



## Aporte de nutrientes em diferentes compartimentos de Eucalipto no sul do Tocantins

Maria Cristina Bueno Coelho<sup>a\*</sup>, Ezele Nathane Lima<sup>a</sup>, Mauro Luiz Erpen<sup>b</sup>,  
Juliana Barilli<sup>a</sup>, Maurilio Antônio Varavallo<sup>a</sup>, Marcos Vinicius Cardoso Silva<sup>a</sup>, Marcos Giongo<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Universidade Federal do Tocantins, Brasil

<sup>b</sup> Instituto Federal do Tocantins, Brasil

\* Autor correspondente ([mariacristina@uft.edu.br](mailto:mariacristina@uft.edu.br))

### INFO

#### Keywords

nutrient cycling  
soil  
bark  
leaf  
litter

#### Palavras-chaves

ciclagem de nutrientes  
solo  
casca  
folhas  
serrapilheira

### ABSTRACT

*Supply of nutrients in different compartments of Eucalyptus in southern Tocantins.* The understanding of the nutrient cycling mechanisms of a forest plantation will allow the adequate management to harvest the wood or other products without any future damage to the soil. Therefore, the objective this work was to evaluate the nutritional content in the soil, litterfall, leaf and bark compartments in commercial plantation at age 7 with two clones: VM 58 from the crossing of *Eucalyptus camadulensis* x *E. urophylla*, the hybrid GG100 clone obtained from the crossing of *E. urophylla* x *E. grandis*, hybrids seeds of *E. urophylla* x *E. grandis* in the Aliança, Tocantins. The total biomass of N, P, K, Ca, Mg, S, B and the Cu, Fe, Mn and Zn micronutrients was estimated by estimating total aerial biomass using allometric equations. The *E. urophylla* x *E. grandis* via seminal presented higher aerial biomass with 24,08 t.ha<sup>-1</sup>, and the lowest biomass yield was obtained by clone VM 58 with 13,09 t.ha<sup>-1</sup>. The average representativeness in decreasing order for aerial biomass for both *eucalyptus* species was: stem (55%) > litterfall (29%) > leaves (16%). The soil obtained higher values for K and Fe but didn't differ in both nutrients. The leaves had higher concentrations for N and Mn, while in the litterfall only the macronutrients were highlighted.

### RESUMO

A cultura da mandioca apresenta alta relevância socioeconômica para o Brasil. Entretanto, na região oeste a compreensão dos mecanismos da ciclagem de nutrientes de um plantio florestal permite o manejo adequado para colheita da madeira ou outros produtos sem que haja danos futuros ao solo, por isso, este estudo objetivou avaliar o conteúdo nutricional nos compartimentos solo, serrapilheira, folha e casca em plantio de *Eucalyptus spp.* no sul do Estado do Tocantins com idade de 7 anos, sendo os clones: VM 58 (cruzamento de *E. camadulensis* x *E. urophylla*) e o clone GG100 (cruzamento do *E. urophylla* x *E. grandis*). Também foram avaliadas áreas a partir de sementes híbridas de *E. urophylla* x *E. grandis* todas no município de Aliança do Tocantins. Foram analisados os macronutrientes ( N, P, K, Ca, Mg, S, B ) e os micronutrientes ( Cu, Fe, Mn e Zn) e estimando a biomassa aérea total por meio de equações alométricas. O *E. urophylla* x *E. grandis* via seminal apresentou maior biomassa aérea com 24,08 t.ha<sup>-1</sup>, e o menor rendimento de biomassa foi obtido pelo clone VM 58 com 13,09 t.ha<sup>-1</sup>. A representatividade média em ordem decrescente para biomassa aérea para ambos as espécies de eucaliptos foi: fuste (55%) > serrapilheira (29%) > folhas (16%). O solo obteve maiores valores para K e Fe porém não diferiu em ambos os nutrientes. As folhas obtiveram maior concentração para N e Mn, enquanto na serrapilheira somente os macronutrientes destacaram.

Received 24 May 2020; Received in revised from 18 August 2020; Accepted 17 January 2021

## INTRODUÇÃO

Schumacher (1996) diz que no ecossistema florestal, a capacidade produtiva do sítio florestal será mantida por um período variado de acordo com a eficácia na reposição dos nutrientes através da utilização da biomassa, devido à perda de nutrientes por erosões. Por isso, faz-se necessário quantificar a biomassa produzida e a quantidade de nutrientes exportadas em cada compartimento como tronco, folhas, serrapilheira e solo. A compreensão dos mecanismos da ciclagem de nutrientes de um plantio florestal permitirá a exploração, para que ocorra o manejo adequado durante a colheita da madeira (De Carvalho et al., 2015).

A maioria das espécies de *Eucalyptus* spp., é originária da Austrália, tendo sido introduzida no Brasil por volta de 1904 adaptando-se bem às condições edafoclimáticas, hoje a cultura atende essencialmente o mercado de papel de celulose, mas também atende a indústria de carvão, mourões, óleos essenciais, entre outras (Angeli, 2004). Alguns gêneros da mesma espécie apresentam boa adaptação da árvore em eficiência nutricional superior às demais espécies, em particular as coníferas, devido à maior capacidade de translocação de nutrientes (Schumacher et al., 2011). Apresentando potencial de adaptação em regiões de déficit hídrico, as espécies desse gênero permitem sua implantação no cerrado, pois os solos dessa região, na grande maioria, apresentam baixa fertilidade e déficit hídrico em certa estação do ano (Carneiro et al., 2009).

Solos de regiões tropicais como os solos do cerrado geralmente são ácidos e com baixa fertilidade, apresentando alto potencial de lixiviação de nutrientes, principalmente o nitrogênio (N) e potássio (K) (Gama-Rodrigues et al., 2008). E para produção de biomassa são necessárias grandes quantidades de nutrientes, por isso, em um ecossistema florestal o solo não é apenas um meio de produção, mas um componente central mediador do processo solo-planta (Carneiro et al., 2009). Também os compartimentos folhas e galhos finos são componentes que permanecem na área em forma de resíduos após a colheita sendo grandes influenciadores da fertilidade na camada superficial do solo. Segundo Ferreira (1984), em um estudo com *E. Grandis*, concluiu que em média 80% do fósforo (P) e do N que retornam ao solo são oriundos das folhas.

No entanto, a camada formada pela serrapilheira em conjunto com o sistema radicular e a parte aérea das plantas protege o solo de agentes erosivos que também possibilita melhores condições para restabelecimento das propriedades físicas, químicas e biológicas (IKPE et al., 2003). Logo, a dinâmica dos nutrientes da serrapilheira ocorre pela

entrada via deposição de todo material e sua saída via decomposição, tal processo é importante para manutenção dos plantios florestais (Lima et al., 2015).

Desta forma a ciclagem de nutrientes está diretamente ligada com o manejo eficiente do povoamento florestal, com as diferentes quantidades de nutrientes contidas na parte aérea, raízes, serrapilheira e solo, que contribuem para o fluxo contínuo entre o que está sendo depositado no solo e o que está sendo assimilado pelas raízes.

Tendo em vista a relevância da utilização de *Eucalyptus* spp para auxiliar no manejo florestal, este trabalho teve como objetivos analisar os atributos físicos e químicos do solo e estimar o estoque de nutrientes nos diferentes componentes da biomassa.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de estudos

Os dados foram coletados no ano de 2018 no município de Aliança, Estado do Tocantins localizado nas coordenadas geográficas a latitude 11°18'22" e longitude 48°56'09" com elevação de 257 m e temperatura média anual de 26 °C.

