



Estoque de biomassa e de nutrientes em um povoamento do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* no Bioma Pampa – RS¹

Renata Reis de Carvalho²; Claudiney do Couto Guimarães³; Júlio Cesar Medeiros da Silva⁴; Dione Richer Momolli⁵

Resumo: O presente estudo teve como objetivo estimar o estoque de biomassa e de nutrientes em um povoamento do híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, aos 4,5 anos de idade, para isso, foram instaladas aleatoriamente quatro parcelas com dimensões de 21,0 m x 27,5 m. A partir da distribuição diamétrica do povoamento foram determinadas quatro classes de diâmetro e em cada classe foram amostradas três árvores (limite inferior, central e limite superior). Para estimar a biomassa das raízes a coleta foi realizada na área útil das árvores do limite central de cada classe. Após a amostragem e a identificação de cada componente da biomassa, estas foram encaminhadas para o laboratório, onde foram secas, pesadas, moídas e analisadas quimicamente. Os resultados encontrados a partir das análises foram: para a estimativa de biomassa total: 75 Mg ha⁻¹, com a seguinte proporção: madeira (61,2%), raiz (15,4%), galhos (10,2%), casca (7,7%) e folhas (5,5%). Salienta-se que a biomassa se encontra predominantemente alocada no fuste (68,9%). Cabe ressaltar que, em média, o acúmulo de nutrientes foi maior na madeira, seguido pelas folhas, raízes, galhos e cascas, apresentando a seguinte magnitude: Ca > K > N > Mg > S > P, com a maior quantidade de Ca alocada no fuste. A partir disso, entende-se que o estoque de nutrientes na biomassa foi elevado em relação ao solo de baixa fertilidade natural.

Palavras - chave: Ciclagem de nutrientes; Nutrição florestal; Matéria orgânica.

Stock of biomass and nutrient in a stand of hybrid *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* in Pampa Biome - RS

Abstract: This study aimed to estimate the stock of biomass and nutrients in a hybrid stand of *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, with 4.5 years old. In order to estimate the biomass, four plots with dimensions of 21.0 m x 27.5 m were randomly allocated. From the diameter distribution of the stand were determined four diameter classes and in each class were sampled three trees (lower, middle and top limits). To estimate the roots biomass, the collection was held in the useful area of the trees of the central limit of each class. After sampling and identification of each biomass component, they were sent to the laboratory where they were dried, weighed, ground and carried the chemical analysis. The estimated total biomass was 75 Mg ha⁻¹ with the following proportions: wood (61.2%), root (15.4%), branches (10.2%), bark (7.7%) and leaves (5.5%). The biomass is predominantly allocated to the stem (68.9%). On average, the accumulation of nutrients was higher in the wood, followed by the leaves, roots, branches and bark. The accumulation of nutrients presented the following scale: Ca > K > N > Mg > S > P, with the higher amount of Ca allocated to the stem. The stock of nutrients in the biomass was high in relation to the low fertility soil.

Keywords: Nutrient cycling; Forest nutrition; Organic matter.

¹ Recebido em 08.06.2015 e aceito para publicação como **artigo científico** em 15.12.2015.

² Engenheira Florestal. M.Sc. Doutoranda em Ciências Florestais. Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), Bolsista FAPEAM. E-mail: <renatacarvalho88@gmail.com>.

³ Engenheiro Florestal, Dr. E-mail: <claudiney.guimaraes@storaenso.com>.

⁴ Engenheiro florestal, Dr. E-mail: <julio.medeiros@storaenso.com>.

⁵ Acadêmico, Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), E-mail: <dionemomolli@gmail.com>.

Introdução

O Brasil possui 7,6 milhões de hectares de áreas plantadas sendo elas de eucalipto, pinus e demais espécies, desse total, 72,0% representam plantios de eucalipto, com 5.473.176 hectares de área ocupada pela espécie. A importância desses plantios para fins industriais está diretamente ligada ao aspecto econômico, em virtude da sua flexibilidade de usos e diversidade de espécies, beneficiando a cadeia produtiva no cenário brasileiro (IBÁ, 2014).

Atualmente, a biomassa de base florestal representa 15,8%, gerando anualmente cerca de 41 milhões de toneladas de resíduos de madeira vindos da área industrial madeireira e da colheita florestal (ABRAF, 2013). A partir da compartimentalização da biomassa acumulada nos diferentes estratos e a quantificação de nutrientes que se movimentam entre os seus componentes, através da produção de serapilheira, sua decomposição, sua lixiviação, entre outros, é possível entender a ciclagem dos nutrientes e a manutenção da capacidade produtiva dos solos (POGGIANI e SCHUMACHER, 2005).

