

**TEORES DE NUTRIENTES EM POVOAMENTOS MONOESPECÍFICOS E MISTOS DE *Eucalyptus urograndis* E *Acacia mearnsii* EM SISTEMA AGROSSILVICULTURAL****NUTRIENT CONTENT IN MONOSPECIFIC AND MIXED STANDS OF *Eucalyptus urograndis* AND *Acacia mearnsii* IN AN AGROFORESTRY SYSTEM**

Márcio Viera<sup>1</sup> Mauro Valdir Schumacher<sup>2</sup> Marcos Vinicius Winckler Caldeira<sup>3</sup>  
Luciano Farinha Watzlawick<sup>4</sup>

**RESUMO**

O estudo teve por objetivo comparar o teor de nutrientes das diferentes espécies envolvidas em plantios monoespecíficos e mistos de *Eucalyptus urograndis* e *Acacia mearnsii* em consórcio com *Zea mays* no município de Bagé, RS. A determinação dos teores de nutrientes das espécies florestais foi realizada nos tratamentos: 100E (100 % de eucalipto + milho); 100A (100 % de acácia-negra + milho) e 50E:50A (50 % de eucalipto + 50 % de acácia-negra + milho), e do milho nos tratamentos 100E; 100A; 50E:50A; 75E:25A (75 % de eucalipto + 25 % de acácia-negra + milho) e 25E:75A (25 % de eucalipto + 75 % de acácia-negra + milho). O delineamento adotado foi de blocos ao acaso com três repetições. A amostragem das espécies florestais foi realizada tendo como referência a árvore média de cada parcela, baseada no diâmetro a altura do peito (DAP), amostrando-se três árvores por tratamento, aos seis meses de idade. No interior de todos os tratamentos e suas repetições, alocou-se uma subparcela, com 3,0 m de comprimento por três fileiras de milho como largura, onde se fracionou as plantas em colmo, folha, grãos, sabugo e palha. Com exceção do Ca, que está mais concentrado na fração casca e do Mg e B na casca e folhas, os demais nutrientes no *Eucalyptus urograndis*, tanto em monocultivo como em plantio misto, apresentam maior teor apenas nas folhas. Já na *Acacia mearnsii*, todos os teores de nutrientes são superiores nas folhas. O componente grão do milho possui os maiores teores de nitrogênio e fósforo, já a palha e o sabugo registram os maiores teores de potássio e o componente folha possui os maiores teores dos demais nutrientes. As espécies florestais não influenciam nitidamente nos teores de nutrientes nos componentes da biomassa aérea do milho.

**Palavras-chave:** nutrição florestal; interações ecológicas; consórcios agrossilviculturais.

**ABSTRACT**

The study had as objective compare the nutrients content in the different species involved in monospecific and mixed stands of *Eucalyptus urograndis* and *Acacia mearnsii* and in a consortium with *Zea mays*. The determination for forest species nutrients concentration, the treatments 100E (100 % eucalyptus + maize); 100A (100 % black-wattle + maize) and 50E:50A (50 % eucalyptus + 50 % black-wattle + maize), and in the maize were done in treatments 100E; 100A; 50E:50A; 75E:25A (75 % eucalyptus + 25 % black-wattle + maize) and 25E:75A (25 % eucalyptus + 75 % black-wattle + maize). The experimental design was a randomized block design with three replications. Forests species sampling was made in average tree in each plot, based on diameter at breast height (DBH), in three trees six month-old per treatment. Within all

1. Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Departamento Multidisciplinar da Universidade Federal de Santa Maria - Campus Silveira Martins, Rua Francisco Guerino, 407, Centro, CEP 97195-000, Silveira Martins (RS). [vieraforestal@yahoo.com.br](mailto:vieraforestal@yahoo.com.br)
2. Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Departamento de Ciências Florestais, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). [mvschumacher@gmail.com](mailto:mvschumacher@gmail.com)
3. Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Alto Universitário, s/n, Guararema, Caixa Postal 16, CEP 29500-000, Alegre (ES). Bolsista de produtividade em pesquisa do CNPq. [mvwcaldeira@gmail.com](mailto:mvwcaldeira@gmail.com)
4. Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Rua Salvador Renna com Padre Salvador, 875, Santa Cruz, CEP 85015-430, Guarapuava (PR). [luciano.watzlawick@pq.cnpq.br](mailto:luciano.watzlawick@pq.cnpq.br)

Recebido para publicação em 8/03/2010 e aceito em 26/03/2012

treatments and your replicates, installed one subplot with long 3.0 m by three corn-rows as wide, where the plants were harvested in stem, leaf, grain, cob and straw. With the exception of Ca, which was more concentrated in the bark fraction and Mg and B in the bark and leaves, the other nutrients in *Eucalyptus urograndis*, so in monoculture much in mixed stands, contained higher concentration just in leaves. The grain component has the highest concentrations of nitrogen and phosphorus, as straw and cob have the highest potassium concentration and the leaf component has the largest concentrations of other nutrients. The forest species did not influence significantly the levels of nutrients in components of aboveground biomass of maize.

**Keywords:** forestry nutrition; ecological interactions; agroforestry consortiums.

## INTRODUÇÃO

O plantio misto de espécies do gênero *Eucalyptus* com espécies leguminosas arbóreas apresenta potencial para aumentar a produtividade florestal sem causar redução da fertilidade do solo (FORRESTER et al., 2006a). Nesse sistema, a ocupação e a utilização do solo se tornam mais eficientes tanto física como quimicamente, em função das diferenças no sistema radicular e na exigência nutricional de cada espécie. Além desses efeitos, as espécies leguminosas podem aumentar a quantidade de nitrogênio disponível no solo devido à fixação simbiótica (BAUHUS et al., 2000; FORRESTER et al., 2004; FORRESTER et al., 2005; FORRESTER et al., 2006b), e a serapilheira formada a partir dessas plantas possuirá maiores teores de nitrogênio, o que torna mais rápido o processo de decomposição dos resíduos vegetais, em função da maior disponibilidade de nitrogênio para a atividade microbiana (VEZZANI et al., 2001).

A maior disponibilização de nitrogênio em cultivos mistos de espécies florestais está relacionada ao aporte de material orgânico e à decomposição de raízes finas, onde se encontram os maiores teores de N resultantes da fixação biológica, as quais podem fornecer, além do N, outros nutrientes para o aumento da produtividade de outras culturas consorciadas. Com isso, a prática de cultivo agrícola em associação com espécies florestais poderá trazer retorno ambiental e econômico satisfatório, devido ao aumento da produtividade agrícola através da maior disponibilidade de nutrientes e diminuição da utilização de fertilizantes químicos na agricultura.

A combinação da produção agrícola e florestal simultânea ou consecutiva, de forma deliberada, na mesma unidade de terreno, almejando um aumento de produtividade do solo através de um rendimento sustentado, por meio da aplicação de técnicas de manejo compatíveis com as práticas culturais da população local, caracteriza os sistemas agrossilviculturais (KING e CHANDLER, 1978;

NAIR, 1989; MEDRADO, 1998).