O clima, segundo Thornathwaite consiste em C2wA'á'' (SEPLAN, 2012), clima úmido, subúmido com moderada deficiência hídrica no inverno, evapotranspiração potencial média anual de 1.500 mm, distribuindo-se no verão em torno de 420 mm ao longo dos três meses consecutivos sendo junho, julho e agosto com temperatura mais elevada.

A área tinha plantio de 7 anos de idade com os clones VM 58 (cruzamento de *E. camaldulensis* x *E. urophylla*), com 47,93 ha, o clone GG100 (cruzamento do *E. urophylla* x *E. grandis*), correspondendo a 35,65 ha e 25 ha plantados com sementes híbridas de *E. urophylla* x *E. grandis*.

Foi realizada uma adubação de base incorporada três meses antes do plantio feito com subsolador, aplicando-se o fosfato natural no fundo do sulco. Em seguida, foram realizadas duas adubações de cobertura com NPK (20-5-20) super simples; a primeira cobertura foi realizada aos 3 meses após o plantio e a segunda foi realizada nove meses após o plantio. E por fim, realizou-se uma adubação de manutenção (NPK) com 25 meses após o plantio. Em relação aos tratamentos culturais foram feitas limpeza mecanizada, combate manual as formigas e cupins e replantio feito 30 dias após o plantio.

O solo foi caracterizado como Latossolo vermelho-amarelo distrófico com relevo plano suave ondulado. Estes ocorrem em ambientes bem drenados, sendo muito profundos e uniformes em

características de cor, textura e estrutura em profundidade (análise de solo feita no laboratório de solo da UFT campus de Gurupi).

Para a coleta da casca, realizou-se uma cubagem rigorosa pelo método de Smalian de 10 árvores (duas árvores de diâmetro médio; duas árvores de diâmetro médio mais um desvio-padrão, duas árvores de diâmetro médio menos um desvio-padrão, duas árvores de diâmetro médio mais dois desvios padrão e duas árvores de diâmetro médio menos dois desvio padrão) por cada espécie de *Eucalyptus* sp, num total de 30 árvores feita a partir de inventário florestal sistemático e estratificado a partir de parcelas fixas de 27,5 x 28 m (770 m<sup>2</sup>) totalizando 42 parcelas (14 parcelas por espécie) onde foram determinadas as Ht (altura total medida em metros com hipsômetro) e DAP (diâmetro a altura do peito medido em cm com suttá) sendo que as amostras de casca foram retiradas com as seguintes alturas: de 0,5 m; 1,0 m; 1,3 m e de 2 m em 2 m até a extremidade da árvore de menor espessura com circunferência igual a 15,7 cm (5 cm) que foram pesadas e colocadas para secar ao ar livre por 48 horas e posteriormente levadas à estufa a 70°C por mais 72 horas.

Para a análise foliar foram coletadas amostras de ramos situados nas posições base, meio e topo das copas, segundo as quatro direções dos pontos cardeais (Oliveira et al., 2001).

As amostras de solo superficiais (profundidades de 0-20; 20-40 e 40 a 60 cm) foram obtidas a partir de 3 amostras compostas (total de 45 amostras simples por clone, ou seja, a cada 15 subamostras foi feito uma amostra composta em cada profundidade) por clone e via seminal a partir da metodologia da EMBRAPA (Filizola et al., 2006).

A coleta de serrapilheira seguiu o protocolo da EMBRAPA (Arevalo et al., 2002) para estimativa da biomassa florestal e carbono orgânico, coletada com auxílio de gabarito metálico (dimensões de 0,5 x 0,5 m), lançado de forma aleatória em cada área (30 amostras por área num total de 90). As memas foram acondicionadas em sacos de papel, pesadas em balança digital e posteriormente levadas ao laboratório para serem secas em estufa a 70 °C por 48 horas.

As amostras de biomassa foram secas a 70 °C em estufa de circulação e renovação de ar, até a estabilização da massa, e pesadas em balança de precisão para determinação da massa seca. Após a secagem, as amostras foram moídas em moinho de lâminas do tipo Wiley com peneira de 20 mesh. O material coletado foi tratado e analisado para N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn de acordo com as instruções contidas em Sarruge & Haag (1974).

### Determinação da Biomassa Aérea

A biomassa da serrapilheira foi determinada utilizando o peso seco da amostra coletada dividido pelo peso fresco da amostra, e por fim, utilizando o fator de correção (0,04) para determinar em toneladas por hectare. Utilizou-se a seguinte equação:

$$BAH \left( \frac{t}{ha} \right) = \left( \frac{PSM}{PFM} \right) * PFT * 0,04$$

Em que:

BAH = biomassa arbustiva/herbácea, matéria seca; PSM = peso seco da amostra coletada; PFM = peso fresco da amostra coletada; PFT = peso fresco total por metro quadrado e fator de conversão = 0,04.

A biomassa da casca e das folhas foram estimadas por equações alométricas simples e múltiplas (Tabela1), conseqüentemente, avaliando seus parâmetros estatísticos. Sendo testados 4 modelos com a utilização das variáveis dendrométricas altura (H) e (DAP), utilizando o software Excel 2013 e o Software SigmaPlot 10.0.

Após o ajuste dos modelos de regressão para a biomassa seca, verificou-se a qualidade do ajuste obtido por cada modelo pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (K-S). Assim esse teste analisa com precisão as frequências estimadas através dos modelos de regressão testados com as frequências observadas.

Tabela1 - Modelos alométricos para determinação da biomassa aérea dos compartimentos casca e folhas.

Número	Modelos
1	$\ln Y = \beta_0 + \beta_1 DAP^{-1} + \beta_2 I^{-1} + \beta_3 (DAP * I)^{-1}$
2	$Y = \beta_0 + \beta_1 DAP + \beta_2 DAP^2 + \beta_3 (DAP * H) + \beta_4 (DAP^2 * H) + \beta_5 H$
3	$Y = \beta_0 + \beta_1 DAP + \beta_2 DAP^2 + \beta_3 DAP^3 + \beta_4 DAP^4$
4	$Y = \beta_0 + \beta_1 DAP + \beta_2 DAP^2 + \beta_3 DAP^3 + \beta_4 DAP^4 + \beta_5 DAP^5$

Y = biomassa estimada Ln: logaritmo neperiano;  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$  e  $\beta_5$ : coeficientes dos modelos; DAP: diâmetro da altura do peito; H: altura total; I: idade.

O teste de K-S basicamente compara a frequência acumulativa estimada com a frequência observada. O maior ponto de divergência é o valor de D entre duas distribuições pelo teste de K-S.

$$D_{calc} = \frac{SUP_X |F_{o(x)} - F_{e(x)}|}{n}$$

Em que:

$F_{o(x)}$ : frequência observada acumulada;  
 $F_{e(x)}$ : frequência esperada acumulada; n:  
 Número de observações;  $D_{calc}$ : Valor D calculado.

### Análise estatística dos dados

Com base no inventário florestal, foi determinada a estatística descritiva para o diâmetro e a biomassa seca foi obtida baseado no teor de umidade das amostras, e o conteúdo de nutrientes, pelo produto entre a biomassa seca e o teor de nutrientes, em cada componente das árvores-amostra. O estoque de nutrientes por unidade de área foi estimado pelo produto entre o conteúdo médio de nutrientes em cada componente da biomassa das árvores-amostra e o número de

árvores por hectare.

