

MICRONUTRIENTES DA BIOMASSA AÉREA DE BRACATINGA SOB DIFERENTES CLASSES DE SÍTIO, IDADE E DIÂMETRO

Saulo Jorge Téó¹, Sebastião do Amaral Machado², Carlos Bruno Reissmann³, Afonso Figueiredo Filho⁴

¹Eng. Florestal, M.Sc., Curso de Engenharia Florestal, UNOESC, Campus de Xanxerê - sauloteo@yahoo.com.br

²Eng. Florestal, Dr., Depto. de Ciências Florestais, UFPR, Curitiba, PR, Brasil - samachado@ufpr.br

³Eng. Florestal, Dr., Depto. de Solos e Engenharia Agrícola, UFPR, Curitiba, PR, Brasil - reissman@ufpr.br

⁴Eng. Florestal, Dr., Depto. de Engenharia Florestal, UNICENTRO, Iratí, PR, Brasil - afig@ufpr.br

Recebido para publicação: 03/08/2009 – Aceito para publicação: 23/03/2010

Resumo

Esta pesquisa teve como objetivo quantificar e analisar as concentrações e conteúdos de micronutrientes da biomassa aérea de bracatinga sob diferentes classes de sítio, idade e diâmetro, na região metropolitana de Curitiba, Estado do Paraná. Foram amostradas 25 árvores em diversas localidades da área de estudo, as quais foram separadas nos seguintes compartimentos da biomassa: folhas, galhos < 4 cm, galhos ≥ 4 cm, madeira e casca do fuste. Após o levantamento de biomassa no campo, amostras foram levadas para o laboratório para a determinação do peso da massa seca e dos micronutrientes. As árvores foram agrupadas por classe de sítio, de idade e de diâmetro, as quais constituíram os tratamentos de um delineamento estatístico inteiramente casualizado. De acordo com os resultados, as concentrações de micronutrientes assumiram a seguinte ordem decrescente: Mn > Fe > Cu > Zn. O compartimento da biomassa aérea que apresentou as maiores quantidades de micronutrientes foi a madeira. As concentrações de micronutrientes não apresentaram tendências claras de aumento ou diminuição com nenhum dos fatores analisados. Somente os diâmetros exerceram efeitos significativos e consistentes sobre os conteúdos de micronutrientes da biomassa aérea de bracatinga na região metropolitana de Curitiba.

Palavras-chave: *Mimosa scabrella*; nutrientes; ciclagem de nutrientes; biomassa.

Abstract

Micronutrients of above-ground bracatinga biomass under different sites, ages and diameter classes. The aims of this research were to quantify and analyze the micronutrient concentration and content of *Mimosa scabrella* above-ground biomass under different sites, ages and diameter classes, in Curitiba metropolitan region, Paraná State, Brazil. Twenty five trees were sampled in several localities of the study area, which were separated in different biomass components, as follow: leaves, twigs, branches, stem wood and bark. After the biomass survey in the field, samples of each tree component were carried out to the laboratory for dry weight and micronutrient determination. The trees were grouped by site, age and diameter classes, which constituted the treatments of a completely random statistical design. According to the results, the micronutrient concentrations assumed a decreasing order as follow: Mn > Fe > Cu > Zn. The stem wood presented the highest quantity of micronutrient, considering the tree above-ground biomass. The micronutrient concentrations didn't present clear tendencies according to site, age and diameter classes. Only the diameter classes had exerted significant and coherent effects on the micronutrient contents of the studied species.

Keywords: *Mimosa scabrella*; nutrients; nutrient cycling; biomass.

INTRODUÇÃO

A bracatinga (*Mimosa scabrella* Bentham) é a espécie florestal mais importante da Região Metropolitana da cidade de Curitiba, onde vem sendo manejada em sistema agroflorestal tradicional por mais de um século, o qual é resultado das experiências práticas dos proprietários rurais locais. Os bracatingais se concentram principalmente na porção norte da Região Metropolitana de Curitiba, ocupando uma superfície aproximada de 60.000 ha, distribuídos por cerca de 3.000 propriedades rurais, principalmente pequenas (BAGGIO; CARPANEZZI, 1997a).

O sistema de manejo tradicional da bracatinga possui características que o tornam, de certa forma, impactante do ponto de vista nutricional, como, por exemplo, prática de queimadas visando à quebra da dormência das sementes de bracatinga, a grande exportação de nutrientes via colheita de grãos das culturas agrícolas associadas e da lenha de bracatinga, uso de rotações curtas e falta de práticas de adubação de reposição (BAGGIO; CARPANEZZI, 1997b). Essas características tornam ainda mais importante o conhecimento e o monitoramento dos nutrientes do solo e da biomassa florestal, bem como os ciclos geoquímico e biológico de nutrientes.