A produção de biomassa pode ser afetada pelos seguintes fatores: espécie, material genético, tipo de solo, disponibilidade hídrica, disponibilidade de nutrientes, espaçamento, luz e temperatura (TAIZ e ZEIGER, 2002). Em razão disso as estimativas de biomassa podem variar intensamente de acordo com a qualidade e disponibilidade de recursos do sítio, que influenciam na fotossíntese, na produção de folhas, na respiração, na nutrição, entre outros (RYAN et al., 2010).

A utilização de técnicas de manejo incorretas vem causando preocupações com relação à conservação e à produtividade do sítio em rotações sucessivas, uma vez que o setor florestal, em seu crescimento tende a ocupar solos de baixa fertilidade natural, como é o caso da região sul do Estado do Rio Grande do Sul. Sendo assim, nestes solos seria recomendável utilizar espécies com grande capacidade de utilização de nutrientes que proporcionem a maior produção de biomassa (SILVA et al.,

1983). Com os avanços tecnológicos, os híbridos de eucalipto foram adaptados para tolerarem diversas condições edafoclimáticas favorecendo seu uso e sua produção nas empresas do setor florestal. Por esta razão, são importantes os estudos ligados à ciclagem de nutrientes e à eficiência nutricional na produção de biomassa de eucalipto (PINTO et al., 2011).

Devido ao aumento da implantação de povoamentos em solos de baixa fertilidade natural, estudos sobre o estoque de biomassa e nutrientes nesses locais é de grande importância, pois possibilitam prever situações que poderão ser críticas a médio e a longo prazo, tanto em relação à produtividade, quanto em relação as características do solo (SCHUMACHER et al., 2008). Ressalta-se, por fim, que o objetivo do presente estudo foi estimar o estoque de biomassa e de nutrientes em um povoamento do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* localizado no Bioma Pampa - RS.

Material e métodos

Caracterização do sítio

O presente estudo foi realizado no Bioma Pampa, em uma área localizada na Fazenda Sesmaria Santo Inácio, pertencente à empresa Stora Enso Florestal RS Ltda, no município de Alegrete no estado do Rio Grande do Sul, situada entre as coordenadas geográficas de 29° 47' 59" latitude Sul e 55° 17' 31" longitude Oeste.

O plantio do povoamento do híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* foi realizado em dezembro de 2008, com espaçamento de 2,5 m x 3,5 m. No preparo do solo realizou-se a subsolagem a 50 cm para a colocação do fosfato e aplicou-se N e K em parcelas, sendo a primeira três a quatro meses após o plantio, a segunda seis meses após a primeira, e a última um ano depois. Com matéria orgânica baixa e potássio médio. O solo possui declividade suave e com risco erosivo moderado. Para a realização deste estudo, o experimento foi instalado no mês de setembro de



2012, quando o povoamento se encontrava com 4,5 anos de idade.

A partir da classificação climática proposta por Maluf (2000), Alegrete possui clima regional subtemperado úmido do tipo Cfa, sendo as chuvas mais frequentes no outono-inverno, e com verões que podem apresentar períodos de

seca. A temperatura do mês mais quente é superior a 22 °C e a do mês mais frio oscila entre 3 °C e 18 °C, apresentando como temperatura média anual 18,6 °C. O solo (Tabela 1), de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006), é do tipo Latossolo Vermelho Distrófico típico.

Tabela 1 - Atributos físicos e químicos do solo do povoamento do híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, no município de Alegrete – RS.

Table 1 - Physical and chemical soil attributes in a hybrid stand of *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, in the municipality of Alegrete – RS.

Profundidade	DS	MO	pH	Al ^{***}	Ca ^{**}	Mg ^{**}	K [*]	P [*]	Al ⁺	CTC _{efet.}	CTC _{pH 7}	V	M
cm	g cm ⁻³	%		---cmol _c dm ⁻³ --			mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----cmol _c dm ⁻³ -----			----%----	
0-20	1,52	8,7	4,4	1,1	0,5	0,4	13,5	2,0	4,9	2,0	5,8	17,7	53,3
20-40	1,58	8,2	4,5	1,3	0,9	0,3	10,3	1,7	4,4	2,5	5,6	22,4	50,8
40-60	1,53	8,3	4,6	1,0	1,3	0,4	8,1	2,0	4,1	2,7	5,7	29,5	38,4
60-80	1,49	7,0	4,6	0,9	1,4	0,4	7,8	1,9	3,4	2,7	5,2	35,5	32,2
80-100	1,43	5,8	4,7	0,6	1,5	0,5	8,2	2,0	3,4	2,7	5,5	38,0	23,6