Para análise estatística foi utilizado o software Sisvar 5.6 (Ferreira, 2011) para realizar o teste Tukey a  $p < 0,05$  de significância, para determinar a diferença entre os macronutrientes e micronutrientes do solo, da casca, folha e serrapilheira. Realizou-se a análise de correlação linear de Pearson (r) calculado e o cálculo da biomassa aérea no Excel 2013, e por fim, os gráficos de balanço de nutrientes foram gerados no software Sigmaplot 10.0. A seleção da melhor equação foi determinada pelo coeficiente de determinação ajustado e coeficiente de variação.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

O solo foi classificado como textura média, mostrando que a área tem pH com acidez elevada e CTC baixa, teores elevados de K, teores muito baixos de P, logo, teores baixos de Ca e Mg (Ribeiro et al., 1999). Na tabela 2, observa-se a análise estatística pelo teste Tukey a 5% de significância dos macronutrientes e micronutrientes em  $t.ha^{-1}$  das espécies *E. urophylla* x *E. grandis* via seminal, clone VM58 e GG100 para solo.

Tabela 2 - Análise granulométrica e características químicas do solo das espécies de *E. urophylla* x *E. grandis* via seminal (VS), clone VM58 e GG100 na área de estudo.

VM 58															
Prof. (cm)	MO %	pH CaCl <sub>2</sub>	P mg/dm <sup>-3</sup>	K mg/dm <sup>-3</sup>	M	V	CO	N	Al	CTC cmol/dm <sup>-3</sup>	Ca cmol/dm <sup>-3</sup>	Mg cmol/dm <sup>-3</sup>	Areia	Silte	Argila
					%										
0-20	0,48	4,07	3,47	7,10	37,79	32,79	0,60	0,09	0,45	3,20	0,39	0,41	75,29	5,16	19,55
20-40	0,80	4,10	3,10	4,49	40,14	22,96	0,60	0,08	0,40	2,48	0,30	0,26	72,51	4,61	22,88
40-60	0,73	4,25	3,10	5,14	24,05	21,91	0,50	0,04	0,17	2,38	0,33	0,17	70,85	3,50	25,66
GG100															
Prof. (cm)	MO %	pH CaCl <sub>2</sub>	P mg/dm <sup>-3</sup>	K mg/dm <sup>-3</sup>	M	V	CO	N	Al	CTC cmol/dm <sup>-3</sup>	Ca cmol/dm <sup>-3</sup>	Mg cmol/dm <sup>-3</sup>	Areia	Silte	Argila
					%										
0-20	0,70	4,20	2,22	19,59	36,23	27,39	0,08	0,09	0,52	3,55	0,59	0,37	65,44	5,57	28,99
20-40	0,57	4,39	2,60	4,87	16,92	45,15	0,08	0,07	0,29	3,50	0,95	0,56	62,11	7,24	30,66
40-60	0,50	4,73	2,60	3,59	2,69	57,21	0,06	0,06	0,04	2,43	0,84	0,43	61,00	8,35	30,66
VS															
Prof. (cm)	MO %	pH CaCl <sub>2</sub>	P mg/dm <sup>-3</sup>	K mg/dm <sup>-3</sup>	M	V	CO	N	Al	CTC cmol/dm <sup>-3</sup>	Ca cmol/dm <sup>-3</sup>	Mg cmol/dm <sup>-3</sup>	Areia	Silte	Argila
					%										
0-20	0,57	4,24	3,22	10,50	29,79	27,67	0,70	0,09	0,47	4,37	0,56	0,62	59,81	7,31	32,88
20-40	0,56	4,40	1,72	6,50	25,06	29,41	0,70	0,09	0,31	3,60	0,43	0,51	58,38	7,63	33,99
40-60	0,46	4,66	1,47	4,66	10,79	38,05	0,60	0,06	0,12	2,99	0,26	0,74	58,38	6,52	35,10

Em que: MO = matéria orgânica em percentagem; pH CaCl<sub>2</sub> = leitura do pH em cloreto de cálcio; P = fósforo em mg/dm<sup>-3</sup>; K = potássio em mg/dm<sup>-3</sup>; M = saturação por alumínio em %; V = saturação pro base em %; CO = carbono orgânico em %; N = teor de nitrogênio em cmol/dm<sup>-3</sup>; Al = teor de alumínio em cmol/dm<sup>-3</sup>; CTC = capacidade de troca catiônica em cmol/dm<sup>-3</sup>; Ca = teor de cálcio em cmol/dm<sup>-3</sup>; Mg = teor de magnésio em cmol/dm<sup>-3</sup>.

Segundo a Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (2004), o teor de matéria orgânica no solo é baixo ( $\leq 2,5$ ); o pH é ácido, o P disponível são muito baixos ( $\leq 5,0$ ;  $\leq 3,0$  mg dm<sup>-3</sup>,

respectivamente); o K trocável é baixo (40 - 120 mg dm<sup>-3</sup>); o Ca e Mg trocáveis são baixos ( $\leq 2,0$  e  $\leq 0,5$  cmolc dm<sup>-3</sup>, respectivamente); a saturação por Al é alta (> 20%) e a saturação por bases é de baixa

a média ( $\leq 20 < 45\%$ ). Com isso, de maneira geral, o solo da área experimental é de baixa fertilidade.

O N do solo obteve o menor valor entre os macronutrientes, sendo explicado por Barreto et al. (2012), que os teores de N tendem a diminuir conforme a idade do povoamento que aumenta por unidade de biomassa, havendo uma eficiência quanto ao uso do N na produção de madeira, além de seu acréscimo na ciclagem biogeoquímica.

O Ca é o segundo elemento com maior taxa nutricional, de acordo com Schumacher et al. (2008), o Ca é devolvido ao solo via serrapilheira e absorvido de maiores profundidades, apresentando alto teor para os clones VM 58, no entanto, os valores para o clone GG 100 e via seminal foram semelhantes.

Os micronutrientes para os compartimentos casca apresentaram valores não significativos entre as espécies de Eucalyptus do trabalho (Tabela 3). O Fe apresentou os maiores valores das espécies entre

os micronutrientes, pois quanto maior a concentração de Fe, menor a concentração de P, seguindo a mesma relação decrescente para o clone VM 58 e o *E. urophylla* x *E. grandis*: Fe > Cu > Mn > Zn > B e para clone GG 100 ficou a sequência Fe > Mn > Cu > Zn > B.

Os estoques de nutrientes nos componentes da biomassa de Eucalyptus sp. nos povoamentos via seminal, clone VM 58 e o clone GG100, em valores absolutos, para macro e micronutrientes, respectivamente são apresentados na tabela 3. Considerando-se os valores médios, os principais componentes da biomassa arbórea em acúmulo de nutrientes foram: folha > casca > serrapilheira; enquanto os nutrientes, apresentaram a seguinte ordem N > Ca > K > Mg > P. A distribuição de nutrientes geralmente difere do padrão observado para a biomassa, o que decorre da grande diferença na concentração de nutrientes entre os componentes (Valente et al., 2016).

Tabela 3 - Teores de nutrientes nos compartimentos casca, folha e serrapilheira das espécies de *E. urophylla* x *E. grandis* via seminal, clone VM58 e GG100 em t.ha<sup>-1</sup>.