Embora os micronutrientes sejam exigidos em menores quantidades do que os macronutrientes, eles são essenciais para o desenvolvimento das plantas, haja vista que os micronutrientes têm papel fundamental na atividade de várias enzimas e processos metabólicos das plantas, inclusive na fotossíntese. Existem evidências, ainda, de que alguns micronutrientes sejam importantes para o processo de fixação biológica de nitrogênio pelas plantas leguminosas, como é o caso da bracatinga.

De acordo com Singh (1982), o conteúdo de nutrientes de um povoamento florestal varia substancialmente entre diferentes tipologias florestais, de acordo com o grau de absorção de nutrientes e acúmulo de biomassa, os quais são afetados pela idade das árvores e pela qualidade de sítio, mesmo dentro de uma mesma espécie. Segundo Santana *et al.* (1999), os conteúdos de nutrientes nos troncos de eucalipto foram maiores para os sítios mais produtivos, evidenciando a relação entre nutrição e produção de biomassa. De acordo com esses autores, as melhores condições de sítio favoreceram tanto a absorção de nutrientes, ou seja, as concentrações, como os conteúdos de nutrientes da biomassa.

Ranger *et al.* (1995) estudaram o efeito da idade de povoamentos de douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* Franco) na absorção e estoque de nutrientes, verificando que a absorção de nutrientes tende a diminuir com a idade do povoamento. No entanto, mesmo com a diminuição da concentração de nutrientes com a idade, vários estudos relataram um aumento das quantidades de nutrientes acumuladas na biomassa com a idade (BELLOTE *et al.*, 1983; PEREIRA *et al.*, 1984; LACLAU *et al.*, 2000). Os mesmos efeitos da idade sobre as concentrações e conteúdos de nutrientes na biomassa florestal podem ser estendidos para as dimensões das árvores, como o diâmetro à altura do peito. Isso se deve à forte relação entre a idade, o diâmetro e o acúmulo de biomassa.

Nesse contexto, as hipóteses deste estudo são de que as concentrações e conteúdos de micronutrientes na biomassa aérea de bracatinga variam de acordo com os compartimentos da biomassa aérea e sofrem efeitos acerca da qualidade de sítio, da idade e do diâmetro das plantas.

Os objetivos desta pesquisa foram quantificar e avaliar as concentrações e conteúdos de Fe, Mn, Cu e Zn na biomassa aérea de bracatinga sob diferentes classes de sítio, idade e diâmetro, na Região Metropolitana de Curitiba, estado do Paraná.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado na porção norte da Região Metropolitana de Curitiba, compreendendo os municípios de Almirante Tamandaré, Campina Grande do Sul, Campo Magro e Colombo.

De acordo com Maack (2002), o clima da região é o Cfb da classificação de Köppen, com temperatura média anual de 16,5 °C e precipitação anual em torno de 1.500 mm. A altitude da região é, em média, de 950 m acima do nível do mar.

A maioria dos solos dos bracatingais é classificada como Cambissolos Álicos, variando de profundo a pouco profundo, principalmente em relevo forte ondulado. Os solos dos bracatingais são, quase invariavelmente, de baixa fertilidade, com 6 a 8% de matéria orgânica (0–20 cm de profundidade), com valores de pH frequentemente menores do que 4,0, níveis de fósforo abaixo de 10 mg.kg⁻¹, soma de bases abaixo de 1 cmol_c.kg⁻¹ e níveis de alumínio trocável acima de 5 cmol_c.kg⁻¹ (SOMARRIBA; KASS, 2001).

Foram amostradas 25 árvores provenientes de bracatingais nativos de diversas localidades distribuídas pela área de estudo. Os trabalhos de campo foram concentrados nos meses de junho e julho de 2007. As árvores amostradas apresentaram diâmetro médio a 1,3 m de altura (DAP) de 11,2 cm, variando de 7,0 a 20,0 cm, altura total média de 14,3 m, variando de 10,2 a 19,5 m, e idade entre 6 e 14 anos.

Os bracatingais amostrados para compor o banco de dados foram selecionados visando cobrir toda a variação da qualidade de sítios da Região Metropolitana de Curitiba, de acordo com o trabalho de Machado *et al.* (1997). Em cada bracatingal, foram coletadas árvores visando cobrir diferentes classes de diâmetro.

No campo, as árvores foram derrubadas e seccionadas nos seguintes compartimentos da biomassa aérea: folhas, galhos menores do que 4 cm de diâmetro, galhos maiores ou iguais a 4 cm de diâmetro, madeira do fuste e casca do fuste. O peso verde de cada compartimento foi determinado no campo e uma amostra de cada um deles foi retirada e embalada em sacos plásticos, para serem transportadas até o laboratório.