Onde: DS = densidade; MO = matéria orgânica do solo; Al = teor de alumínio trocável; Ca = teor de cálcio trocável; Mg = teor de magnésio trocável; K = teor de potássio disponível; P = fósforo; * = Extrator Mehlich 1; Al + H = acidez potencial; CTC = capacidade de troca de cátions; V = saturação por bases; M = saturação por alumínio.

Os solos na área de estudos são profundos, bem drenados, de textura areia franca ou franco arenosa na superfície, seguidos de textura franco argilo arenosa nos horizontes mais profundos. Quimicamente são solos com valores médios a altos de bases trocáveis, segundo as exigências nutricionais do eucalipto, sujeitos a lixiviação de nutrientes móveis como: N e K e de moderada retrogradação de fósforo solúvel (GONÇALVES, 1995).

Quantificação da biomassa

Para estimar a biomassa, conforme a toposequência do terreno, foram instaladas aleatoriamente quatro parcelas com dimensões de 21,0 m x 27,5 m, estas tiveram todos os diâmetros mensurados a altura do peito (DAP), considerando a altura das árvores. A partir da distribuição dos diâmetros do povoamento foram determinadas quatro classes de diâmetro, de maneira a abranger a variação do povoamento. De cada classe foram amostradas

três árvores, sendo uma no limite inferior, uma no limite superior e outra central. Posteriormente, realizou-se a cubagem absoluta dessas doze árvores pelo método de Smalian, que consiste em medir os diâmetros nas extremidades de cada seção do tronco (MACHADO e FILHO, 2003).

A estimativa da biomassa acima do solo de cada árvore foi obtido por meio do modelo matemático: $\ln(y) = \beta_1 + \beta_2 * \ln(d)$, em que: $\ln(y)$ = logaritmo do componente; β_1 e β_2 = coeficientes da equação, $\ln(d)$ = logaritmo do diâmetro da árvore a 1,30 m de altura. Desse modo, pela somatória de biomassa de cada componente das árvores e de cada parcela, calculou-se a estimativa por hectare.

Para a estimativa da biomassa da madeira e da casca foi utilizada a metodologia de Viera et al. (2013), em que os pontos de amostragem se dão ao longo do fuste, nas posições medianas das secções, resultantes essas da divisão em três partes iguais do mesmo (madeira base, madeira média, madeira do topo, casca da base do fuste,

casca da região mediana do fuste, casca do topo do fuste).

A estimativa de biomassa das raízes nas árvores do limite central de cada classe amostrada, deu-se mediante o uso de uma retroescavadeira, esta escavou a área útil das árvores até a profundidade de 1 m, onde se recolheu as amostras. A seguir, o solo coletado passou por peneiras de 7 mm de malha, do qual foram separadas as raízes e pesadas na sua totalidade em uma balança de vara de 150 kg. Os cálculos da biomassa dessas raízes se deram a partir da multiplicação do número de indivíduos ($N\ ha^{-1}$) em cada classe diamétrica, pela biomassa das raízes escavadas.

De todos os componentes de biomassa foram coletados subamostras de 500 g, que passaram por acondicionamento em embalagens plásticas, devidamente identificadas, estas serão posteriormente encaminhadas ao Laboratório de Ecologia Florestal, do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Santa Maria, para serem secas, pesadas, moídas e analisadas quimicamente.

Análises químicas

Tabela 2 - Parâmetros e estatísticas de ajuste do modelo de regressão para determinação de biomassa nos diferentes componentes do híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*.

Table 2 - Parameters and fit statistics of the regression model for determination of biomass by different components of hybrid *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*.

Componentes	b ₀	b ₁	Prob.>F	R ² ajust.	Syx
Folha	-4,2980	2,20301	0	0,872	0,2554
Galho	-4,3266	2,37038	0	0,865	0,2405
Casca do Tronco	-4,6788	2,39334	0	0,904	0,2006
Madeira do Tronco	-2,3013	2,28396	0	0,951	0,1333

Schumacher e Caldeira (2001) utilizando o mesmo modelo obtiveram resultados significativos para estimar a biomassa e o conteúdo de nutrientes de um povoamento de *Eucalyptus globulus*, com alto coeficiente de determinação ajustado (R^2) e baixo erro padrão da estimativa (Syx).