As práticas de manejo nesses sistemas dependem da compreensão do ciclo de nutrientes, no que diz respeito à velocidade de fluxo, entradas e perdas, interação solo-planta, distribuição de componentes da parte aérea e sistema radicular ao longo do tempo (BUDLEMAN, 1989; YONG, 1989). A distribuição dos nutrientes nos vários componentes da árvore tem grande importância na nutrição de povoamentos florestais manejados em rotações sucessivas, pois o manejo intensivo das plantações pode aumentar significativamente a produção de biomassa, aumentando também a exportação de nutrientes do sítio, desestabilizando a produtividade do solo (BELLOTE e SILVA, 2000). Para esses autores, cada componente possui concentração de nutrientes relacionada com suas funções, havendo gradiente que geralmente obedece à sequência de concentração: folha > casca > ramo > tronco, sendo que, dentro do mesmo compartimento, podem existir variações significativas de concentração, que ocorre, segundo Viera e Schumacher (2009), por meio da ciclagem bioquímica.

Fundamenta-se, dessa maneira, a necessidade de conduzir estudos referentes à dinâmica nutricional de plantios mistos e monoespecíficos em sistemas agrossilviculturais, visando encontrar técnicas para melhorar a produtividade com base no manejo sustentável, fornecendo melhorias ao sistema como um todo, sem causar danos ao meio ambiente. Devido a isso, objetivou-se comparar o teor de nutrientes das diferentes frações da biomassa das espécies envolvidas em plantios monoespecíficos e mistos de *Eucalyptus urograndis* e *Acacia mearnsii* em consórcio com *Zea mays*.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Caracterização da área experimental

O estudo foi realizado em área experimental localizada no município de Bagé, na região da Campanha Meridional do Estado do Rio Grande do

Sul. Localizando-se nas coordenadas geográficas centrais de 31°14'43" de latitude Sul e 54°04'55" longitude Oeste, com altitude média de 242 m em relação ao nível médio do mar.

Segundo a classificação climática de Köppen, o clima predominante é o Cfa (subtropical úmido), a precipitação média anual na região é de 1.364 mm. A temperatura média anual é de aproximadamente 17,5 °C, sendo que a média das máximas é de 23,5 °C e a média das temperaturas mínimas é de 12,3 °C. Ocorrem em média 21 geadas por ano. A insolação média anual é de 2.444 horas, com uma umidade relativa média anual de 78 % (MORENO, 1961).

O solo da área experimental é um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico latossólico (STRECK et al., 2008). A caracterização da fertilidade do solo foi realizada em outubro de 2007, através da coleta de três amostras compostas nas camadas de: 0,00 – 0,05 m; 0,05 – 0,10 m; 0,10 – 0,20 m e 0,20 – 0,30 m, uma em cada um dos três blocos, antes da implantação do experimento. Foram amostrados cinco subpontos amostrais para a composição de cada amostra composta em cada profundidade. Os valores de caracterização da fertilidade do solo são apresentados na Tabela 1. A matéria orgânica e o fósforo disponível (extrator Melich-1) foram determinados por espectrofotometria, o potássio por fotometria de chama e o cálcio, magnésio e alumínio trocáveis por espectrofotometria de absorção atômica, seguindo a metodologia descrita por Tedesco et al. (1995). 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 e o P são muito baixos ( $\leq 5,0$  e  $\leq 7,0$  mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente); o K é de médio a alto (40 - 120 mg dm<sup>-3</sup>); o Ca é baixo ( $\leq 2,0$  cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>); o Mg é médio (0,6 – 1,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>); a saturação por Al é alta ( $> 20$  %) e a saturação por bases é baixa ( $< 45$  %). A caracterização da textura do solo foi realizada com as mesmas amostras coletada para a análise química, conforme metodologia descrita por Tedesco et al. (1995). A densidade do solo foi obtida com a abertura de uma trincheira em cada bloco (três no total), para que fosse possível sua determinação pelo método do anel volumétrico de Copecky (EMBRAPA, 1997). Quanto aos atributos físicos, a classe textural do solo é Franco-Arenosa (Tabela 1).

#### Delineamento e instalação do experimento

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, com 5 tratamentos e 3 repetições (blocos). Os tratamentos utilizados foram definidos de acordo com o percentual de utilização das espécies florestais eucalipto e/ou acácia em cultivo misto e monocultivo no consórcio com milho: - 100E (100 % de eucalipto + milho); - 100A (100 % de acácia-negra + milho); - 50E:50A (50 % de eucalipto + 50 % de acácia-negra + milho); - 75E:25A (75 % de eucalipto + 25 % de acácia-negra + milho); e - 25E:75A (25 % de eucalipto + 75 % de acácia-negra + milho). Nos plantios mistos de espécies florestais, as espécies foram plantadas em linhas alternadas.

TABELA 1: Caracterização química e física do solo antes da instalação do experimento.

TABLE 1: Chemical and physical characterization of soil before the installation of the experiment.

Camada (m)	MO (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	Al	H + Al	CTC <sub>efetiva</sub>	CTC <sub>pH7</sub>	Ca	Mg	P	K	m	
											cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	
										v		
										%		
0,00-0,05	2,0	4,8	0,9	6,5	2,8	8,4	1,0	0,7	6,7	80,3	32,5	22,4
0,05-0,10	1,8	4,8	1,0	7,8	2,9	9,6	1,0	0,7	13,6	54,6	37,6	19,4
0,10-0,20	1,4	4,7	1,3	7,8	2,7	9,3	0,8	0,6	2,0	36,6	47,6	16,4
0,20-0,30	1,1	4,7	1,5	8,5	3,0	10,0	0,8	0,6	1,2	31,0	52,8	15,0

  

Camada (m)	Areia grossa (2-0,2mm) - %	Areia fina (0,2-0,05mm) - %	Silte (0,05-0,002mm) - %	Argila (<0,002mm) - %	Densidade Mg m <sup>-3</sup>
0,05-0,10	25	52	6	18	1,50
0,10-0,20	26	51	4	20	1,49
0,20-0,30	24	52	4	21	1,49

O espaçamento utilizado foi de 4,0 m x 1,5 m. A área total de cada parcela foi de 1.224 m<sup>2</sup> (25,5 m x 48,0 m). Foram deixados 6 metros entre tratamentos e entre blocos, para não ocorrer interferência de um tratamento sobre outro e para sua divisão. Para as avaliações e/ou mensurações, considerou-se bordadura dupla para isolar possíveis interferências externas nos dados obtidos nos tratamentos.

Para a implantação das espécies florestais, foi realizada uma subsolagem, na profundidade média de 50 cm, na linha de plantio, com subsolador de uma haste. Concomitantemente a essa operação, foi aplicado fertilizante mineral ao solo, na linha de plantio, com a seguinte formulação: 06-30-06 da fórmula N - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - K<sub>2</sub>O + 7 % de Ca + 6 % de S + 0,1 % de B + 0,5 % de Cu, sendo aplicados 300 kg ha<sup>-1</sup>. Em seguida, foram realizadas duas gradagens na linha de plantio, devido à intensa presença de gramíneas.