Em laboratório, as amostras foram picadas e levadas à câmara de secagem a 65 °C até peso constante, para obtenção do peso seco. Posteriormente, as amostras foram moídas em moinho de facas com peneira de malha 30 mesh, e uma alíquota de aproximadamente 15 g foi retirada e acondicionada em frascos plásticos, para realização das análises químicas dos micronutrientes.

As análises químicas dos nutrientes Fe, Mn, Cu e Zn foram realizadas no Laboratório de Biogeoquímica e Nutrição de Plantas do Departamento de Solos da Universidade Federal do Paraná. Os extratos da matéria seca em mufla e posterior solubilização em HCl 3 mol.L⁻¹ foram determinados por meio de espectrofotometria de absorção atômica, conforme descrito em Martins; Reissmann (2007).

Posteriormente ao cálculo das concentrações e dos conteúdos de micronutrientes para todos os compartimentos da biomassa, o trabalho foi direcionado para a verificação dos efeitos do sítio, da idade e dos diâmetros sobre as concentrações e conteúdos de micronutrientes, por meio de análise estatística. Primeiramente, as árvores foram classificadas de acordo com o sítio, a idade e os diâmetros, formando grupos de diferentes classes de sítio, idade e diâmetro, os quais constituíram os tratamentos de um delineamento inteiramente casualizado, enquanto as árvores de cada classe constituíram as repetições. Tal delineamento estatístico foi processado para cada uma das concentrações de micronutrientes de cada compartimento da biomassa (4 micronutrientes x 5 compartimentos da biomassa). O mesmo procedimento foi realizado para os conteúdos de micronutrientes dos diferentes compartimentos da biomassa aérea de bracinga.

A análise estatística iniciou-se com o teste de Bartlett, para verificação da homogeneidade das variâncias dos tratamentos, posteriormente foi feita a análise de variâncias e, se necessário, teste de comparação de médias de Tukey ($\alpha = 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1 mostra os valores médios das concentrações (mg.kg⁻¹) e conteúdos (mg) de Fe, Mn, Cu e Zn nos diferentes compartimentos da biomassa aérea de bracinga, calculadas com base nas 25 árvores amostradas. No que se refere à concentração de Mn e Zn em cada compartimento da biomassa, a seguinte ordem foi constatada: folhas > casca > galhos > madeira. Esse resultado está de acordo com os encontrados por Baggio; Carpanezi (1997b) para concentração de micronutrientes na biomassa aérea de bracinga também na Região Metropolitana de Curitiba. Entretanto, os nutrientes Fe e Cu mostraram algumas inversões nessa ordem, ou seja, o Fe apresentou maiores concentrações na madeira do que nos galhos e o Cu maiores concentrações nos galhos do que na casca.

Considerando todos os compartimentos da biomassa, o Mn foi o micronutriente que apresentou as maiores concentrações, seguido do Fe, Cu e, por último, Zn. Ocorreram duas exceções para essa regra, que foram a concentração de Fe maior do que a de Mn na madeira e a concentração de Cu maior do que a de Fe nos galhos maiores ou iguais a 4 cm de diâmetro. Convém salientar que esses resultados são baseados apenas em diferenças numéricas entre as concentrações dos diferentes micronutrientes nos diversos compartimentos da biomassa. Esse resultado é semelhante ao relatado por Baggio; Carpanezi (1997b), que encontraram a seguinte ordem decrescente: Mn, Fe, Zn e Cu. No entanto Caldeira *et al.* (2001) e Caldeira *et al.* (2003) encontraram resultados distintos, trabalhando com diferentes procedências de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.), uma espécie leguminosa parecida com a bracinga.

Quando comparadas com outros estudos, as concentrações de Cu encontradas nesta pesquisa mostraram-se mais altas, e as de Zn mais baixas (BAGGIO; CARPANEZZI, 1997b; CALDEIRA *et al.*, 2001; CALDEIRA *et al.*, 2003).

Para o conteúdo total de micronutrientes na biomassa aérea de bracinga, a seguinte ordem é verificada: Fe > Mn > Cu > Zn. Apesar do Mn apresentar maiores valores para a concentração na maioria dos compartimentos da biomassa, o Fe possui maior concentração na madeira, o compartimento que apresenta a maior biomassa, resultando, então, em maiores quantidades de Fe. A ordem decrescente dos conteúdos de micronutrientes encontrada neste estudo foi diferente da reportada por Baggio; Carpanezi (1997b), Caldeira *et al.* (2001) e Caldeira *et al.* (2003).

Tabela 1. Concentrações (mg.kg^{-1}) e conteúdos (mg) médios de micronutrientes para cada um dos compartimentos da biomassa aérea de bracatinga (*Mimosa scabrella*) na Região Metropolitana de Curitiba.