CASCA											
Espécies	Macronutrientes (kg.ha <sup>-1</sup> )						Micronutrientes (kg.ha <sup>-1</sup> )				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
V.S.	23,80 <sup>a1</sup>	1,54 <sup>a1</sup>	10,34 <sup>a1</sup>	12,00 <sup>a1</sup>	4,14 <sup>a1</sup>	1,26 <sup>a1</sup>	0,06 <sup>a1</sup>	0,01 <sup>a1</sup>	1,22 <sup>a1</sup>	0,29 <sup>a1</sup>	0,02 <sup>a1</sup>
VM58	8,40 <sup>a2</sup>	2,66 <sup>a1</sup>	14,66 <sup>a1</sup>	14,00 <sup>a2</sup>	12,00 <sup>a2</sup>	0,80 <sup>a1</sup>	0,01 <sup>a1</sup>	0,01 <sup>a1</sup>	0,53 <sup>a1</sup>	0,52 <sup>a1</sup>	0,04 <sup>a1</sup>
GG100	9,80 <sup>a2</sup>	2,74 <sup>a1</sup>	11,00 <sup>a1</sup>	20,66 <sup>a3</sup>	4,10 <sup>a1</sup>	0,80 <sup>a1</sup>	0,03 <sup>a1</sup>	0,01 <sup>a1</sup>	0,37 <sup>a1</sup>	0,24 <sup>a1</sup>	0,02 <sup>a1</sup>
Média	14	2,31	12	15,55	6,74	0,95	0,03	0,01	0,70	0,35	0,02
FOLHA											
Espécies	Macronutrientes (kg.ha <sup>-1</sup> )						Micronutrientes (kg.ha <sup>-1</sup> )				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
V.S.	28,80 <sup>a1</sup>	2,40 <sup>a1</sup>	20,66 <sup>a1</sup>	8,00 <sup>a1</sup>	6,00 <sup>a1</sup>	2,00 <sup>a1</sup>	0,06 <sup>a2</sup>	0,02 <sup>a1</sup>	0,11 <sup>a1</sup>	0,40 <sup>a1</sup>	0,02 <sup>a1</sup>
VM58	8,40 <sup>a2</sup>	1,46 <sup>a2</sup>	10,34 <sup>a2</sup>	12,00 <sup>a3</sup>	4,12 <sup>a1</sup>	1,26 <sup>a1</sup>	0,01 <sup>a1</sup>	0,01 <sup>a1</sup>	0,18 <sup>a1</sup>	0,30 <sup>a1</sup>	0,02 <sup>a1</sup>
GG100	24,74 <sup>a1</sup>	4,66 <sup>a1</sup>	17,00 <sup>a3</sup>	10,00 <sup>a2</sup>	5,06 <sup>a1</sup>	2,26 <sup>a1</sup>	0,02 <sup>a1</sup>	0,02 <sup>a1</sup>	0,11 <sup>a1</sup>	0,66 <sup>a2</sup>	0,03 <sup>a1</sup>
Média	20,64	2,84	16	10,00	5,06	1,84	0,03	0,01	0,13	0,45	0,02
SERRAPILHEIRA											
Espécies	Macronutrientes (kg.ha <sup>-1</sup> )						Micronutrientes (kg.ha <sup>-1</sup> )				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
V.S.	21,46 <sup>a1</sup>	0,94 <sup>a1</sup>	4,00 <sup>a1</sup>	8,00 <sup>a1</sup>	4,00 <sup>a1</sup>	1,60 <sup>a1</sup>	0,06 <sup>a1</sup>	0,02 <sup>a1</sup>	2,14 <sup>a1</sup>	0,42 <sup>a1</sup>	0,04 <sup>a2</sup>
VM58	24,72 <sup>a1</sup>	1,54 <sup>a1a2</sup>	10,34 <sup>a2</sup>	12,66 <sup>a2</sup>	4,20 <sup>a1</sup>	1,26 <sup>a1</sup>	0,06 <sup>a1</sup>	0,01 <sup>a2</sup>	1,20 <sup>a1</sup>	0,30 <sup>a1</sup>	0,02 <sup>a1</sup>
GG100	16,80 <sup>a2</sup>	2,94 <sup>a2</sup>	9,34 <sup>a2</sup>	8,00 <sup>a1</sup>	3,00 <sup>a1</sup>	1,46 <sup>a1</sup>	0,09 <sup>a1</sup>	0,04 <sup>a1</sup>	1,91 <sup>a1</sup>	0,70 <sup>a2</sup>	0,02 <sup>a1</sup>
Média	20,99	1,80	7,89	9,55	3,73	1,44	0,07	0,02	1,75	0,47	0,02

\*As médias seguidas pela mesma letra da coluna não diferem de acordo com o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Para o compartimento casca, os macronutrientes apresentaram diferença significativa entre as espécies de clones VM58 e GG100 para Ca com 14,0 e 20,6 t.ha<sup>-1</sup>, sendo o nutriente que mais acumula neste compartimento, por isso é importante que durante a colheita as árvores sejam descascadas na área, garantido a economia de nutrientes para o solo.

O Mg diferiu apenas para o clone VM 58 obtendo 12,0 t.ha<sup>-1</sup>, em uma pesquisa realizada com *E. camaldulensis* com 6 anos de idade encontrou maiores teores de Ca e Mg para o componente casca (Zaia e Gama-Rodrigues, 2004). O N, onde encontrou a maior taxa nutricional pode ser observado no clone GG100 com 23,80 t.ha<sup>-1</sup>. Então segue a seguinte relação: N > Ca > K > Mg > P > S. Os

resultados do trabalho não foram os mesmos de acordo com Gatto et al. (2014), onde as relações da quantidade de nutrientes foram:  $Ca > K > N > Mg > P > S$ , com os respectivos valores  $0,0498 > 0,03579 > 0,01668 > 0,00663 > 0,00165 > 0,00164$  t.ha<sup>-1</sup> em *E. urophylla* x *E. grandis* aos 5 anos. Os mesmos resultados não corroboraram com os de Vieira et al. (2013) em *E. urophylla* x *E. globulus* de 48 meses.

Para os micronutrientes, a relação da quantidade dos nutrientes é:  $Fe > Mn > B > Zn > Cu$ , salientando que na análise estatística não houve diferença significativa entre os micronutrientes (Tabela 3). Já para Guimarães et al. (2015), os resultados não foram semelhantes com o presente trabalho, com a seguinte quantidade de nutrientes:  $Mn > Fe > B > Zn > Cu$  em *Eucalyptus dunnii* de 48 meses

Para o clone VM 58, houve uma diferença significativa no P e Ca, com 1,46 e 12 t.ha<sup>-1</sup>, respectivamente, onde o maior valor é observado no Ca e na mesma espécie, um menor valor para o P, com a relação da quantidade de nutrientes:  $N > K > Ca > Mg > P > S$ . Nos micronutrientes a única diferença significativa foi para o Mn, onde o clone GG100 obteve o maior valor com 0,66 t.ha<sup>-1</sup>, e a sua relação de nutrientes:  $Mn > Fe > B > Zn > Cu$ .

De acordo com Scheer (2008), os macronutrientes K e Mg das folhas apresentam uma taxa com maior velocidade de ciclagem no ecossistema, onde esses foram depositados pela própria vegetação. Os resultados do trabalho não assemelharam com os de Matos et al. (2012) para as espécies de *E. grandis* x *E. urophylla*, *E. grandis* x *E. pellita*, *E. grandis* x *E. Urophylla* e *E. camaldulensise* aos 17 meses de idade.

Os macronutrientes obtiveram diferença significativa para P e Ca, onde 2,94 t.ha<sup>-1</sup> para o P no clone GG100 é o maior valor, e para Ca 12,66 t.ha<sup>-1</sup> para o clone VM58, a quantidade por ordem decrescente:  $N > Ca > K > Mg > S > P$  (Tabela 4). Já para os micronutrientes a diferença significativa é observada no Cu, Mn e Zn, e sua relação de quantidade em ordem decrescente:  $Fe > Mn > B > Zn > Cu$ .

Viera et al. (2013) estudando o conteúdo de nutrientes na serrapilheira acumulada em *E. grandis*, encontrou valores médios para as concentrações de K e Ca bastante superiores aos encontrados no presente estudo, sendo: 10,46 e 19,73 g.kg<sup>-1</sup>, respectivamente. O Ca apresentou o segundo maior teor entre os macronutrientes, explicado pela sua baixa mobilidade no tecido vegetal, sendo determinante para maior quantidade na ciclagem deste nutriente durante a queda das folhas e pela decomposição no solo.