O plantio das mudas de eucalipto e acácia-negra foi realizado, manualmente, em novembro de 2007. Na ocasião do plantio, como também antes, realizou-se o controle de formigas, com formicida granulado, sendo aplicados 6 gramas de formicida a cada 16 m<sup>2</sup>. Logo após a implantação das espécies arbóreas, no mesmo dia, foi realizada a semeadura do milho. Tal procedimento foi realizado através de uma plantadeira hidráulica acoplada ao trator, com adição de 180 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de amônia. O plantio de milho foi realizado entre as linhas de eucalipto e/ou acácia-negra e foram semeadas 3 linhas de milho, em cada entrelinha de árvores, com distância de 0,80 m entre si e distanciadas 1,2 m das linhas de eucalipto e/ou acácia-negra. Foram semeadas 5 sementes por metro.

#### **Amostragem do tecido vegetal**

O tecido vegetal das espécies florestais foi amostrado nos tratamentos 100E, 100A e 50E:50A aos 6 meses de idade. A amostragem foi realizada tendo como referência a árvore média de cada parcela, baseada no diâmetro a altura do peito (DAP), amostrando-se três árvores por tratamento. Uma vez identificada a árvore de diâmetro médio, ela foi abatida e amostradas as seguintes frações: madeira, casca, galhos e folhas. Na amostragem da fração madeira e casca procedeu-se da seguinte maneira: distribuíram-se 3 pontos de amostragem no percorrer do comprimento total do fuste, nas posições medianas das secções resultantes da divisão em 3 partes iguais do mesmo. Para as frações galhos e folhas, amostrou-se de forma aleatória todo

o componente.

A amostragem do tecido vegetal do milho foi realizada no final do ciclo, safra 2007/2008, na primeira quinzena de maio de 2008. No interior de todos os tratamentos e suas repetições, alocou-se uma subparcela, com 3,0 m de comprimento por três fileiras de milho como largura, contendo em média 15 plantas. Na amostragem, fracionaram-se as plantas de milho em colmo, folha, grãos, sabugo e palha.

Após a amostragem de cada componente, o que correspondeu a cerca de 50 g de massa úmida de cada, os mesmos foram para secagem em estufa a 70 °C (SILVA, 2009) até atingir peso seco constante. Após, foram moídas para posterior determinação dos teores de nitrogênio pelo método Kjeldahl; fósforo e boro por espectrometria visível; potássio por fotometria de chama; enxofre por turbidimetria; e cálcio, magnésio, cobre, ferro, manganês e zinco por espectrofotometria de absorção atômica; seguindo a metodologia descrita por Tedesco et al. (1995). Os valores de biomassa citados no texto foram obtidos no estudo de Viera e Schumacher (2011).

#### **Análise estatística**

Foram aplicados os testes de Bartlett (para verificar a homogeneidade de variância) e de Lilliefors (para comprovar a normalidade dos dados) antes de serem realizadas análises de variância entre as concentrações de cada nutriente nas diferentes frações de biomassa dentro do tratamento e entre os tratamentos. Posteriormente, a diferença das médias par a par foi analisada pelo teste de Tukey e o Teste *t* de Student a 5 % de probabilidade de erro. As variáveis que não apresentaram normalidade dos dados sofreram transformação, aplicando a raiz quadrada ou a inversa da raiz quadrada.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **Nutrientes nas espécies florestais**

Não se verificou influência positiva e significativa ( $p > 0,05$ ), mas efeito negativo para a concentração do nitrogênio, magnésio e boro nos galhos e de cobre na casca, os quais foram inferiores no plantio misto de *Acacia mearnsii* em comparação com seu monocultivo (Tabelas 2 e 3). O cultivo misto do *Eucalyptus urograndis* apresentou redução significativa nos teores de potássio nos galhos e de manganês nas folhas e casca em relação ao monocultivo. A redução do teor de nutrientes nos tecidos das plantas, em cultivo misto quando

comparado ao seu monocultivo, pode estar vinculada a interação competitiva interespecífica exercida por uma espécie sobre a outra. Essa interação negativa foi verificada por Viera e Schumacher (2011), estudando o cultivo misto e monoespecífico das mesmas espécies desse estudo, onde verificaram que o eucalipto ocasionou a redução da biomassa de copa da acácia-negra.

A concentração de manganês foi superior nas folhas de eucalipto em relação à acácia-negra. Segundo Malavolta et al. (1997), dentre todos os micronutrientes o Mn é o mais importante no desenvolvimento de resistência a doenças fúngicas das folhas e das raízes.

Em relação ao estado nutricional, através da diagnose foliar, o *Eucalyptus urograndis* tanto em monocultivo como em cultivo misto, apresenta os teores de nutrientes, com exceção ao K e Mg, na

faixa adequada ou acima da adequada, de acordo com os intervalos estabelecidos por Malavolta et al. (1997), para espécies de eucaliptos. Da mesma forma, a *Acacia mearnsii* apresenta a maioria dos nutrientes com teores superiores aos considerados intermediários para a espécie (DRECHSEL e ZECH, 1991), com exceção ao Fe. Segundo Silveira et al. (2004), para que povoamentos florestais tenham alta produtividade os teores de nutrientes devem estar adequados às necessidades básicas de crescimento.

Os componentes das árvores apresentaram composições químicas distintas ( $p < 0,05$ ). Com exceção do Ca, que esteve mais concentrado na casca, e do Mg e B, nas cascas e folhas, os demais nutrientes do *Eucalyptus urograndis*, tanto em monocultivo como em plantio misto, possuíram maior concentração apenas nas folhas. Já na *Acacia mearnsii*, todos os nutrientes apresentaram

TABELA 2: Teores de macronutrientes na biomassa em povoamentos monoespecíficos e mistos de *Eucalyptus urograndis* e *Acacia mearnsii*.

TABLE 2: Biomass macronutrient concentration in monospecific and mixed stands of *Eucalyptus urograndis* and *Acacia mearnsii*.