Zianis e Mencuccini (2004) afirmam que a eficácia dos modelos matemáticos irão depender

No laboratório, as amostras de cada componente da biomassa foram secas em estufa de circulação e renovação de ar a 70 °C. Em seguida, foram pesadas em balança de precisão 0,01 g, para determinação da massa seca. Após, essas amostras foram moídas em moinho de lâminas do tipo Willey, com peneira de 30 *mesh* e finalmente foram encaminhadas para análise química, de acordo com a metodologia de Tedesco et al. (1995) e Miyazawa et al. (1999).

Resultados e Discussão

Biomassa acumulada

A biomassa total foi de 74,93 Mg ha^{-1} , sendo que destes 85% se encontram acima do solo e 68,9% correspondem ao fuste (madeira do fuste + casca do fuste), com o percentual da biomassa de raízes 15%. A equação obtida com a análise de regressão apresentou alto coeficiente de determinação ajustado e baixo erro padrão das estimativas, tendo demonstrado, com isso, boa predição das variáveis analisadas (Tabela 2).

da espécie, idade e qualidade do sítio. Por outro lado, para Mello e Gonçalves (2008) a validação da equação é baseada na análise conjunta do coeficiente de determinação (R^2), erro-padrão da estimativa (Syx) e análise gráfica dos resíduos percentuais. Desse modo, utiliza-se em nossa pesquisa o modelo de regressão, a partir de Schumacher (1995), Schumacher (1998) e Caldeira (1998), pois todos os trabalhos

apresentaram alta precisão na estimativa de biomassa.

Tem-se, por resultado, que a madeira do fuste foi o componente com maior produção de biomassa (45,86 Mg ha⁻¹), cabe ressaltar que esta determinação fornece critérios para a metodologia aplicada nas técnicas de manejo florestal sustentável, uma vez que a coleta da

madeira do fuste + casca do fuste irá remover cerca de 70% do total da biomassa aérea existente no povoamento, podendo este desfecho limitar futuramente a produtividade da área. A sequência decrescente da distribuição de biomassa nos diferentes componentes foi a seguinte: madeira > raiz > galho > casca > folha (Tabela 3).

Tabela 3 - Valores da biomassa nos diferentes componentes das árvores.

Table 3 - Values of biomass the various parts of the trees.

Componente	Biomassa (Mg ha ⁻¹)	%
Madeira do fuste	45,86	61,2
Raízes	11,55	15,4
Galhos	7,67	10,2
Casca do fuste	5,74	7,7
Folhas	4,11	5,5
Total	74,93	100

Schumacher et al. (2012) estudando a biomassa em povoamentos de *Eucalyptus* spp. de 2, 4, 6 e 8 anos de idade, no município de Vera Cruz, no estado do Rio Grande do Sul, concluíram que os componentes folha, galho vivo, galho morto, casca e raiz, apresentaram redução da biomassa em função da idade. Por outro lado, a madeira apresentou aumento na biomassa conforme o povoamento envelhecia. Assim, o corte precoce, realizado antes de 6 anos de idade, implicaria em perda do rendimento de madeira.

Do mesmo modo, estudos de biomassa aérea em *Eucalyptus benthamii* aos 12, 23, 36 e 48 meses de idade em plantios com espaçamento de 3 m x 2 m, no município de Guarapuava-PR, demonstraram que a alocação de biomassa foi diferenciada para cada idade. O compartimento madeira passou a assumir mais da metade da biomassa a partir dos 24 meses de idade, apresentando tendência de aumento no futuro em relação aos demais compartimentos (SILVA et al. 2004)

Outro estudo de Schumacher e Poggiani (1993) mostra que a espécie *Eucalyptus grandis* aos 9 anos de idade, obtiveram 90% de produção

de biomassa no fuste (madeira do fuste + casca do fuste), enquanto que a copa (folhas + ramos) apresentou apenas 10% da biomassa total. De acordo com Schumacher e Caldeira (2001), Zewdie et al. (2009), Muñoz et al. (2008) e Kuyah et al. (2013) a biomassa do fuste (casca do fuste + madeira do fuste) em plantios de *Eucalyptus* spp. representa em torno de 75% da biomassa total no povoamento. Desse modo, a partir do exposto acerca das pesquisas e com base nos resultados obtidos, destaca-se que o híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* apresentou a biomassa do fuste (madeira do fuste + casca do fuste) igual a 68,9% e da copa (folhas + galhos) foi de 15,7%.