Table 1. Micronutrient concentration (mg.kg^{-1}) and content (mg) for each component of the above-ground biomass of *Mimosa scabrella* in the Curitiba Metropolitan Region.

Nutrientes	Copa			Fuste		Total
	Folha	Galhos < 4 ¹	Galhos ≥ 4 ¹	Madeira	Casca	
Concentração (mg.kg^{-1})						
Fe	118,54	32,53	10,08	63,86	77,73	
Mn	193,82	74,83	45,76	17,76	112,58	
Cu	20,61	17,63	17,59	4,50	14,30	
Zn	18,94	3,40	3,56	3,03	7,02	
Conteúdo (mg)						
Fe	279,56	162,85	58,53	2378,96	393,83	3264,36
Mn	456,99	382,78	271,94	661,21	641,13	2370,53
Cu	50,30	94,61	132,98	169,59	77,66	503,86
Zn	47,73	17,26	23,23	95,08	37,21	216,81

¹ diâmetro dos galhos na ponta fina, em cm.

Para analisar a participação de cada compartimento da biomassa no conteúdo de micronutrientes, foi construída a figura 1, a qual mostra as proporções médias dos micronutrientes em cada compartimento da biomassa aérea com relação ao conteúdo total. A madeira foi o compartimento da biomassa que acumulou as maiores quantidades de micronutrientes com relação aos demais, com 42,8%, seguida da casca (19,5%), folhas (15,7%), galhos < 4 cm (13,1%) e, por último, galhos ≥ 4 cm (10,6%). Embora a madeira tenha apresentado, na maioria das vezes, as menores concentrações de micronutrientes, ela possui a maior biomassa entre os compartimentos. A biomassa, por sua vez, afeta diretamente o conteúdo de nutrientes.

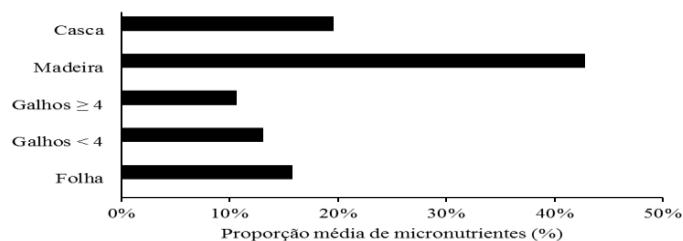


Figura 1. Proporção média dos micronutrientes em porcentagem para cada compartimento da biomassa aérea de bracatinga (*Mimosa scabrella*), na Região Metropolitana de Curitiba.

Figure 1. Mean proportion of the micronutrient in percentage for each tree component of the *Mimosa scabrella* above-ground biomass, in the Curitiba Metropolitan Region.

Se a biomassa aérea da bracatinga for separada em copa e fuste, cerca de 40% dos micronutrientes estão na copa e 60% no fuste da árvore. Os galhos mais grossos da bracatinga (galhos ≥ 4 cm) são utilizados como lenha, juntamente com a madeira e a casca do fuste. Sendo assim, 72,9% dos micronutrientes estão na lenha de bracatinga e estão suscetíveis à exportação pela colheita dos bracatingais. Baggio; Carpanezzi (1997b) encontraram que 71,3% do total de nutrientes (considerando macro e micronutrientes) estão na lenha da bracatinga. Esses resultados sugerem que, em termos relativos, há uma grande exportação de micronutrientes devido à colheita da lenha da bracatinga.

As concentrações e conteúdos de micronutrientes nos diferentes compartimentos da biomassa aérea de bracatinga são apresentados por classe de sítio na tabela 2. Abaixo dos valores está o resultado do teste de Tukey ($\alpha = 0,05$), sendo que para os valores que apresentam letras iguais não há diferença estatística significativa. Quando não há letras logo abaixo dos valores das concentrações e conteúdos, significa que o teste de Tukey não foi aplicado.

Tabela 2. Concentração e conteúdo de micronutrientes por classe de sítio em cada compartimento da biomassa aérea de bracatinga (*Mimosa scabrella*) na Região Metropolitana de Curitiba.

Table 2. Micronutrient concentration and content by site class in each component of the *Mimosa scabrella* above-ground biomass in the Curitiba Metropolitan Region.