De acordo com Alvarez et al. (2007), o S possui

alta concentração na serrapilheira, principalmente em folhas mais velhas por estar nelas retido, sendo incorporado aos esqueletos carbônicos, Assim como o Mg e Ca, há uma capacidade de distribuição baixa, por se concentrarem em tecidos mais velhos, mas o trabalho não corroborou com a afirmação de Lima et al. (2011).

O micronutriente B foi o terceiro com maior valor encontrado no trabalho, onde este se assemelha com o trabalho de Pérez et al. (2013). O fato de o B ser o terceiro elemento com maior concentração na serrapilheira é devido a limitação de sua mobilidade (Caldeira et al., 2007) ou até mesmo a imobilidade deste elemento no tecido vegetal (Kirby & Römheld, 2007), ocorrendo a contribuição do acúmulo do B em folhas mais velhas. No trabalho o Zn é o um dos elementos que apresenta menor concentração na serrapilheira, considerando o elemento com baixa mobilidade em relação ao B.

O Cu foi o microelemento que ocorreu em menor concentração na serrapilheira em relação aos outros elementos, devido a ser considerado pouco móvel na planta. (Kirby e Römheld, 2007). É importante frisar que a concentração nutricional de cada indivíduo sofre alteração em função da idade, características nutricionais e nível de fertilidade do solo (Schumacher e Poggiani 1993).

Com base na análise de regressão, foram estimadas as equações com melhores ajustes e menores erros para a estimativa da biomassa por compartimento do *Eucalyptus* (Tabela 4). As equações obtidas com a análise de regressão apresentaram coeficiente de determinação ajustado acima de 39% e baixo erro padrão das estimativas variando de 0,42 a 29,85, tendo demonstrado, com isso, boa predição das variáveis analisadas. Com ajuste das equações, a maior biomassa aérea foi encontrada para o *E. urophylla* x *E. grandis* via seminal totalizando 24,806 t.ha<sup>-1</sup> e o menor rendimento de biomassa foi constatado no clone VM 58 com 13,09 t.ha<sup>-1</sup>. A representatividade em ordem decrescente para biomassa aérea foi: fuste > serrapilheira > folhas.

De acordo com os resultados obtidos para o teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov, mostrou-se que as equações são adequadas para estimar a biomassa aérea de fuste e folhas, aceitando a hipótese de normalidade ( $H_0$ ), em que, os dados estimados se ajustaram aos modelos para determinação da biomassa dos compartimentos, onde os valores críticos bilaterais calculados a 5% e 1% de significância encontrados foram 0,409 e 0,489 para as três espécies de *Eucalyptus*: o *E. urocan* (VM 58), *E. urograndis* (GG 100) e *E. urograndis* via seminal, sendo que os valores tabelados foram iguais aos valores críticos calculados.

Tabela 4 - Coeficientes das regressões e estatísticas dos compartimentos fuste e folhas para os clones VM 58, GG 100 e seminal.

Clone	Comp	N°	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\beta_5$	CV	Raj <sup>2</sup>	Syx%	
VM 58	Fuste	1	5,064	-14,955					3,40	0,11	0,42	
		2	32280,347	-4263,183	138,395	168,900	-5,481	-1276,438	33,8	0,74	19,72	
		3	-68096,137	18237,368	-1815,101	79,606	-1,298			24,6	0,39	26,89
		4	-586795,470	191671,870	-24917,381	1611,937	-51,904	0,665		24,9	0,40	29,85
	Folhas	1	6,860	-52,784					14,22	0,71	0,34	
		2	-7781,552	991,542	-30,803	-38,848	1,215	304,190	45,30	0,67	17,66	
		3	84012,019	-22249,333	2194,728	-95,554	1,549		44,45	0,64	16,37	
		4	-238855,744	85706,097	-12185,435	858,255	-29,950	0,414	44,64	0,65	18,16	
GG 100	Fuste	1	7,734	-52,343					18,39	0,82	0,36	
		2	-4197,628	606,017	-20,887	-30,359	1,071	208,551	58,37	0,85	23,27	
		3	-8276,551	2369,059	-250,366	11,584	-0,196		58,11	0,85	21,34	
		4	371740,015	-142788,859	21749,584	-1641,703	61,398	-0,910	59,43	0,88	20,63	
	Folhas	1	2,326	11,653					5,05	0,04	0,81	
		2	-398,090	71,491	-3,376	-1,868	0,101	10,532	33,86	0,64	10,75	
		3	-22442,444	6814,523	-769,088	38,283	-0,709		38,31	0,82	6,76	
		4	56026,916	-23159,035	3773,666	-303,102	12,009	-0,187	38,75	0,84	7,14	
Via Seminal	Fuste	1	7,370	-40,693					12,29	0,78	0,31	
		2	-5791,911	840,545	-29,769	-32,462	1,172	223,045	52,32	0,91	23,98	
		3	5998,898	-1800,329	198,284	-9,455	0,166		49,83	0,83	30,34	
		4	-104764,718	36291,880	-4996,026	341,627	-11,596	0,156	50,04	0,84	33,21	
	Folhas	1	5,636	-30,344					11,79	0,54	0,40	
		2	506,365	-60,751	1,912	4,137	-0,127	-32,486	37,11	0,50	20,18	
		3	18556,181	-5153,334	529,182	-23,786	0,395		42,37	0,65	15,04	
		4	116599,885	-38871,097	5126,987	-334,551	10,807	-0,138	43,84	0,70	15,66	

Em que:  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$  e  $\beta_5$ : Coeficientes dos modelos; CV: coeficiente de variação (%); Raj<sup>2</sup>: coeficiente de determinação ajustado; Syx: erro padrão da estimativa (%).

Paes et al. (2013) na pesquisa realizada sobre a estimativa da biomassa de *E. globulus* encontrou um valor para biomassa aérea do fuste de 57.576 kg.ha<sup>-1</sup> seguido das folhas com 10.539 kg.ha<sup>-1</sup> e resalta que a distribuição da biomassa varia de acordo com a espécie, idade, sítio e condições ambientais. Neste trabalho, encontrou inferiores para fuste e folhas nos clones avaliados (Figura 1). Em trabalho realizado por Vieira et al. (2012) sobre biomassa e nutrientes em povoamento de *E. urograndis* com 18

meses na Serra do Sudeste-RS encontrou para fuste 6.843,7 e folhas 3.943 kg.ha<sup>-1</sup> biomassa seca da parte aérea, sendo resultados inferiores ao mostrando acima, podendo ser explicado pela idade do plantio estudado ser de 84 meses.

O *E. urophylla* x *E. grandis* via seminal destacou-se entre os demais clones obtendo maior biomassa aérea e melhor teor nutricional para ambos os compartimentos, isso pode ser explicado pela qualidade do sítio e o tipo do material genético.

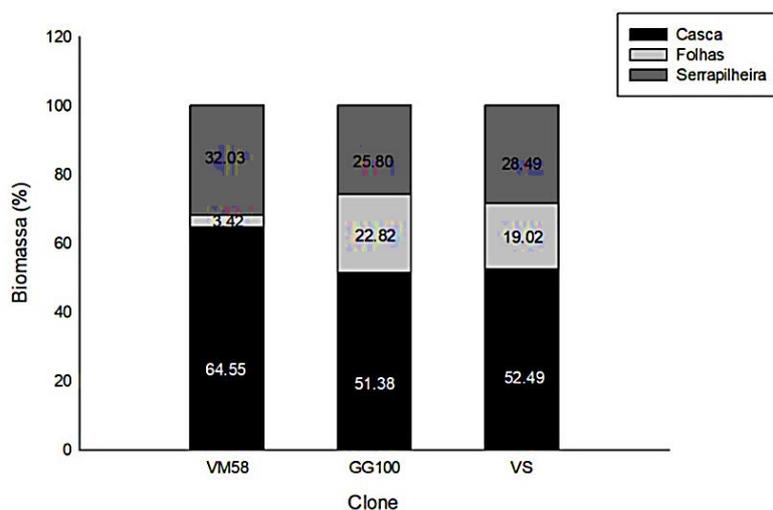


Figura 1 - Percentual de biomassa aérea por compartimento e por clone analisado.