Acrescenta-se como resultado para o presente estudo que as porcentagens de biomassa encontradas em cada componente podem ser em razão da idade do povoamento, uma vez que a distribuição percentual da biomassa, nos diferentes componentes das árvores, pode ser afetada por alguns fatores como, a idade, a espécie, a fertilidade do solo e a densidade do plantio (SCHUMACHER et al.,2011).

Demais pesquisas colaboram para a discussão, como Turner e Lambert (2008) que

encontraram em povoamentos de *Eucalyptus grandis* aos 5 anos de idade o acúmulo de biomassa foi de 16,4 Mg ha⁻¹ ano⁻¹; e em povoamentos de *Eucalyptus pilularis* aos 7 anos de idade o estoque de biomassa foi de 15,7 Mg ha⁻¹ ano⁻¹. Em povoamentos do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus*, aos 10 anos de idade, Viera et al. (2012) encontraram como biomassa total 198,5 Mg ha⁻¹, com estoque no fuste maior de 93,4%.

De acordo com Ladeira et al. (2001) e Leite et al. (1997) à medida que aumenta a densidade populacional a biomassa total por unidade de área aumenta, ao passo que a produção de biomassa total por indivíduo diminui. Leles et al. (2001) avaliaram a produção de biomassa em vários espaçamentos com as espécies de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus pellita*,

aos 52 meses de idade, observaram que à medida que ampliava o espaçamento entre as árvores, a produção de biomassa da madeira e parte aérea por árvore aumentava. No entanto, a maior produção de biomassa de madeira por hectare foi obtido no espaçamento menor (3 m x 2 m). Com isto, concluíram que os espaçamentos muito amplos são evitados devido a maior alocação de biomassa nas raízes em detrimento da produção de madeira.

Nutrientes

Na tabela 4, encontram-se os valores dos teores de nutrientes em cada componente das árvores do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*.

Tabela 4 - Valores dos teores de nutrientes nos diferentes componentes do híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*.

Table 4 - Values of nutrient contents in different components of hybrid *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*.

Componente	N	P	K	Ca	Mg	S
Folha	17,34	1,08	6,73	7,81	1,79	1,05
Galho	4,68	0,48	5,68	8,83	1,72	0,30
Casca	4,26	0,50	6,73	15,52	2,32	0,26
Madeira	1,59	0,13	2,46	1,38	0,33	0,21
Raiz	4,03	0,27	3,67	8,78	1,28	0,30

Os dados revelam que os elementos Ca e Mg apresentaram os maiores teores na casca. Para os demais nutrientes, em termos gerais, foram observados nas folhas os maiores teores, sendo os menores teores de nutrientes encontrados na madeira do fuste, que representam a maior parte da biomassa.

Machado et al. (2014), ao avaliarem a concentração de nutrientes em diferentes componentes da biomassa de *Eucalyptus dunnii* Maiden verificaram que o elemento cálcio apresentou maior teor, pelo fato deste ser pouco móvel no tecido. Para os elementos fósforo e enxofre observaram que estes são os que apresentaram menor teor. Destacaram ainda os

autores em sua pesquisa que o elemento nitrogênio, em razão de estar associado à formação da clorofila, apresentou maior teor nas folhas, seguido dos elementos cálcio e potássio. Cabe ressaltar que tais resultados são semelhantes aos do presente estudo.

Silva (1996), ao avaliar os teores de nutrientes em plantações de *Eucalyptus grandis* em diferentes idades, observou que devido o nitrogênio ser um elemento altamente móvel nas plantas, ele constantemente se mobiliza para um novo tecido, que está em fase de desenvolvimento. Destaca o autor que o fato é considerado como um estoque estratégico elaborado pela planta, como uma forma de



adaptação da árvore, em decorrência de ter sofrido algum tipo de estresse. O mesmo autor notou que os elementos Ca e Mg apresentaram maiores teores na casca, e menores na madeira, salienta-se que iguais índices foram observados nesta pesquisa.

Acerca dos componentes, o galho e a casca se observou teores de cálcio considerados intermediários. Na casca, o acúmulo de cálcio corresponde a participação deste elemento na estrutura da parede celular. Por outro lado, foi observado na madeira alto teor de potássio, este elemento quando bem distribuído nos componentes da árvore, contribui para o crescimento e maior eficiência na absorção e no

transporte de água nos tecidos (BURGER e RICHTER, 1991). Todos estes processos são resultados do ciclo bioquímico que é responsável pela retranslocação dos diferentes elementos presente nos componentes da planta (VIERA e SCHUMACHER, 2009).

