ. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 19, n. 2, p.139-148, 2009.
- PEGADO, C. M. A.; BARBOSA, L. J. N.; MENDES, J. E. M. F.; SOUTO, P. C.; SOUTO, J. S. Decomposição superficial e sub-superficial de folhas de fava (*Phaseolus lunatus* L.) na região do Brejo da Paraíba, Brasil. *Caatinga*, Mossoró, v.21, n.1, p. 218-223, 2008.

- REGINA, I. S. Litterfall, decomposition and nutrient release in three semi-arid forests of the Duero basin, Spain. **Forestry**, Oxford, v. 74, n. 4, p. 347- 358, 2001.
- SCHEER, M. B. Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em um trecho de Floresta Ombrófila Densa Aluvial em regeneração, Guaraqueçaba (PR). **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 2, 2008.
- SCHUBART, H. O. R.; FRANKEN, W.; LUIZÃO, F. J. Uma floresta sobre solos pobres. **Ciência Hoje**, São Paulo, v. 2, n. 10, p. 26-32, 1984.
- SCHUMACHER, M. V.; BRUN, E. J.; RODRIGUES, L. M.; SANTOS, E. M. Retorno de nutrientes via deposição de serapilheira em um povoamento de acácia-negra (*Acacia mearnsii* de Wild.) no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 791-798, 2003.
- SILVA, H. F.; BARRETO, P. A. B.; SOUSA, G. T. O.; AZEVEDO, G. B.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; OLIVEIRA, F. G. R. Decomposição de serapilheira foliar em três sistemas florestais no Sudoeste da Bahia. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 12, n. 3, p. 164-172, 2014.
- SIMIONI, F. J.; MOREIRA, J. M. M. A. P.; FACHINELLO, A. L.; BUSCHINELLI, C. C. A.; MATSUURA, M. I. S. F. Evolução e concentração da produção de lenha e carvão vegetal da silvicultura no Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 731-742, 2017.
- SINGH, R. K.; DUTTA, R. K.; AGRAWAL, M. Litter decomposition and nutrient release in relation to atmospheric deposition of S and N in a dry tropical region. **Pedobiologia**, v. 48, n. 4, p. 305-311, 2004.
- STAAF, H.; BERG, B. Accumulation and release of plant nutrients in decomposing Scots pine needle litter. Long-term decomposition in a Scots pine forest II. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v.60, n. 80, p.1561-1568, 1982.
- TEDESCO, M. J.; GINELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174 p.
- THOMPSON, M.; VITOUSEK, P. M. Asymbiotic nitrogen fixation and litter decomposition on a long soil-age gradient in Hawaiian montane rain forest. **Biotropica**, Washington, v. 29, n. 2, p. 134-144, 1997.
- VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V.; ARAÚJO, E. F. Disponibilização de Nutrientes via Decomposição da Serapilheira Foliar em um Plantio de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus globulus*. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 21, n. 3, p. 307-315, 2014a.
- 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* × *Eucalyptus globulus*. **Floresta Ambiente**, Seropédica, v. 21, n. 3, p. 327-338, 2014b.
- VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V.; CALDEIRA, M. V. W. Dinâmica de decomposição e nutrientes em plantio de *Eucalyptus urophylla* × *E. globulus* no sul do Brasil. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 20, n. 3, p. 351-360, 2013.
- VIERA, M.; CALDATO, S. L.; ROSA, S. F.; KANIESKI, M. R.; ARALDI, D. B.; SANTOS, R.; SCHUMACHER, M. V. Nutrientes na serapilheira em um fragmento de floresta estacional decidual, Itaara, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.20, n.4, p. 611-619, 2010.
- VITAL, A. R. T.; GUERRINI, I. A.; FRANKEN, W. K.; FONSECA, R. C. B. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona riparia. **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.6, p.793-800, 2004.

VOGT, K. A.; GRIER, C. C.; VOGT, D. J. Production, turnover and nutrient dynamics of above and below-ground detritus of the world forests. **Advanced Ecology Research**, v. 15, p.303-377, 1986.

WANG, J.; YOU, Y.; TANG, Z.; LIU, S.; SUN, O.J. Variations in leaf litter decomposition across contrasting forest stands and controlling factors at local scale. **Journal of Plant Ecology**, Oxford, v.8, n.1, p. 261-272, 2014.

ZAIA, F. C.; GAMA-RODRIGUES, A. C. Ciclagem e balanço de nutrientes em povoamentos de eucalipto na região Norte Fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 5, p. 843-852, 2004.

Recebido em 19/10/2016

Aceito em 11/10/2017