Tratamento	Fração	Biomassa (kg ha <sup>-1</sup> )	Macronutrientes (g kg <sup>-1</sup> )					
			N	P	K	Ca	Mg	S
100E	Folhas	810,2	36,58 <sup>aAB</sup> (1)	1,72 <sup>aA</sup>	7,44 <sup>abAB</sup>	7,69 <sup>bA</sup>	1,92 <sup>aA</sup>	2,05 <sup>aA</sup>
	Galhos	553,4	7,15 <sup>bC</sup>	0,65 <sup>bA</sup>	9,53 <sup>aA</sup>	6,19 <sup>bA</sup>	1,27 <sup>bB</sup>	0,38 <sup>bAB</sup>
	Casca	162,8	6,41 <sup>bB</sup>	0,51 <sup>bAB</sup>	6,20 <sup>bA</sup>	11,42 <sup>aA</sup>	1,89 <sup>aA</sup>	0,35 <sup>bA</sup>
	Madeira	589,9	6,10 <sup>bA</sup>	0,62 <sup>bA</sup>	6,28 <sup>bA</sup>	1,42 <sup>cAB</sup>	0,69 <sup>cAB</sup>	0,29 <sup>bAB</sup>
100A	Folhas	602,1	41,09 <sup>aA</sup>	1,91 <sup>aA</sup>	8,03 <sup>aAB</sup>	7,81 <sup>aA</sup>	2,07 <sup>aA</sup>	1,87 <sup>aA</sup>
	Galhos	235,4	14,63 <sup>bA</sup>	0,81 <sup>bA</sup>	6,44 <sup>bBC</sup>	6,10 <sup>bAB</sup>	2,10 <sup>aA</sup>	0,53 <sup>bA</sup>
	Casca	150,2	15,33 <sup>bA</sup>	0,78 <sup>bA</sup>	5,72 <sup>bA</sup>	6,19 <sup>bB</sup>	1,68 <sup>aAB</sup>	0,39 <sup>cA</sup>
	Madeira	608,6	6,52 <sup>cA</sup>	0,47 <sup>bA</sup>	4,44 <sup>cA</sup>	1,41 <sup>cAB</sup>	0,86 <sup>bA</sup>	0,37 <sup>cAB</sup>
50E:50A (E)	Folhas	988,6	35,38 <sup>aB</sup>	2,29 <sup>aA</sup>	8,58 <sup>aA</sup>	6,88 <sup>bA</sup>	1,76 <sup>aA</sup>	1,88 <sup>aA</sup>
	Galhos	748,3	6,61 <sup>bC</sup>	0,67 <sup>bA</sup>	7,92 <sup>ab</sup>	5,83 <sup>cAB</sup>	0,94 <sup>bB</sup>	0,35 <sup>bB</sup>
	Casca	227,4	5,56 <sup>bB</sup>	0,37 <sup>dB</sup>	5,70 <sup>cA</sup>	9,85 <sup>aA</sup>	1,67 <sup>aAB</sup>	0,31 <sup>bA</sup>
	Madeira	802,5	5,41 <sup>bA</sup>	0,52 <sup>cA</sup>	6,42 <sup>bA</sup>	1,12 <sup>dB</sup>	0,57 <sup>cB</sup>	0,24 <sup>cB</sup>
50E:50A (A)	Folhas	814,0	39,33 <sup>aAB</sup>	1,74 <sup>aA</sup>	6,44 <sup>ab</sup>	8,78 <sup>aA</sup>	2,28 <sup>aA</sup>	1,82 <sup>aA</sup>
	Galhos	525,5	11,40 <sup>bB</sup>	0,59 <sup>bA</sup>	5,04 <sup>aC</sup>	3,95 <sup>bB</sup>	1,26 <sup>bB</sup>	0,39 <sup>bAB</sup>
	Casca	205,9	13,95 <sup>bA</sup>	0,75 <sup>bA</sup>	5,22 <sup>aA</sup>	5,49 <sup>bB</sup>	1,20 <sup>bB</sup>	0,42 <sup>bA</sup>
	Madeira	737,4	7,34 <sup>bA</sup>	0,86 <sup>bA</sup>	4,98 <sup>aA</sup>	1,76 <sup>cA</sup>	0,82 <sup>cA</sup>	0,40 <sup>bA</sup>

Em que: <sup>(1)</sup> = letras minúsculas referem-se à separação dos contrastes de médias da concentração de nutrientes entre as diferentes frações da biomassa em cada tratamento (Teste *t*) e letras maiúsculas referem-se à separação dos contrastes de médias de cada fração da biomassa nos diferentes tratamentos (Teste de Tukey), ao nível de 0,05 de significância; 100E (100 % de eucalipto + milho); - 100A (100 % de acácia-negra + milho); - 50E:50A (E) (50 % de eucalipto + 50 % de acácia-negra + milho – com amostragem de plantas de eucalipto); - 50E:50A (A) (50 % de eucalipto + 50 % de acácia-negra + milho – com amostragem de plantas de acácia-negra).

TABELA 3: Teores de micronutrientes na biomassa em povoamentos mono específicos e mistos de *Eucalyptus urograndis* e *Acacia mearnsii*.TABLE 3: Biomass micronutrient concentration in monospecific and mixed stands of *Eucalyptus urograndis* and *Acacia mearnsii*.

Tratamento	Fração	Biomassa (kg ha <sup>-1</sup> )	Micronutrientes (mg kg <sup>-1</sup> )				
			B	Cu	Fe	Mn	Zn
100E	Folhas	810,2	35,51 <sup>aB</sup> (1)	11,72 <sup>aA</sup>	102,00 <sup>aA</sup>	2.511,23 <sup>aA</sup>	20,62 <sup>aA</sup>
	Galhos	553,4	16,38 <sup>bA</sup>	6,57 <sup>bA</sup>	18,11 <sup>bB</sup>	1.306,89 <sup>cA</sup>	12,54 <sup>bA</sup>
	Casca	162,8	28,77 <sup>aA</sup>	2,84 <sup>bB</sup>	30,27 <sup>bA</sup>	1.813,04 <sup>bA</sup>	7,76 <sup>cA</sup>
	Madeira	589,9	6,54 <sup>cA</sup>	5,69 <sup>bA</sup>	10,45 <sup>cAB</sup>	349,24 <sup>dA</sup>	10,97 <sup>bcA</sup>
100A	Folhas	602,1	59,48 <sup>aA</sup>	17,57 <sup>aA</sup>	144,88 <sup>aA</sup>	251,96 <sup>cC</sup>	24,01 <sup>aA</sup>
	Galhos	235,4	15,47 <sup>bA</sup>	7,76 <sup>bA</sup>	52,68 <sup>bcA</sup>	86,46 <sup>bb</sup>	18,09 <sup>bA</sup>
	Casca	150,2	15,46 <sup>bb</sup>	3,76 <sup>bA</sup>	95,05 <sup>abA</sup>	84,54 <sup>bc</sup>	10,19 <sup>cA</sup>
	Madeira	608,6	6,27 <sup>cA</sup>	5,25 <sup>bA</sup>	17,40 <sup>cA</sup>	27,82 <sup>cb</sup>	9,07 <sup>cA</sup>
50E:50A (E)	Folhas	988,6	44,82 <sup>aAB</sup>	13,46 <sup>aA</sup>	108,72 <sup>aA</sup>	2.147,22 <sup>ab</sup>	21,51 <sup>aA</sup>
	Galhos	748,3	14,76 <sup>bA</sup>	7,39 <sup>bA</sup>	17,74 <sup>bB</sup>	943,29 <sup>bA</sup>	12,60 <sup>bA</sup>
	Casca	227,4	34,99 <sup>aA</sup>	3,28 <sup>dAB</sup>	20,59 <sup>bA</sup>	1.487,17 <sup>bb</sup>	6,95 <sup>cA</sup>
	Madeira	802,5	6,73 <sup>bA</sup>	5,41 <sup>cA</sup>	7,22 <sup>cb</sup>	244,27 <sup>cA</sup>	11,46 <sup>bA</sup>
50E:50A (A)	Folhas	814,0	44,82 <sup>aAB</sup>	13,57 <sup>aA</sup>	140,42 <sup>aA</sup>	394,32 <sup>cC</sup>	24,18 <sup>aA</sup>
	Galhos	525,5	10,07 <sup>bb</sup>	5,76 <sup>bA</sup>	39,77 <sup>bA</sup>	66,14 <sup>cb</sup>	12,85 <sup>bA</sup>
	Casca	205,9	11,81 <sup>bb</sup>	2,98 <sup>bb</sup>	37,64 <sup>bA</sup>	101,73 <sup>bc</sup>	8,56 <sup>bA</sup>
	Madeira	737,4	5,50 <sup>bA</sup>	5,08 <sup>bA</sup>	13,93 <sup>cAB</sup>	43,08 <sup>db</sup>	9,81 <sup>bA</sup>