Quantidade de nutrientes

Na tabela 5, observa-se o total do estoque de nutrientes encontrados na biomassa das árvores do híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*.

Tabela 5 - Quantidade de nutrientes nos componentes do híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*.
Table 5 - Amount of nutrients in the components of hybrid *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*.

Componente	N	P	K	Ca	Mg	S
	kg ha ⁻¹					
Folhas	71,27	4,44	27,66	32,08	7,35	4,32
Galhos	35,93	3,67	43,60	67,70	13,15	2,28
Casca	24,44	2,88	38,65	89,11	13,32	1,52
Madeira	73,01	6,05	112,88	63,50	15,31	9,66
Raiz	46,54	3,11	42,41	101,36	14,78	3,47
Total	251,19	20,15	265,20	353,75	63,91	21,25

A ciclagem de nutrientes ocorre quando se considera a remoção apenas da madeira do fuste deixando a casca e os demais componentes sobre o solo florestal, se toda a floresta for removida este ciclo é quebrado. Assim, Turner e Lambert (2008) afirmam que as quantidades de nutrientes acumulados indicam que a colheita de povoamentos adultos, que têm quantidades significativas de cerne, teria um impacto menor em reservas de nutrientes de cascas, galhos e folhas, quando mantidos sobre o solo. No entanto, a colheita em rotações curtas e, especialmente, com a remoção da casca, pode potencialmente levar a redução de nutrientes, principalmente para o cálcio.

Temos o elemento Ca, comumente encontrado na literatura, como um elemento

imóvel, o mesmo ocorre para a espécie *Eucalyptus* spp., conforme relatado por Alvarez et al., (2008); Goya et al., (2008); Hernández et al., (2009); Shammass et al., (2003); Zaia e Gama-Rodrigues (2004). Os mesmos autores relatam que esse comportamento ocorre devido à baixa taxa de liberação encontrada na casca. O Ca é observado principalmente nos compartimentos lignificados, sendo um componente estrutural importante da parede celular (MARENCO e LOPES, 2009).

Neste trabalho se encontrou a seguinte forma para a magnitude dos macronutrientes: Ca > K > N > Mg > S > P. Santana et al., (2008) explica que até à idade de 4,5 anos após o plantio se acumulam mais nutrientes, isto indica que após esta idade o potencial de resposta à aplicação de

fertilizantes é menor. A pequena variação na concentração de nutrientes na biomassa indicaria uma menor plasticidade de *Eucalyptus* spp. na absorção e no acúmulo de nutrientes, ou uma baixa disponibilidade dos mesmos no solo. Em povoamentos de *Eucalyptus* spp. Observaram, os autores, que a maior produção de biomassa também extrai e acumula as maiores quantidades de nutrientes (SCHUMACHER e POGGIANI, 1993).

Em um ciclo de 6,5 anos, no tronco estão contidos 50 % dos nutrientes da biomassa aérea, podendo estes percentuais serem reduzidos, se ocorrer o descascamento do tronco no campo durante a colheita (SANTANA et al., 2008). Quando o solo apresenta baixa fertilidade natural, os mesmos autores recomendam manter os resíduos da colheita no campo, beneficiando a capacidade produtiva dos solos para as futuras rotações.

As práticas de manejo adequadas contribuem para a produção de biomassa na madeira, sendo removida durante a exploração florestal. Os demais compartimentos da biomassa aérea, acumulados no campo, apresentam as maiores quantidades de nutrientes, sendo pouco explorados durante a colheita (VIEIRA et al., 2013).

Conclusão

O híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* mostrou bom desenvolvimento em solos com baixa fertilidade natural, apresentando grande potencial no estoque de biomassa e eficiência nutricional nos seus diferentes compartimentos. A biomassa total estimada foi de 75 Mg ha⁻¹, com maior proporção acumulada no fuste (68,9%). Em média, a madeira foi o compartimento da biomassa com maior quantidade de nutrientes, seguido pelas folhas, raízes, galhos e cascas. De maneira geral, o acúmulo de nutrientes apresentou a seguinte magnitude: Ca > K > N > Mg > S > P. Tendo em vista que, a madeira possui grande potencial de nutrientes e que serão exportados nas próximas rotações, recomenda-se que o restante da

biomassa aérea (folhas, raízes e galhos) permaneça depositada sobre o solo, contribuindo para a ciclagem de nutrientes.