Tal comportamento é explicado pelo avanço da idade, os plantios clonais estabilizam o crescimento em altura e diâmetro, por serem geneticamente iguais. Essa característica possibilita ter maior controle na qualidade da madeira para o produto final, controla a incidência de pragas e doenças, enquanto os plantios por sementes continuam crescendo, tendo maior variabilidade, obtendo árvores heterogêneas e algumas com maior produção.

Vale ressaltar que, a produção de biomassa florestal é influenciada pela distribuição de chuvas na região, logo interfere na disponibilidade de água no solo, e também na disponibilidade de nutrientes das plantas, consequentemente, melhora o

transporte de nutrientes do solo para as plantas e aumentando a biomassa (Selle et al., 2010).

Se considerarmos os valores médios para os povoamentos com 7 anos de idade, a serapilheira acumulada representou 42 % do Ca, 22,85% do Mg, 44 % do N, 5,58% do P e 27,91 % do K, estocados na casca do tronco (Tabela 5). Verifica-se que os estoques na serapilheira são mais expressivos para nutrientes com baixa mobilidade no tecido vegetal. De acordo com Valente et al. (2016), a ciclagem interna é um importante processo para a manutenção dos nutrientes no interior da planta, e é mais importante para nutrientes como N, P, K e Mg, e menos importante para Ca, S e micronutrientes.

Tabela 5 - Valores percentuais de Macro e Micronutrientes por espécie e por compartimento.

Espécies	Macronutrientes				Micronutrientes						
	N%	P%	K%	Ca%	Casca						
	N%	P%	K%	Ca%	Mg%	S%	B%	Cu%	Fe%	Mn%	Zn%
V.S.	44.84	2.90	19.48	22.61	7.80	2.37	3.75	0.63	76.25	18.13	1.25
VM 58	15.99	5.06	27.91	26.66	22.85	1.52	0.90	0.90	47.75	46.85	3.60
GG 100	19.96	5.58	22.40	42.08	8.35	1.63	4.48	1.49	55.22	35.82	2.99
	Folha										
	N%	P%	K%	Ca%	Mg%	S%	B%	Cu%	Fe%	Mn%	Zn%
V.S.	42.44	3.54	30.45	11.79	8.84	2.95	9.84	3.28	18.03	65.57	3.28
VM 58	22.35	3.89	27.51	31.93	10.96	3.35	1.92	1.92	34.62	57.69	3.85
GG 100	38.83	7.31	26.68	15.69	7.94	3.55	2.38	2.38	13.10	78.57	3.57
	Serrapilheira										
	N%	P%	K%	Ca%	Mg%	S%	B%	Cu%	Fe%	Mn%	Zn%
V.S.	53.65	2.35	10.00	20.00	10.00	4.00	2.24	0.75	79.85	15.67	1.49
VM 58	45.18	2.81	18.90	23.14	7.68	2.30	3.77	0.63	75.47	18.87	1.26
GG 100	40.44	7.08	22.48	19.26	7.22	3.51	3.26	1.45	69.20	25.36	0.72

Considerando-se os valores médios, os principais componentes da biomassa arbórea em acúmulo de nutrientes foram: folha > casca > serrapilheira; enquanto os macronutrientes, apresentaram a seguinte ordem N > Ca > K > Mg > P > S e para os micronutrientes a ordem foi: Fe > Mn > B > Zn > Cu. A distribuição de nutrientes geralmente difere do padrão observado para a biomassa, o que decorre da grande diferença na concentração de nutrientes entre os componentes (Valente et al., 2016). O principal exemplo disso são as folhas, consideradas o centro metabólico da planta, é o componente com a maior concentração para a maioria dos nutrientes (Medeiros et al., 2016), e geralmente, apresentam o menor acúmulo de biomassa, principalmente em povoamentos adultos.

Os macronutrientes e micronutrientes presentes em menores quantidades relativas na folha e serrapilheira do tronco foram os mais abundantes na casca do tronco, o que é amplamente relatado na literatura científica para *Eucalyptus spp* (Dias et

al., 2015; Witschoreck e Schumacher, 2015; Medeiros et al., 2016; Dick et al., 2016). A casca, por ter representado os maiores valores médios de biomassa nos povoamentos com 7 anos de idade, acumulou valores entre 22,61 a 42,08 % do Ca, 7,8 a 22,85 % do Mg, 19,48 a 22,4 % do K, 2,9 a 5,58% do P e 15,99 a 44,84 % do N.

A distribuição dos nutrientes nos componentes da árvore tem grande importância na nutrição de povoamentos florestais manejados em rotações sucessivas, pois o manejo intensivo pode aumentar significativamente a produção de biomassa, aumentando também a exportação de nutrientes do sítio (Vieira et al., 2014; Schumacher et al., 2013). A figura 2 representa o balanço nutricional para macronutrientes do sistema solo-folha-casca-serrapilheira ao serem retirados do solo no momento da colheita. Mostrando que, ambos os clones VM 58, GG 100 e o *E. urophylla* x *E. grandis* via seminal apresentariam déficit de N, P e K ao retirar as cascas, folhas e serrapilheira do solo.