Em que: <sup>(1)</sup> = letras minúsculas referem-se à separação dos contrastes de médias da concentração de nutrientes entre as diferentes frações da biomassa em cada tratamento (Teste *t*) e letras maiúsculas referem-se à separação dos contrastes de médias de cada fração da biomassa nos diferentes tratamentos (Teste de Tukey), ao nível de 0,05 de significância; 100E (100 % de eucalipto + milho); - 100A (100 % de acácia-negra + milho); - 50E:50A (E) (50 % de eucalipto + 50 % de acácia-negra + milho – com amostragem de indivíduos de eucalipto); - 50E:50A (A) (50 % de eucalipto + 50 % de acácia-negra + milho – com amostragem de indivíduos de acácia-negra).

concentração maior ( $p < 0,05$ ) nas folhas. Essa tendência, que a maioria dos nutrientes tem de concentrar-se nas estruturas mais novas da planta, é devida ao fato de as folhas possuírem maior atividade metabólica (MALAVOLTA et al., 1997). Além disso, nessas regiões é que se encontra a maioria das células vivas, responsáveis pela fotossíntese e pela transpiração (EPSTEIN e BLOOM, 2006).

Essa mesma tendência, de maior concentração de nutrientes nas folhas, foi encontrada por Golley et al. (1975), Bellote (1980), La Torraca et al. (1984), Haag (1985), Schumacher e Poggiani (1993), Pereira et al. (2000), Viera (2007), Kleimpaul (2008), Witschoreck (2008). Todos os autores supracitados relacionaram essa tendência ao fato de que nas folhas há uma maior atividade metabólica, necessitando, dessa forma,

maior disponibilidade de nutrientes. Além do mais, segundo Ferri (1985), a maioria dos nutrientes possui mobilidade dentro da planta e, com isso, tende a se concentrar nos órgãos mais novos. É o caso, por exemplo, do nitrogênio, o qual possui teores superiores nas folhas do que nos demais componentes da biomassa. Esse comportamento pode ser explicado pelo fato de este elemento participar da maioria das reações de metabolismo de compostos (aminoácidos, proteínas, amins, amidas, vitaminas, etc.), as quais têm seu sítio de ocorrência principal nas folhas, em virtude da fotossíntese (MALAVOLTA, 1985; EPSTEIN e BLOOM, 2006).

A exemplo do nitrogênio, segundo Viera e Schumacher (2009), o fósforo tem ampla mobilidade dentro da planta e, com isso, ele tende

a se concentrar nos órgãos mais novos, no caso deste estudo, no componente folhas. Já para o Ca, os autores salientam que, devido a sua imobilidade no floema das plantas, poder-se-ia explicar a sua concentração elevada na fração casca, assim como o fato de o elemento ser componente estrutural, por fazer parte da lamela média de membrana celular.

A diferença de concentração de nutrientes entre os componentes e dentro dos componentes da planta é decorrente do ciclo bioquímico que envolve a retranslocação de um determinado elemento móvel nos tecidos vegetais de um local de residência (órgão) para outro, como por exemplo, de uma folha velha para uma nova (MALAVOLTA, 1997), ou seja, refere-se à transferência de nutrientes no próprio interior da planta. Segundo Nambier e

Fife (1987), a taxa de crescimento das árvores, mais do que a disponibilidade de nutrientes no solo, é o principal fator controlador da retranslocação e, em espécies florestais, a retranslocação dos nutrientes dentro da planta constitui-se em uma fonte de suprimento importante.

#### Nutrientes no milho

Os componentes da biomassa do milho acima da superfície do solo apresentaram composições químicas distintas ( $p < 0,05$ ) (Tabelas 4 e 5). No componente grãos, foram verificadas as maiores concentrações de nitrogênio e fósforo, enquanto na palha e sabugo ocorreram as maiores concentrações de potássio, e no componente folhas as maiores concentrações dos demais nutrientes.

TABELA 4: Teores de macronutrientes nas frações da biomassa do milho em sistema agrossilvicultural.  
TABLE 4: Macronutrient concentration in the biomass fractions of maize in agroforestry system.