Agradecimentos

À empresa Stora Enso Florestal RS Ltda, pela disponibilização da área para estudo e pelo apoio logístico. À CAPES pelo apoio financeiro.

Referências Bibliográficas

ABRAF. Associação brasileira de produtores de florestas plantadas. **Anuário estatístico da ABRAF 2013**: ano base 2012. Brasília, 2013. 148 p.

ALVAREZ, E. et al. Dynamics of macronutrients during the first stages of litter decomposition from forest species in a temperate area (Galicia, NW Spain). **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 80, p. 243-256, 2008.

BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991. 154 p.

CALDEIRA, M. V. W. **Quantificação da biomassa e do conteúdo de nutrientes em diferentes procedências de Acácia-negra (*Acacia mearnsii* de Wild)**. 1998. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 1998.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2. ed., 2006, 306 p.

GONÇALVES, J. L. M. Recomendações de adubação para *Eucalyptus*, *Pinus* e espécies típicas da mata atlântica. **Documentos Florestais**. Piracicaba: IPEF, n. 15, p. 1-23, 1995.

GOYA, J. F. et al. Decomposition and nutrient



- release from leaf litter in *Eucalyptus grandis* plantations on three different soil in Entre Ríos, Argentina. **BOSQUE**, v. 29, p. 217-226, 2008.
- HERNÁNDEZ, J. et al. Nutrient export and harvest residue decomposition patterns of *Eucalyptus dunnii* Maiden plantation in temperate climate of Uruguay. **Forest Ecology and Management**, v. 258, p. 92-99, 2009.
- IBÁ - Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório IBÁ 2014**. Disponível em: <http://www.iba.org/shared/iba_2014_pt.pdf> Acesso em 26 mai. 2015.
- KUYAH, S.; DIETZ, J.; MUTHURI, C.; NOORDWIJK, M.; NEUFELDT, H. Allometry and partitioning of above- and below-ground biomass in farmed eucalyptus species dominant in Western Kenyan agricultural landscapes. **Biomass and Bioenergy**, v. 55, p. 276-284, 2013.
- LADEIRA, B. C. et al. Produção de biomassa de eucalipto sob três espaçamentos em uma seqüência de idade. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 69 – 78, jan./mar. 2001.
- LEITE, F. P. et al. Crescimento de *Eucalyptus grandis* em diferentes densidades populacionais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 21, n. 3, p. 313-321, jul./set. 1997.
- LELES, P. S. S. et al. Crescimento, produção e alocação de matéria seca de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. pellita* sob diferentes espaçamentos na região do cerrado, MG. **Scientia Forestalis**. n.59, p. 77-87, 2001.
- MACHADO, A. M.; FILHO, A. F. **Dendrometria**. Curitiba: UFPR, 2003. 309 p.
- MACHADO, L. M.; MAGISTRALI, I. C.; ARALDI, D. B. Temperatura de secagem sobre a concentração de nutrientes em *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 5, n. 1, p. 92-97, jan./mar. 2014.
- MALUF, J. R. T. Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.8, n.1, p. 141-150, 2000.
- MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. 3 ed. Viçosa/MG, UFV, 2009. 486 p.
- MELLO, S. L. M.; GONÇALVES, J. L. M. Equações para estimar a biomassa da parte aérea e do sistema radicular em povoamentos de *Eucalyptus grandis* em sítios com produtividades distintas **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 101-111, 2008.
- MIYAZAWA, M. et al. Análises químicas de tecido vegetal. In: SILVA, F.C. (Org.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, p. 171-224, 1999.
- MUÑOZ, F.; RUBILAR, R.; ESPINOSA, M.; CANCINO, J.; TORO, J.; HERRERA, M. The effect of pruning and thinning on above ground aerial biomass of *Eucalyptus nitens* (Deane & Maiden) Maiden **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 20, p. 365-373, 2008.
- PINTO, S. I. C. et al. Eficiência nutricional de clones de eucalipto na fase de mudas cultivados em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 523-533, 2011.
- POGGIANI, F.; SCHUMACHER, M. V. Ciclagem de nutrientes em florestas nativas. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (ed.). **Nutrição e Fertilização Florestal**. Piracicaba: IPEF, p. 287-308, 2005.
- RYAN, M. G. et al. Factors controlling *Eucalyptus* productivity: How water availability and stand structure alter production and carbon allocation. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 259, n. 9, p. 1695-1703, apr.