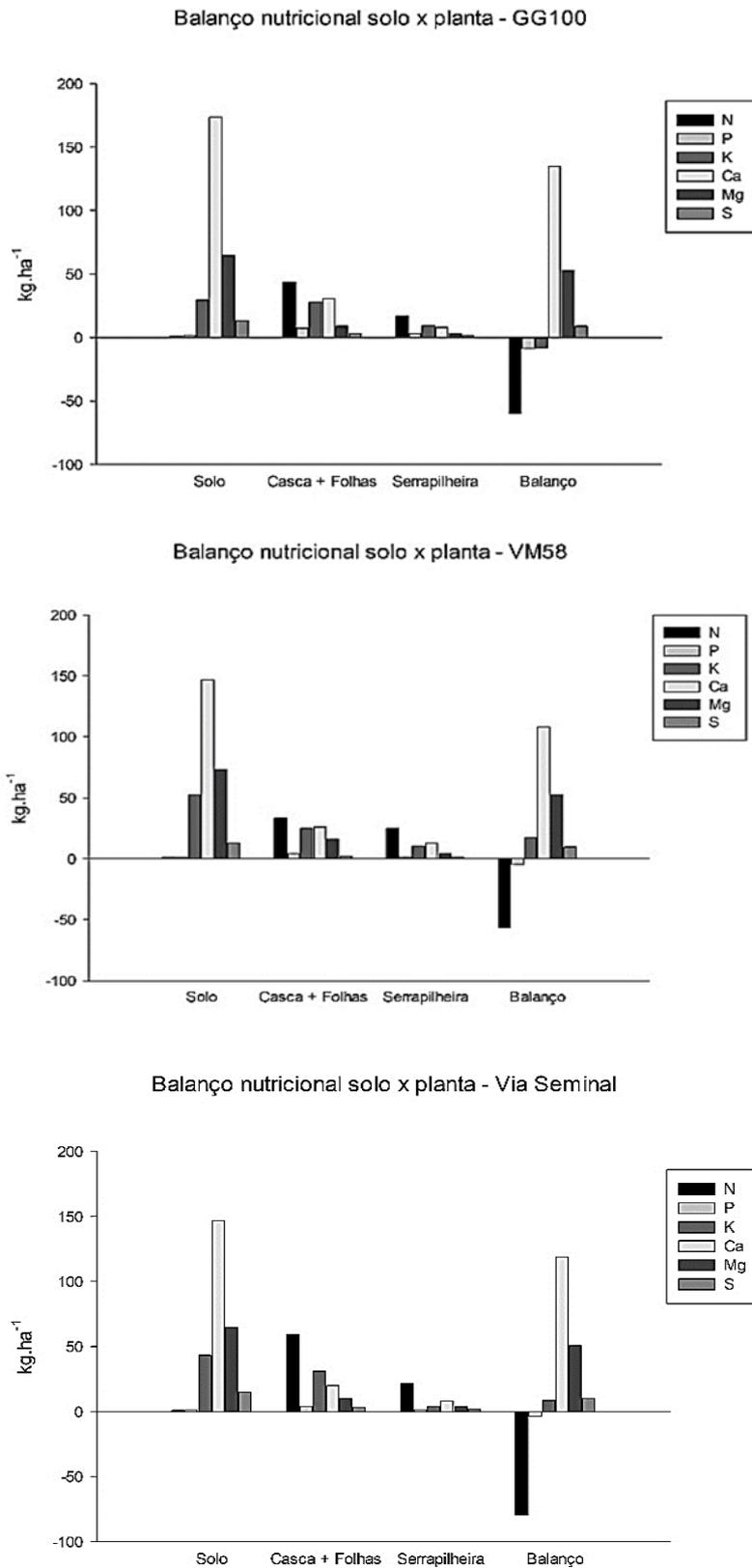


Figura 2: Balanço nutricional para os macronutrientes do sistema solo, casca+folhas e serrapilheira para as diferentes espécies de Eucalyptus.

Observa-se que, mesmo a fração folhas apresentando a menor biomassa, ela contém elevado estoque de nutrientes, como, por exemplo, de N (66 kg. ha<sup>-1</sup>). O balanço foi negativo para o N, K e o P para o VM 58 e o GG100, devido a maior reserva de nutrientes encontrava-se no solo do que absorvido pela planta. No contexto geral, mesmo com saldo positivo para alguns nutrientes seu estoque não seria suficiente para suportar um novo ciclo florestal, necessitado de adubação.

Os demais nutrientes ficariam com saldo positivo no solo no balanço final, por isso, a importância do manejo correto dos plantios de *Eucalyptus spp* para que não esgotem o solo, mas que possa beneficiá-lo, para isso a necessidade de deixar os resíduos (galhos, folhas e casca) do plantio na área.

## CONCLUSÕES

A quantidade de serrapilheira e nutrientes aportados demonstra a importância desta via para ciclagem de nutrientes e para a manutenção da produtividade nas áreas florestais. Sendo que o maior acúmulo de nutrientes é no compartimento folhas que também é a responsável por maior parte do retorno de nutrientes via serrapilheira.

O *E. urophylla* x *E. Grandis* via seminal apresentou maior biomassa aérea com 24,08 t.ha<sup>-1</sup>, e o menor rendimento de biomassa foi obtido pelo clone VM 58 com 13,09 t.ha<sup>-1</sup>. A representatividade média em ordem decrescente para biomassa aérea para ambas as espécies de *Eucalyptus* foi: fuste (55%) > serrapilheira (29%) > folhas (16%).

A biomassa aérea mostrou-se alocada principalmente na casca e também com os maiores estoques de nutrientes, apresentando composição química distinta, sendo geralmente maiores nas folhas e na serrapilheira.

No solo obteve-se os maiores valores para K e Fe porém, não houve diferença significativa para os nutrientes entre as espécies de *Eucalyptus*. Somente o Ca obteve maior valor diferindo dos demais nutrientes. O compartimento folha, obteve diferença significativa para os clones VM 58 e GG 100, destacando P, Ca e Mn, sendo que os observados com maior concentração de nutrientes foram o N e Mn. Em relação a serrapilheira houve diferença significativa para o P, Ca e Cu e obteve-se maiores quantidades de nutrientes para N e Fe.

A sequência para macronutrientes para os compartimentos folhas em ordem decrescente foi N>K>Ca>Mg>P>S, enquanto que para micronutrientes foi Mn>Fe>B>Zn>Cu.

Os modelos lineares ajustados e testados nos 3 clones para os compartimentos fuste e folhas com até cinco coeficientes (todos com valores de Raj<sup>2</sup>

acima de 33% e valores menores de 20 para Syx%) indicaram boa predição das variáveis analisadas e o teste de K-S indicou que os modelos selecionados são compatíveis para determinar a biomassa aérea

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez V, Roscoe VH, Roscoe R, Kurihara CH, Pereria NF. Enxofre. In: Novais et al. Ed. Fertilidade do Solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.595-644.
- Angeli A. Indicações para escolha de espécies de *Eucalyptus*. IPEF – Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. 2004. Disponível em: Acesso em: julho. 2020.
- Arevalo LA, Alegre JC, Montoya LJ. Metodologia para estimar o estoque de carbono em diferentes sistemas de uso da terra. Documento 73– Colombo: EMBRAPA Florestas, 2002.
- Barreto PAB, Gama-Rodrigues AC, Gama-Rodrigues EF, Barros NF. Nitrogen balance in soilun de *Eucalyptus* plantations. Revista Brasileira Ciência do Solo, v.36, p.1239-1248, 2012.
- Caldeira MVW, Marques R, Soares RV, Balbinot R. Quantificação de serrapilheira e de nutrientes – Floresta Ombrófila Mista Montana – Paraná. Revista Acadêmica, Curitiba, v.5, n.2, p.101-116, 2007. <http://dx.doi.org/10.7213/ciencianimal.v5i2.9720>
- Carneiro MAC, Edicarlo DS, Reis EF, Hamilton SP, Watson RA de. Atributos físicos, químicos e biológicos de Solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. Revista Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa, v.33, n.1, p.147-157, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832009000100016>
- Comissão de química e fertilidade do solo- RS/SC. Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Porto Alegre, SBSC, 2004. 400p.
- De Carvalho RR, Guimarães CC do, Silva JCM da, Momolli DR. Estoque de biomassa e de nutrientes em um povoamento do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* no Bioma Pampa-RS. Revista Ecologia e Nutrição Florestal-ENFLO, v.3, n.3, p.71-81, 2015. <http://dx.doi.org/10.5902/2316980X18275>
- Dias LPR, Gatiboni LC, Brunetto G, Simonete BB. Eficiência relativa de fosfatos naturais na adubação de plantio de mudas de *Eucalyptus dunnii* Maiden e *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage em solo sem e com calagem. Ciência Florestal, v.25, n.1, p.37-48, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/1980-509820152505037>
- Dick G, Momolli DR, Santos JC dos, Ludvichak AA, Guimarães CC, Souza, HP de. Quantificação da biomassa e nutrientes em um povoamento de *Eucalyptus dunnii* Maiden estabelecido no bioma Pampa. Ecologia e Nutrição Florestal, v.4, n.1, p.01-09, 2016. <http://dx.doi.org/10.5902/2316980X20589>
- Ferreira MGM. An Analysis of future productivity of *Eucalyptus grandis* plantation in Cerrado region in Brazil a nutrient cycling approach. Vancouver: University of British Columbia. p.230.1984.