Trat.	Fração	Biomassa (kg ha <sup>-1</sup> )	Macronutrientes (g kg <sup>-1</sup> )					
			N	P	K	Ca	Mg	S
100E	Folha	997,5	14,88 <sup>ba(1)</sup>	1,01 <sup>ba</sup>	3,44 <sup>ca</sup>	5,27 <sup>aA</sup>	2,87 <sup>aA</sup>	1,54 <sup>aA</sup>
	Colmo	634,1	10,99 <sup>ca</sup>	0,59 <sup>cdA</sup>	6,68 <sup>aA</sup>	2,27 <sup>bA</sup>	2,51 <sup>aA</sup>	1,07 <sup>bA</sup>
	Palha	269,9	6,54 <sup>ca</sup>	0,47 <sup>dA</sup>	6,25 <sup>abA</sup>	1,02 <sup>ca</sup>	1,57 <sup>ba</sup>	0,67 <sup>ca</sup>
	Sabugo	379,3	8,52 <sup>dA</sup>	0,69 <sup>ca</sup>	6,04 <sup>abcA</sup>	0,27 <sup>dA</sup>	0,72 <sup>ca</sup>	0,79 <sup>ca</sup>
	Grãos	1925,2	17,69 <sup>aA</sup>	2,24 <sup>aA</sup>	3,63 <sup>bcA</sup>	0,18 <sup>dA</sup>	1,58 <sup>ba</sup>	1,34 <sup>aA</sup>
100A	Folha	1266,2	12,96 <sup>ba</sup>	0,91 <sup>ba</sup>	3,09 <sup>ba</sup>	4,61 <sup>aA</sup>	2,75 <sup>aA</sup>	1,29 <sup>aA</sup>
	Colmo	845,3	13,49 <sup>ba</sup>	0,81 <sup>ba</sup>	5,43 <sup>aA</sup>	2,35 <sup>ba</sup>	2,32 <sup>ba</sup>	1,21 <sup>aA</sup>
	Palha	311,1	7,57 <sup>ca</sup>	0,85 <sup>ba</sup>	6,39 <sup>aA</sup>	0,96 <sup>ca</sup>	1,64 <sup>ca</sup>	0,70 <sup>ba</sup>
	Sabugo	427,4	8,87 <sup>ca</sup>	0,86 <sup>ba</sup>	5,39 <sup>aA</sup>	0,30 <sup>dA</sup>	0,75 <sup>dA</sup>	0,76 <sup>ba</sup>
	Grãos	1805,1	16,93 <sup>aA</sup>	2,55 <sup>aA</sup>	2,85 <sup>ba</sup>	0,16 <sup>dA</sup>	1,28 <sup>ca</sup>	1,16 <sup>aA</sup>
50E:50A	Folha	1261,1	14,34 <sup>ba</sup>	0,91 <sup>ba</sup>	1,93 <sup>ca</sup>	5,51 <sup>aA</sup>	3,06 <sup>aA</sup>	1,31 <sup>aA</sup>
	Colmo	574,6	14,06 <sup>ba</sup>	0,64 <sup>ca</sup>	4,30 <sup>bcA</sup>	2,47 <sup>ba</sup>	3,04 <sup>aA</sup>	1,61 <sup>aA</sup>
	Palha	318,1	6,93 <sup>dA</sup>	0,51 <sup>ca</sup>	6,50 <sup>abA</sup>	1,07 <sup>ca</sup>	1,71 <sup>ba</sup>	0,73 <sup>ba</sup>
	Sabugo	416,8	8,74 <sup>ca</sup>	0,80 <sup>ba</sup>	7,20 <sup>aA</sup>	0,28 <sup>dA</sup>	0,75 <sup>dA</sup>	0,90 <sup>ba</sup>
	Grãos	1814,7	17,15 <sup>aA</sup>	1,98 <sup>aA</sup>	2,42 <sup>ca</sup>	0,10 <sup>ca</sup>	1,02 <sup>ca</sup>	1,31 <sup>aA</sup>
75E:25A	Folha	959,9	14,14 <sup>abA</sup>	1,12 <sup>ba</sup>	3,21 <sup>ba</sup>	5,09 <sup>aA</sup>	2,72 <sup>aA</sup>	1,37 <sup>aA</sup>
	Colmo	621,8	13,00 <sup>abA</sup>	0,64 <sup>bcA</sup>	5,31 <sup>abA</sup>	2,61 <sup>ba</sup>	2,28 <sup>aA</sup>	1,38 <sup>aA</sup>
	Palha	288,1	6,69 <sup>dA</sup>	0,47 <sup>ca</sup>	6,66 <sup>aA</sup>	1,75 <sup>ca</sup>	1,88 <sup>abA</sup>	0,90 <sup>ba</sup>
	Sabugo	372,3	8,90 <sup>cdA</sup>	0,68 <sup>bcA</sup>	5,81 <sup>abA</sup>	0,36 <sup>dA</sup>	0,70 <sup>ca</sup>	1,16 <sup>abA</sup>
	Grãos	1786,2	17,49 <sup>aA</sup>	2,54 <sup>aA</sup>	3,59 <sup>abA</sup>	0,22 <sup>dA</sup>	1,24 <sup>bcA</sup>	1,46 <sup>aA</sup>
25E:75A	Folha	1017,5	14,74 <sup>ba</sup>	1,23 <sup>ba</sup>	2,67 <sup>ba</sup>	4,77 <sup>aA</sup>	1,86 <sup>abA</sup>	1,52 <sup>aA</sup>
	Colmo	595,5	14,88 <sup>ba</sup>	0,70 <sup>bcA</sup>	5,82 <sup>abA</sup>	2,66 <sup>ba</sup>	2,28 <sup>aA</sup>	1,52 <sup>aA</sup>
	Palha	263,9	6,42 <sup>dA</sup>	0,50 <sup>ca</sup>	6,87 <sup>aA</sup>	1,15 <sup>ca</sup>	1,37 <sup>abA</sup>	0,78 <sup>ba</sup>
	Sabugo	374,5	9,21 <sup>ca</sup>	0,69 <sup>bcA</sup>	5,84 <sup>abA</sup>	0,35 <sup>dA</sup>	0,63 <sup>ba</sup>	0,97 <sup>ba</sup>
	Grãos	1760,9	18,39 <sup>aA</sup>	3,21 <sup>aA</sup>	3,83 <sup>abA</sup>	0,25 <sup>dA</sup>	1,27 <sup>abA</sup>	1,57 <sup>aA</sup>

Em que: <sup>(1)</sup> = letras minúsculas referem-se à separação dos contrastes de médias da concentração de nutrientes entre as diferentes frações da biomassa em cada tratamento (Teste *t*) e as letras maiúsculas referem-se à separação dos contrastes de médias de cada fração da biomassa nos diferentes tratamentos (Teste de Tukey), ao nível de 0,05 de significância; 100E (100 % de eucalipto + milho); - 100A (100 % de acácia-negra + milho); - 50E:50A (50 % de eucalipto + 50 % de acácia-negra + milho); - 75E:25A (75 % de eucalipto + 25 % de acácia-negra + milho); e - 25E:75A (25 % de eucalipto + 75 % de acácia-negra + milho).

TABELA 5: Teores de micronutrientes nas frações da biomassa do milho em sistema agrossilvicultural.  
 TABLE 5: Micronutrients concentration in the biomass fractions of maize in agroforestry system.