2010.

SANTANA, R. C.; et al. Alocação de nutrientes em plantios de eucalipto no Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2723-2733, 2008.

SCHUMACHER, M. V.; POGGIANI, F. Produção de biomassa e remoção de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden E *Eucalyptus torelliana* F. Muell, plantados em Anhembi, SP. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.3, n.1, p. 21-34, 1993.

SCHUMACHER, M. V. Estudo da biomassa e dos nutrientes de um povoamento de *Eucalyptus globulus* (Labillardière) subespécie *bicostata*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 22, n. 2, p. 281-286, 1998.

SCHUMACHER, M. V. **Nährstoffkreislauf in verschiedenen Beständen von *Eucalyptus saligna* (Smith), *Eucalyptus dunnii* (Maiden) und *Eucalyptus globulus* (Labillardière) in Rio Grande do Sul, Brasilien.** 1995. 167 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universitaet fuer Bodenkultur, Viena, Áustria. – 1995.

SCHUMACHER, M. V.; CALDEIRA, M. V. W. Estimativa da biomassa e do conteúdo de nutrientes de um povoamento de *Eucalyptus globulus* (Labillardière) sub-espécie *maidenii*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 45-53, jan.-jun. 2001.

SCHUMACHER, M. V.; VIERA, M.; WITSCHORECK, R. Produção de serapilheira e transferência de nutrientes em área de segunda rotação com floresta de *Pinus taeda* L. no município de Cambará do Sul, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 4, p. 471-480, out.-dez., 2008

SCHUMACHER, M. V.; WITSCHORECK, R.; CALIL, F. N. Biomassa em povoamentos de *Eucalyptus* spp. de pequenas propriedades rurais

de Vera Cruz, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 1, p. 17-22, jan/mar. 2011.

SHAMMAS, K. et al. Contribution of decomposing harvest residue to nutrient cycling in a second rotation *Eucalyptus globulus* plantation in South-Western Australia. **Biology and Fertility of Soils**. v. 38, p. 228-235, 2003.

SILVA, H. D. **Modelos matemáticos para a estimativa da biomassa e do conteúdo de nutrientes em plantações de *Eucalyptus grandis* Hill (ex-Maiden) em diferentes idades.** 1996. 101 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1996.

SILVA, H. D.; POGGIANI, F.; COELHO, L. C. Eficiência de utilização de nutrientes em cinco espécies de *Eucalyptus*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 6/7, p. 1-8, 1983.

SILVA, H. D.; FERREIRA, C. A.; CORRÊA, R. S.; BELLOTE, A. F. J.; TUSSOLINI, E. L. Alocação de biomassa e ajuste de equações para estimativa de biomassa em compartimentos aéreos de *Eucalyptus benthamii*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 49, p. 83-95, jul/dez. 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: ARTMED, 2002. 719 p.

TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais.** Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, 1995. 118 p. (Boletim Técnico).

TURNER, J.; LAMBERT, M. J. Nutrient cycling in age sequences of two *Eucalyptus* plantation species. **Forest Ecology and Management**. Volume 255, Issues 5–6, 5 April 2008, Pages 1701–1712.

VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V. Concentração e retranslocação de nutrientes em acículas de *Pinus taeda* L.. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 29, n. 4, p. 375-382, out./dez.



2009.

VIERA, M. **Dinâmica nutricional em um povoamento híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus* em Eldorado do Sul-RS, Brasil.** 2012. 119 f. Tese. (Doutorado em Engenharia Florestal). – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2012.

VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V.; TRÜBY, P.; ARAÚJO, E. F. Biomassa e nutrientes em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus*, em Eldorado do Sul-RS. **Ecologia e Nutrição Florestal**, Santa Maria-RS, v.1, n.1, p.1-13, jan./abr., 2013.

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**, Campinas, v. 28, n. 5, p. 843-852, 2004.

ZEWDIE, M.; OLSSON, M.; VERWIJST, T. Above-ground biomass production and allometric relations of *Eucalyptus globules* Labill. Coppice plantations along a chronosequence in the central highlands of Ethiopia. **Biomass Bioenerg**, v. 33, p. 421–428, 2009.

ZIANIS, D.; MENCUCCINI, M. On simplifying allometric analyses on forest biomass. **Forest Ecology and Management**, v. 187, p. 311-332, 2004.