Sítio	Fe		Mn		Cu		Zn	
	mg.kg ⁻¹	mg	mg.kg ⁻¹	mg	mg.kg ⁻¹	mg	mg.kg ⁻¹	mg
Folhas								
I	138,26	362,9	173,90	610,0	21,18	57,1	22,42	63,5
	-	-	-	-	-	-	-	-
II	132,73	248,9	146,78	293,6	20,81	44,2	16,48	34,9
	-	-	-	-	-	-	-	-
III	103,41	304,8	159,74	493,3	20,66	62,6	19,32	55,6
	-	-	-	-	-	-	-	-
IV	102,30	197,5	300,54	425,0	19,78	35,1	17,48	35,6
	-	-	-	-	-	-	-	-
Galhos < 4 cm								
I	25,66	172,9	68,58	639,3	18,86	127,1	2,55	19,9
	-	-	b	-	-	-	-	-
II	39,42	223,4	43,64	204,1	15,53	85,9	3,38	19,8
	-	-	b	-	-	-	-	-
III	28,59	141,1	51,19	291,5	18,96	102,8	4,52	21,0
	-	-	b	-	-	-	-	-
IV	37,11	117,6	139,85	411,4	16,96	61,3	2,97	7,8
	-	-	a	-	-	-	-	-
Galhos ≥ 4 cm								
I	7,65	98,9	37,18	264,4	19,01	206,7	2,53	32,1
	-	-	-	-	a	-	-	-
II	11,76	31,0	37,58	222,3	17,52	123,1	2,28	14,4
	-	-	-	-	ab	-	-	-
III	8,28	64,9	48,26	361,9	16,88	125,6	5,40	30,2
	-	-	-	-	b	-	-	-
IV	14,98	31,5	70,59	173,9	17,04	47,0	3,56	10,0
	-	-	-	-	b	-	-	-
Madeira								
I	67,59	3576,5	15,97	1029,4	4,37	241,5	2,16	126,7
	-	a	ab	-	-	a	-	-
II	60,04	2207,1	9,00	329,6	4,24	158,9	4,49	132,0
	-	ab	b	-	-	ab	-	-
III	65,12	2690,8	18,28	836,1	4,76	200,0	2,58	83,9
	-	ab	ab	-	-	ab	-	-
IV	62,47	989,5	27,69	420,6	4,57	72,9	2,96	39,6
	-	b	a	-	-	b	-	-
Casca								
I	65,49	477,1	110,64	1085,7	14,50	105,5	6,39	48,9
	-	a	-	-	-	a	-	-
II	94,22	437,2	79,84	437,1	14,80	81,3	7,17	37,4
	-	a	-	-	-	a	-	-
III	69,41	445,9	91,76	633,8	13,94	88,4	7,04	44,2
	-	a	-	-	-	a	-	-
IV	83,20	206,5	171,56	409,0	14,03	33,6	7,49	17,2
	-	b	-	-	-	b	-	-

Apenas as concentrações de Mn nos galhos < 4 cm e na madeira e as concentrações de Cu nos galhos \geq 4 cm mostraram diferenças significativas entre as classes de sítio. As concentrações de Mn apresentaram os maiores valores para a pior classe de sítio, todavia não foi possível identificar uma tendência inversamente proporcional à qualidade de sítio, que apresentasse clareza. Para os demais micronutrientes também não foi possível identificar tendências de aumento ou diminuição das concentrações com relação às classes de sítio.

Com relação aos conteúdos de micronutrientes, somente o Fe e o Cu, ambos na madeira e na casca da bracatinga apresentaram diferenças significativas entre as classes de sítio. No entanto não foi possível identificar tendências claras de aumento ou diminuição dos conteúdos de micronutrientes com relação à qualidade de sítio.

Os conteúdos da maioria dos micronutrientes apresentaram os maiores valores para a classe de sítio I e os menores para a classe de sítio IV. Todavia essa tendência não foi clara entre as classes II e III. Esse fato pode ser explicado quando as idades das árvores que compõem a classe de sítio III são observadas. Essas árvores possuem as maiores idades entre as amostradas, o que influencia diretamente o acúmulo de biomassa, que, por sua vez, afeta o conteúdo de micronutrientes.

Na tabela 3 são apresentadas as concentrações e conteúdos de micronutrientes por classe de idade para cada um dos compartimentos da biomassa aérea de bracatinga. Abaixo dos valores das concentrações e dos conteúdos está o resultado do teste de Tukey.

As concentrações de Mn em todos os compartimentos da biomassa apresentaram diferenças significativas entre as classes de idade. O mesmo pode ser constatado para as concentrações de Cu nos galhos e na madeira. Entretanto, nem as concentrações de Mn, nem as de Cu apresentaram tendências claras de aumento ou diminuição com relação à idade. De acordo com Ranger *et al.* (1995), as concentrações de nutrientes tendem a diminuir com a idade, devido ao efeito de diluição ligado ao crescimento acumulado da árvore, entre outros fatores. Por outro lado, Singh (1982) não encontrou tendências estatisticamente significativas da concentração de nutrientes com relação à idade de árvores de *Pinus patula* Scheide.