Trat.	Fração	Biomassa (kg ha <sup>-1</sup> )	Micronutrientes (mg kg <sup>-1</sup> )				
			B	Cu	Fe	Mn	Zn
100E	Folha	997,5	16,27 <sup>aA(1)</sup>	17,46 <sup>aA</sup>	369,81 <sup>aA</sup>	463,96 <sup>aAB</sup>	26,06 <sup>aA</sup>
	Colmo	634,1	5,42 <sup>bcA</sup>	6,80 <sup>bcA</sup>	36,66 <sup>bA</sup>	59,66 <sup>cA</sup>	36,09 <sup>aA</sup>
	Palha	269,9	9,57 <sup>bAB</sup>	7,32 <sup>bA</sup>	56,80 <sup>bA</sup>	85,77 <sup>bAB</sup>	36,11 <sup>aA</sup>
	Sabugo	379,3	3,41 <sup>cA</sup>	6,41 <sup>bcA</sup>	34,12 <sup>bA</sup>	18,25 <sup>dA</sup>	37,92 <sup>aA</sup>
	Grãos	1925,2	7,55 <sup>bA</sup>	3,51 <sup>cA</sup>	36,70 <sup>bA</sup>	11,57 <sup>dA</sup>	32,47 <sup>aA</sup>
100A	Folha	1266,2	17,27 <sup>aA</sup>	11,18 <sup>aA</sup>	376,40 <sup>aA</sup>	391,82 <sup>bB</sup>	30,55 <sup>aA</sup>
	Colmo	845,3	6,24 <sup>bA</sup>	7,09 <sup>bA</sup>	44,83 <sup>bA</sup>	57,20 <sup>bA</sup>	36,11 <sup>aA</sup>
	Palha	311,1	6,73 <sup>bbB</sup>	4,94 <sup>cbB</sup>	52,55 <sup>bA</sup>	80,78 <sup>bbB</sup>	26,95 <sup>aA</sup>
	Sabugo	427,4	4,25 <sup>cA</sup>	5,53 <sup>bcA</sup>	28,04 <sup>cA</sup>	19,35 <sup>cA</sup>	39,20 <sup>aA</sup>
	Grãos	1805,1	5,45 <sup>bcA</sup>	2,54 <sup>dA</sup>	27,30 <sup>cA</sup>	9,18 <sup>dA</sup>	24,28 <sup>aA</sup>
50E:50A	Folha	1261,1	17,55 <sup>aA</sup>	14,75 <sup>aA</sup>	438,80 <sup>aA</sup>	578,51 <sup>aA</sup>	28,26 <sup>cdA</sup>
	Colmo	574,6	5,32 <sup>cA</sup>	11,12 <sup>bA</sup>	57,43 <sup>bA</sup>	78,49 <sup>cA</sup>	68,93 <sup>aA</sup>
	Palha	318,1	10,26 <sup>bA</sup>	6,28 <sup>cbAB</sup>	44,74 <sup>bcA</sup>	123,46 <sup>bA</sup>	34,68 <sup>cA</sup>
	Sabugo	416,8	5,20 <sup>cA</sup>	6,94 <sup>cA</sup>	34,82 <sup>cA</sup>	28,65 <sup>dA</sup>	52,44 <sup>bA</sup>
	Grãos	1814,7	5,19 <sup>cA</sup>	2,19 <sup>dA</sup>	17,91 <sup>dA</sup>	9,95 <sup>cA</sup>	22,28 <sup>dA</sup>
75E:25A	Folha	959,9	17,92 <sup>aA</sup>	14,07 <sup>aA</sup>	289,07 <sup>aA</sup>	344,92 <sup>abB</sup>	28,88 <sup>abA</sup>
	Colmo	621,8	6,53 <sup>bcA</sup>	11,26 <sup>bA</sup>	38,86 <sup>bcA</sup>	52,01 <sup>bcA</sup>	58,34 <sup>aA</sup>
	Palha	288,1	9,91 <sup>bAB</sup>	6,09 <sup>cbAB</sup>	65,82 <sup>bA</sup>	101,24 <sup>baAB</sup>	32,36 <sup>abA</sup>
	Sabugo	372,3	5,01 <sup>cA</sup>	6,01 <sup>cA</sup>	35,50 <sup>bcA</sup>	15,63 <sup>cA</sup>	35,00 <sup>abA</sup>
	Grãos	1786,2	7,89 <sup>bA</sup>	2,94 <sup>dA</sup>	28,70 <sup>cA</sup>	11,08 <sup>cA</sup>	28,30 <sup>bA</sup>
25E:75A	Folha	1017,5	16,28 <sup>aA</sup>	14,39 <sup>aA</sup>	324,06 <sup>aA</sup>	393,42 <sup>abB</sup>	29,35 <sup>bA</sup>
	Colmo	595,5	6,96 <sup>cA</sup>	11,50 <sup>abA</sup>	49,71 <sup>bcA</sup>	61,56 <sup>bA</sup>	76,54 <sup>aA</sup>
	Palha	263,9	11,29 <sup>bA</sup>	7,37 <sup>bcA</sup>	83,50 <sup>bA</sup>	94,01 <sup>baAB</sup>	30,88 <sup>bA</sup>
	Sabugo	374,5	5,89 <sup>cA</sup>	6,24 <sup>cA</sup>	39,51 <sup>cA</sup>	23,58 <sup>cA</sup>	39,63 <sup>bA</sup>
	Grãos	1760,9	7,63 <sup>bcA</sup>	3,44 <sup>cA</sup>	33,55 <sup>cA</sup>	15,53 <sup>cA</sup>	36,27 <sup>bA</sup>

Em que: <sup>(1)</sup> = letras minúsculas referem-se à separação dos contrastes de médias da concentração de nutrientes entre as diferentes frações da biomassa em cada tratamento (Teste *t*) e as letras maiúsculas referem-se à separação dos contrastes de médias de cada fração da biomassa nos diferentes tratamentos (Teste de Tukey), ao nível de 0,05 de significância; 100E (100 % de eucalipto + milho); - 100A (100 % de acácia-negra + milho); - 50E:50A (50 % de eucalipto + 50 % de acácia-negra + milho); - 75E:25A (75 % de eucalipto + 25 % de acácia-negra + milho); e - 25E:75A (25 % de eucalipto + 75 % de acácia-negra + milho).

A elevada concentração de N e P nos grãos é explicada pelo fato deles desempenharem diversas funções. O P, por exemplo, tem a função de estimular o crescimento, apressar a maturação e ajudar na formação das sementes, na respiração e na absorção iônica de outros elementos (FERRI, 1985). Segundo Sayre (1948), as plantas de milho acumulam grandes quantidades de nitrogênio até quando cerca da metade da massa de grãos está formada, a partir de então, cessa o acúmulo na maior parte da planta e continua nos grãos, indicando que o N se transloca de outros órgãos (tecidos) da planta para os grãos. Quando o milho atinge a maturidade, cerca de um terço do nitrogênio e metade do fósforo que estão contidos nos grãos é proveniente de outras partes da planta, inclusive da palha e do pedúnculo

da espiga, devido à alta taxa de translocação desses nutrientes no interior da planta (HANWAY, 1962).

As espécies florestais não influenciaram significativamente nos teores de nutrientes nos diferentes componentes da biomassa aérea do milho, com exceção do componente palha, onde houve maior concentração de boro nos tratamentos 50E:50A e 25E:75A, de cobre nos tratamentos 100E e 25E:75A e de manganês no tratamento 50E:50A, em relação ao tratamento 100A, e do componente folha onde o manganês foi superior no tratamento 50E:50A em relação aos tratamentos 100A, 75E:25A e 25E:75A.

A pequena variação observada entre os teores de nutrientes pode estar relacionada à juvenildade das espécies florestais, pois pelo

momento da amostragem da biomassa do milho, a floresta se encontrava com aproximadamente 6 meses de idade e com pouca interferência aparente no desenvolvimento da cultura agrícola, já que as espécies foram implantadas simultaneamente. No estudo realizado por Kleinpaul (2008), também não foram observadas diferenças significativas nos teores de nutrientes nos diferentes componentes da biomassa do milho entre os tratamentos mistos e monoespecíficos de espécies florestais, durante a fase inicial do desenvolvimento (10 meses de idade).

## CONCLUSÕES

O *Eucalyptus urograndis* e a *Acacia mearnsii* tanto em plantio monoespecífico como em plantio misto apresentam maiores concentrações de nutrientes nas folhas e menores nos demais componentes.

O milho possui maiores concentrações de nitrogênio e fósforo nos grãos, de potássio na palha e no sabugo e nas folhas as maiores concentrações de cálcio, boro, cobre, ferro e manganês.

As espécies florestais não influenciam nitidamente nos teores de nutrientes nos diferentes componentes da biomassa aérea do milho, associada ao pouco tempo (aproximadamente 6 meses de idade) de implantação das espécies florestais.