- Ferreira DF. Sisvar: A computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, nov./dez. 2011.
- Filizola HF, Gomes MAF, Souza MD. Manual de procedimentos de coleta de amostras em áreas agrícolas para análise da qualidade ambiental: solo, água e sedimentos - Jaguaruina: EMBRAPA Meio ambiente, 2006.
- Gama-Rodrigues AC, Gama-Rodrigues EF, Barros NF. Balanço de carbono e nutrientes em plantio puro e misto de espécies florestais nativas no sudeste da Bahia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, n.3, p.1165-1179, junho, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000300025>
- Gatto A, Bussinguer AP, Ribeiro FC, Azevedo GB de, Bueno MC, Monterio MM, Souza PF de. Ciclagem e balanço de nutrientes no sistema de *Eucalyptus* sp., no Distrito Federal. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.38, p.879-887, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000300019>
- Guimarães CC, Schumacher MV, Witshoreck J, Souza HP, Santo JC. Biomassa e nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus dunnii* Maiden no pampa gaúcho. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.39, n.5, p.873-882, 2015. <https://doi.org/10.1590/0100-67622015000500010>
- Ikpe FN, Owoeye LG, Gichuru MP. Nutrient recycling potential of *Tephrosia candida* in cropping systems of south-eastern Nigeria. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v.67, p.129-136, 2003. <https://doi.org/10.1023/A:1025591719556>
- IPEF- Instituto De Pesquisa E Estudos Florestais. Pesquisa florestal no Brasil: Tecnologia de produtos florestais. Disponível em: [http://www.ipef.br/mct/MCT\\_04.htm](http://www.ipef.br/mct/MCT_04.htm). Acesso em: 28 dez. 2018.
- Kirkby EA, Römheld V. Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções absorção e mobilidade. *Informações Agrônomicas*, n.118, p.1-24, 2007.
- Lima RLS de, Severino LS, Cazetta JO, Azevedo CAV. de.; Sofiatti V, Arriell NHC. Redistribuição de nutrientes em folhas de pinhão manso entre estádios fenológicos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental [online]*, v.15, n.11. 2011. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662011001100010>
- Lima NL, Silva Neto CM, Calil FN, Souza R, de Moraes DC. Acúmulo de serapilheira em quatro tipos de vegetação no estado de Goiás. *Enciclopédia Biosfera*. v.11, n.22, p.39-46. Goiânia-GO. 2015. [https://doi.org/10.18677/Enci-Bio\\_2018A1](https://doi.org/10.18677/Enci-Bio_2018A1)
- Matos GSB de, Silva GR, Gama MAP, Vale RS, Rocha EC da. Desenvolvimento inicial e estado nutricional de clones de eucalipto no nordeste do Pará. *Revista Acta Amazonica*. v.42, n.4, 2012, p.491-500. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672012000400006>
- Medeiros WN, Melo CAD, Tiburcio RAS, Silva GS da, Machado AFL, Santos LDT, Ferreira FA. Crescimento inicial e concentração de nutrientes em clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* sob interferência de plantas daninhas. *Ciência Florestal*, v.26, n.1, p.147-157, 2016. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509821099>
- Oliveira AC, Weiss D, Pinto LS, Reissmann CB. Procedimentos de coleta para análise foliar de essências florestais (araucária, erva-mate, palmito, eucalipto, pinus). Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Projeto de Extensão Universitária Solo Planta, 2001. (Folder).
- Paes FASV, Lima AMN, Hakamada NF de B, Barros NF. Effect of harvest residues management, soil tillage and fertilization on eucalyptus productivity. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.37, n.4, p.1081-1090, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832013000400025>
- Pérez C, Frangi JL, Goya JF, Luy A, Arturi MF. Contenido de nutrientes en las raíces finas y el mantillo de rodales de *Eucalyptus grandis* de diferente edad en la Mesopotamia Argentina. *Bosque (Valdivia)*, v.34, n.3, p.303-310, 2013. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002013000300006>
- Ribeiro AC; Guimarães PTG, Alvarez VH. (ed.). Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação. Viçosa: CFSEMG, 359p. 1999.
- Sarruge JR, Haag HP. Análises químicas em plantas. Piracicaba: Esalq. 1974.
- Scheer MB. Decomposição e Liberação de Nutrientes da Serapilheira Foliar em um Trecho de Floresta Ombrófila Densa Aluvial em Regeneração, Guaraqueçaba (PR). *Floresta, Curitiba, PR*, v.38, n.2, abr./jun, 2008. <http://dx.doi.org/10.5380/RF.v38i2.11620>
- Schumacher MV. Ciclagem de nutrientes como base da produção sustentada em ecossistema florestais. In: simpósio sobre ecossistemas naturais do Mercosul: o ambiente da floresta. Santa Maria. Anais. Santa Maria: UFSM-CEPEF, p.65-77. 1996.
- Schumacher MV, Witschoreck R, Calil FN. Biomassa em povoamentos de *Eucalyptus* spp. de pequenas propriedades rurais em vera cruz, RS. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v.21, n.1, p.17-22, mar., 2011. <http://dx.doi.org/10.5902/198050982743>
- Schumacher MV, Poggiani F. Produção de biomassa e remoção de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, *Eucalyptus grandis* Hillex Maiden e *Eucalyptus torelliana* F. Muell, plantados em Anhembi, SP. *Ciência Florestal*. v.3. p.21-34. 1993.
- Schumacher MV, Vieira M, Witschoreck R. Produção de serapilheira e transferência de nutrientes em área de segunda rotação com floresta de *Pinus taeda* L. no município de Camará do Sul, RS. *Ciências Florestais*, Santa Maria, v.18, n.4, out.-dez., 2008. <https://doi.org/10.5902/19805098431>
- Schumacher MV, Correa RS, Vieira M, Araujo EF de. Produção e decomposição de serapilheira em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus* maidenii. *Cerne*, v. 19, n. 3, p. 501-508, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0104-77602013000300018>
- Selle GL. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais. *Bioscience Journal*. Uberlândia, v.23, n.4, p.29-39, out/dez 2010.
- SEPLAN. Secretária do Planejamento e Orçamento (Seplan), 2012. Disponível em: [www.seplan.gov.br/ZEE/TO/atras\\_do\\_tocantins](http://www.seplan.gov.br/ZEE/TO/atras_do_tocantins) Acesso: 11/02/2019.
- Valente ML, Schumacher MV, Corrêa RS, Araújo EF, Trüby P. Quantification of nutrients in the rainfall in a *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus* subsp. maidenii

plantation, Eldorado do Sul, RS. Scientia Forestalis, v.44, n.109, p.249-259, 2016. <https://doi.org/10.18671/sci-for.v44n109.24>

Vieira M, Backes KS, Kanieski MR, Chassot T, Souto L, Vieira M. Dinâmica nutricional em um povoamento híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus* em Eldorado do Sul-RS, Brasil. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria (Tese de Doutorado). 119p. 2012.

Vieira M, Scumacher MV, Trüby P, Araújo EF de. Biomassa e nutrientes em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus*, em Eldorado do Sul-RS. Revista Ecologia e Nutrição Florestal-ENFLO, v.1, n.1, p.1-13, 2013. <https://doi.org/10.1590/0100-67622015000500010>

Vieira M, Scumacher MV, Araújo EF, Corrêa RS, Caldeira MVW. Deposição de serapilheira e nutrientes em plantio de *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus*. Floresta e Ambiente, v.21, n.3, p.327-338, 2014. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.053913>

Witschoreck R, Schumacher MV. Nutrient allocation in *Eucalyptus saligna* Sm. stands in the region of Guaíba-Rio Grande do Sul. Cerne, v.21, n.4, p.625-632, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/01047760201521041963>

Zaia FC, Gama-Rodrigues AC. 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. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832004000500007>