Os conteúdos de Mn nas folhas, de Zn na casca e de Fe, Mn e Cu na madeira e na casca apresentaram diferenças estatísticas significativas entre as classes de idade, de acordo com o teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). Pode-se dizer que houve uma tendência de aumento dos conteúdos de micronutrientes com relação à idade para os compartimentos da biomassa do fuste. Todavia, frequentemente a classe de idade de 10 a 11,9 anos mostra maiores conteúdos de micronutrientes do que a classe de 12 anos em diante. Se as árvores da classe de idade de 10 a 11,9 anos forem analisadas, é possível constatar que elas têm as maiores dimensões entre as árvores amostradas.

Vários estudos relataram um aumento do conteúdo de nutrientes com a idade para várias espécies florestais (SINGH, 1982; BELLOTE *et al.*, 1983; PEREIRA *et al.*, 1984; LACLAU *et al.*, 2000). Entretanto Ranger *et al.* (1995) relataram que o conteúdo de nutrientes na biomassa da copa de douglas-fir, na França, não seguiu essa mesma tendência, ficando estável após os 20 anos de idade.

A tabela 4 mostra os valores das concentrações e conteúdos de micronutrientes por classe diamétrica em cada compartimento da biomassa aérea de bracatinga. Abaixo de cada um dos valores das concentrações e conteúdos está o resultado do teste de Tukey. As concentrações de micronutrientes não apresentaram diferenças significativas entre as classes de diâmetro para nenhum dos compartimentos da biomassa aérea analisados. Assim como ocorreu neste estudo, Baggio (1994) analisou as concentrações de nutrientes para diferentes classes de diâmetro à altura do peito para bracatingais da Região Metropolitana de Curitiba. Dentre os nutrientes analisados, poucos apresentaram diferenças significativas entre as classes diamétricas, e mesmo os que apresentaram diferenças significativas não apresentaram uma distribuição constante ao longo das diferentes classes diamétricas, o que impossibilitou a interpretação do sentido geral da variação.

Os conteúdos de Fe, Cu e Zn apresentaram diferenças significativas entre as classes de diâmetro para a maioria dos compartimentos da biomassa aérea de bracatinga, porém isso não ocorreu para o Mn. De maneira geral, os conteúdos de micronutrientes aumentaram da menor para a maior classe diamétrica, em todos os compartimentos da biomassa, até mesmo para o Mn, porém sem significância estatística.

Tabela 3. Concentração e conteúdo de micronutrientes por classe de idade em cada compartimento da biomassa aérea de bracatinga na Região Metropolitana de Curitiba.

Table 3. Micronutrient concentration and content by age class in each component of the *Mimosa scabrella* above-ground biomass in the Curitiba Metropolitan Region.

Idade	Fe		Mn		Cu		Zn	
	mg.kg ⁻¹	mg	mg.kg ⁻¹	mg	mg.kg ⁻¹	mg	mg.kg ⁻¹	mg
Folhas								
6,0-7,9	144,15	301,6	105,53	199,7	21,28	45,2	20,41	44,6
	-	-	b	b	-	-	-	-
8,0-9,9	85,77	121,1	339,78	444,6	20,09	30,8	17,93	33,2
	-	-	a	ab	-	-	-	-
10,0-11,9	115,05	381,7	208,77	788,1	19,68	66,5	16,65	60,2
	-	-	ab	a	-	-	-	-
12,0-	100,71	269,4	209,67	619,2	20,99	63,0	19,98	55,2
	-	-	ab	ab	-	-	-	-
Galhos < 4 cm								
6,0-7,9	37,57	201,8	35,63	169,9	15,13	80,0	2,70	13,5
	-	-	b	-	c	b	-	-
8,0-9,9	36,40	81,5	146,39	336,6	16,18	43,0	3,44	8,5
	-	-	a	-	bc	b	-	-
10,0-11,9	27,17	207,6	87,12	806,0	21,29	158,4	3,05	25,7
	-	-	ab	-	a	a	-	-
12,0-	23,16	100,1	64,96	337,9	20,22	99,8	5,62	24,9
	-	-	ab	-	ab	ab	-	-
Galhos ≥ 4cm								
6,0-7,9	8,57	51,9	29,29	246,3	18,27	176,4	3,10	20,5
	-	-	b	-	a	-	-	-
8,0-9,9	12,18	22,2	64,37	160,0	16,31	48,0	3,11	9,6
	-	-	a	-	b	-	-	-
10,0-11,9	13,82	98,3	53,91	310,5	17,92	123,1	3,44	28,5
	-	-	ab	-	ab	-	-	-
12,0-	6,82	32,0	61,28	327,8	16,22	92,6	5,02	28,2
	-	-	a	-	b	-	-	-
Madeira								
6,0-7,9	63,42	2230,6	8,66	286,5	3,98	133,4	3,02	85,6
	-	ab	b	b	b	ab	-	-
8,0-9,9	62,15	945,1	27,14	389,7	4,44	67,6	3,24	41,7
	-	b	a	ab	ab	b	-	-
10,0-11,9	61,00	3351,8	20,20	1182,4	5,04	283,1	2,24	133,1
	-	a	ab	a	a	a	-	-
12,0-	71,39	3082,9	25,13	1155,5	5,06	217,2	3,95	128,5
	-	a	a	a	ab	a	-	-
Casca								
6,0-7,9	87,02	365,8	62,45	274,6	14,66	65,8	6,28	27,3
	-	a	b	b	-	b	-	b
8,0-9,9	75,35	172,3	162,71	358,0	13,47	30,0	7,71	16,7
	-	b	a	ab	-	c	-	b
10,0-11,9	70,16	546,4	150,17	1359,6	14,68	123,2	6,71	58,4
	-	a	a	a	-	a	-	a
12,0-	68,87	512,0	118,88	833,7	13,87	98,6	8,50	55,8
	-	a	ab	a	-	ab	-	a