A *Acacia mearnsii*, em cultivo misto com o eucalipto, apresentou redução na concentração de nitrogênio, magnésio e boro nos galhos e de cobre na casca, em comparação com seu monocultivo. O *Eucalyptus urograndis*, em cultivo com a acácia-negra, apresentou redução nos teores de potássio nos galhos e de manganês nas folhas e casca, em relação ao monocultivo.

## AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq – Brasil) pela bolsa concedida ao primeiro autor e à empresa Votorantim Celulose e Papel Unidade Rio Grande do Sul pela disponibilização das áreas para estudo e pelo apoio logístico e financeiro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAUHUS, J.; KHANNA, P. K.; MENDEN, N. Aboveground and belowground interactions in mixed plantations of *Eucalyptus globulus* and

*Acacia mearnsii*. **Canadian Journal Forestry Research**, Montreal, v. 30, n. 12, p. 1886-1894, dec. 2000.

BELLOTE, A. F. J. et al. Extração e exportação de nutriente pelo *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden em função da idade: I – macronutrientes. **IPEF**, Piracicaba, SP, n. 20, p. 27-45, jan./jun. 1980.

BELLOTE, A. F. J.; SILVA H. D. Técnicas de amostragem e avaliações nutricionais em plantios de *Eucalyptus* spp. In: Gonçalves, J. L. M. e Benedetti, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. 427 p.

BUDELMAN, A. Nutrient composition of the leaf biomass of three selected woody leguminous species. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 8, n. 1, p. 39-51, Feb. 1989.

DRECHSEL, P.; ZECH, W. Foliar nutrient levels of broad-leaved tropical trees: A tabular review. **Plant and Soil**, The Hague, v. 131, n. 1, p. 29-46, Feb. 1991.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212 p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Ed. Planta, 2006. 403 p.

FERRI, M. G. **Fisiologia vegetal** 1. 2.ed. São Paulo: EPU, 1985. 362 p.

FORRESTER, D. I. et al. Effects of changing the supply of nitrogen and phosphorus on growth and interactions between *Eucalyptus globulus* and *Acacia mearnsii* in a pot trial. **Plant and Soil**, The Hague, v. 280, n. 1/2, p. 267-277, Feb. 2006a.

FORRESTER, D. I.; BAUHUS, J.; COWIE, A. L. Carbon allocation in a mixed-species plantation of *Eucalyptus globulus* and *Acacia mearnsii*. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 233, n. 2/3, p. 275-284, Sept. 2006b.

FORRESTER, D. I.; BAUHUS, J.; COWIE, A. L. On the success and failure of mixed species tree plantations: lessons learned from a model system of *Eucalyptus globulus* and *Acacia mearnsii*. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 209, n. 1/2, p. 147-155, Apr. 2005.

FORRESTER, D. I.; BAUHUS, J.; KHANNA, P. K. Growth dynamics in a mixed-species plantation of *Eucalyptus globulus* and *Acacia mearnsii*. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 193, n. 1/2, p. 81-95, May 2004.

GOLLEY, F. B. et al. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de Floresta Tropical Úmida**. São Paulo: EPU, 1975. 256 p.

- HAAG, H. P. **Ciclagem de nutrientes em florestas tropicais**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 144 p.
- HANWAY, J. L. Corn growth and composition in relation to soil fertility. II Uptake of N, P and K and their distribution in different plant parts during the growing season. **Agronomy journal**, Madison, v. 54, n. 3, p. 217-222, May/June 1962.
- KING, K. F. S.; CHANDLER, M. T. **The wasted lands: the programme of world of ICRAF**. Nairobi, Kenya: ICRAF, 1978. 36 p.
- KLEINPAUL, I. S. **Plantio misto de *Eucalyptus urograndis* e *Acacia mearnsii* em sistema agroflorestal**. 2008. 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.
- LA TORRACA, S. M. et al. Recrutamento e exportação de nutrientes por *Pinus elliottii* var. *elliottii* em um latossolo vermelho escuro na região de Agudos, SP. **IPEF**, Piracicaba, SP, n. 27, p. 41-47, ago. 1984.
- MALAVOLTA, E. Absorção e transporte de íons e nutrição mineral. In: FERRI, M. G. **Fisiologia vegetal 1**. São Paulo: EPU, 1985. p. 77-116.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Associação brasileira para a pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.
- MEDRADO, M. J. S. **Caracterização, avaliação e desenvolvimento de sistemas agroflorestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 1998. 15 p.
- MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 42 p.
- NAIR, P. K. R. Classification of agroforestry systems. In: NAIR, P. K. R. **Agroforestry systems in the tropics**. London: Kluwer Academic, 1989. 338 p.
- NAMBIER, E. K. S.; FIFE, D. N. Growth and nutrient retranslocation in needles of Radiata Pine in relation to nitrogen supply. **Annals of Botany**, London, v. 60, n. 2, p. 147-156, Aug. 1987.
- PEREIRA, J. C. et al. Estimativa de conteúdo de nutrientes em um povoamento de *Acacia mearnsii* no Rio Grande do Sul – Brasil, **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 193-199, abr./ jun. 2000.
- SAYRE, J. D. Mineral accumulation in corn. **Plant physiology**, Washington, v. 23, n. 3, p. 267-281, 1948.
- SCHUMACHER, M. V.; POGGIANI, F. Produção de biomassa e remoção de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus torelliana*, plantados em Anhembi - SP. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 3, n. 1, p. 21-34, jan./dez. 1993.
- SILVA, F. C. da (ed.) **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2009. 627 p.
- SILVEIRA, R. L. V. A. et al. Evaluation of the nutritional status of eucalyptus: visual and foliar diagnoses and their interpretation. GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Forest nutrition and fertilization**. Piracicaba: IPEF, 2004. p. 85-112.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Comissão de química e fertilidade do solo. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre, 2004. 400 p.
- STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre: EMATER/RS, 2008. 222 p.
- TEDESCO, M. J. A. et al. Análise de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre, Departamento de Solos: UFRGS, 1995. 118 p. (Boletim Técnico).
- VEZZANI, F. M.; TEDESCO, M. J.; BARROS, N. F. Alterações dos nutrientes no solo e nas plantas em consórcio de eucalipto e acácia-negra. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 225-231, jan./mar. 2001.
- VIERA, M. **Avaliação da biomassa e nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus saligna* Sm. e *Eucalyptus urograndis* no município de Pinheiro Machado, RS**. Relatório de estágio supervisionado em Engenharia Florestal, UFSM. 2007. 53 p.
- VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V. Biomassa em povoamentos monoespecíficos e mistos de eucalipto e acácia-negra e do milho em sistema agrossilvicultural. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 2, p. 259-265, abr./jun. 2011.
- 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.
- WITSCHORECK, R. **Biomassa e nutrientes no corte raso de um povoamento de *Pinus taeda* L. de 17 anos de idade no município de Cambará do Sul – RS**. 2008. 80 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.
- YOUNG, A. **Agroforestry for soil conservation**. ICRAF: Science and Practice of agroforestry. 1989. 276 p.