Tabela 4. Concentração e conteúdo de micronutrientes por classe de diâmetro do fuste em cada compartimento da biomassa aérea de bracinga (*Mimosa scabrella*) na Região Metropolitana de Curitiba.

Table 4. Micronutrient concentration and content by diameter class in each component of the *Mimosa scabrella* above-ground biomass in the Curitiba Metropolitan Region.

Diâmetro	Fe		Mn		Cu		Zn	
	mg.kg ⁻¹	mg	mg.kg ⁻¹	mg	mg.kg ⁻¹	mg	mg.kg ⁻¹	mg
Folhas								
7,0-9,9	111,64	164,9	249,82	324,0	20,15	28,1	18,46	28,2
	-	b	-	-	-	b	-	b
10,0-12,9	154,71	294,3	147,31	264,2	20,85	35,2	17,67	31,2
	-	ab	-	-	-	b	-	b
13,0-	95,51	410,0	164,52	792,0	20,98	91,2	20,66	86,7
	-	a	-	-	-	a	-	a
Galhos < 4 cm								
7,0-9,9	34,50	97,1	102,44	295,1	16,84	54,0	3,34	8,0
	-	-	-	-	-	b	-	-
10,0-12,9	35,76	184,3	39,18	200,6	17,45	91,0	4,30	22,5
	-	-	-	-	-	ab	-	-
13,0-	27,25	226,2	71,51	651,7	18,79	148,5	2,69	24,2
	-	-	-	-	-	a	-	-
Galhos ≥ 4 cm								
7,0-9,9	14,00	19,3	54,40	99,9	17,12	28,7	4,49	6,3
	-	-	-	b	-	b	-	b
10,0-12,9	9,67	28,8	47,86	155,6	17,84	65,9	3,18	13,7
	-	-	-	b	-	b	-	b
13,0-	7,50	114,0	37,44	502,8	17,72	269,9	3,20	44,2
	-	-	-	a	-	a	-	a
Madeira								
7,0-9,9	58,43	990,9	19,66	312,3	4,45	76,3	2,95	45,2
	-	c	-	-	-	c	-	a
10,0-12,9	73,37	2465,7	18,83	653,1	4,58	157,6	4,76	142,1
	-	b	-	-	-	b	-	a
13,0-	62,32	4038,1	14,45	1104,5	4,49	296,6	1,62	116,3
	-	a	-	-	-	a	-	a
Casca								
7,0-9,9	84,59	236,6	133,64	358,7	13,99	38,4	7,94	22,5
	-	b	-	-	-	b	-	b
10,0-12,9	78,97	399,6	91,66	527,7	14,77	80,6	6,66	36,6
	-	a	-	-	-	a	-	ab
13,0-	68,09	585,3	104,57	1093,3	14,29	124,2	6,20	56,1
	-	a	-	-	-	a	-	a

O conteúdo de nutrientes é resultado do produto das concentrações de nutrientes e da biomassa. Como foi observado anteriormente, os diâmetros não tiveram efeito significativo sobre as concentrações de nutrientes. Dessa maneira, é possível inferir que os diâmetros influenciaram a produção de biomassa e, por conseguinte, o conteúdo de nutrientes.

De acordo com Ranger; Gelhaye (2001), o diâmetro da árvore é uma variável cumulativa, porém esse não é o caso da biomassa de raízes finas e folhas, ou do conteúdo de nutrientes nesses compartimentos da biomassa. Observando os resultados dos testes de Tukey ($\alpha = 0,05$) nos diferentes compartimentos da biomassa, verifica-se que os diâmetros exerceram um efeito mais acentuado nos conteúdos de Fe e Cu na madeira, como pode ser observado pela maior frequência de valores seguidos de letras diferentes.

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados deste estudo, foi possível concluir que:

- as diferenças numéricas entre as concentrações de micronutrientes resultaram na seguinte ordem decrescente: Mn > Fe > Cu > Zn;
- a madeira foi o compartimento da biomassa que acumulou as maiores quantidades de micronutrientes, quando comparado com os demais compartimentos da biomassa aérea;
- a lenha da bracatinga acumulou mais de 70% dos micronutrientes da biomassa aérea de bracatinga, indicando o grande potencial de exportação de micronutrientes na sua colheita;
- as concentrações de micronutrientes não apresentaram tendências claras de aumento ou diminuição com relação às classes de sítio, idade e diâmetro;
- somente os diâmetros exerceram efeitos significativos e consistentes sobre os conteúdos de micronutrientes da biomassa aérea de bracatinga na Região Metropolitana de Curitiba, sendo que, quanto maiores os diâmetros, maiores os conteúdos de micronutrientes na biomassa.

REFERÊNCIAS

- BAGGIO, A. J. **Estudio sobre el sistema agroforestal tradicional de la bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) en Brasil: productividad, manejo de residuos y elaboracion de compost.** 242 f. Tese (Doutorado) – Universidad Politecnica de Madrid, Madrid, 1994.
- BAGGIO, A. J.; CARPANEZZI, A. A. Estoque de nutrientes nos resíduos da exploração de bracatingais. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 34, p. 17-29, 1997a.
- BAGGIO, A. J.; CARPANEZZI, A. A. Exportação de nutrientes na exploração de bracatingais. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 34, p. 3-15, 1997b.
- BELLOTE, A. F. J.; SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P.; OLIVEIRA, G. D. de. Absorção de macronutrientes e micronutrientes pelo *Eucalyptus grandis* (Hill, ex-Maiden) em função da idade. **Silvicultura**, São Paulo, n. 32, p. 633-643, 1983.
- CALDEIRA, M. V. W.; RONDON NETO, R. M.; SCHUMACHER, M. V.; SPATHELF, P. Conteúdo e exportação de B, Cu, Fe, Mn, Zn e Na em acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) procedência Lake Geoge Bunge Dore – Austrália. **Floresta**, Curitiba, v. 31, n. 1, p. 99-104, 2001.
- CALDEIRA, M. V. W.; RONDON NETO, R. M.; SCHUMACHER, M. V. Conteúdo e exportação de micronutrientes em acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) procedência Batemans Bay (Austrália). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 9-14, 2003.
- LACLAU, J. P.; BOUILLET, J. P.; RANGER, J. Dynamics of biomass and nutrient accumulation in a clonal plantation of *Eucalyptus* in Congo. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 128, n. 3, p. 181-196, 2000.
- MAACK, R. **Geografia física do estado do Paraná**. 3. ed. Curitiba: Imprensa Oficial do Paraná, 2002. 440 p.
- MACHADO, S. A.; OLIVEIRA, E. B.; CARPANEZZI, A. A.; BARTOSZECK, A. C. P. S. Classificação de sítio para bracatingais na Região Metropolitana de Curitiba. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 35, p. 21-37, 1997.
- MARTINS, A. P. L.; REISSMANN, C. B. Material vegetal e as rotinas laboratoriais nos procedimentos químico-analíticos. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 8, n. 1, p. 1-17, 2007.
- PEREIRA, A. R.; BARROS, N. F. de; ANDRADE, D. C. de; CAMPOS, P. T. A. Concentração e distribuição de nutrientes em *Eucalyptus grandis* em função da idade cultivado na região do cerrado. **Brasil Florestal**, Brasília, n. 59, p. 27-37, 1984.
- RANGER, J.; GELHAYE, D. Belowground biomass and nutrient content in a 47-year-old Douglas-fir plantation. **Annals of Forest Science**, Paris, v. 58, n. 4, p. 423-430, 2001.

RANGER, J.; MARQUES, R.; COLIN-BELGRAND, M.; FLAMMANG, N.; GELHAYE, D. The dynamics of biomass and nutrient accumulation in a Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* Franco) stand studied using a chronosequence approach. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 72, n. 2, p. 167-183, 1995.

SANTANA, R. C.; BARROS, N. F. de; NEVES, J. C. L. Biomassa e conteúdo de nutrientes de procedências de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em alguns sítios florestais do estado de São Paulo. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 56, p. 155-169, 1999.

SINGH, B. Nutrient content of standing crop and biological cycling in *Pinus patula* ecosystem. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 4, n. 4, p. 317-332, 1982.

SOMARRIBA, E.; KASS, D. Estimates of above-ground biomass and nutrient accumulation in *Mimosa scabrella* fallows in southern Brazil. **Agroforestry Systems**, Amsterdam, v. 51, n. 2, p. 77-84, 2001.