



BRUNO PERES BENATTI

**COMPARTIMENTALIZAÇÃO DE BIOMASSA E
DE NUTRIENTES EM ESTRUTURAS DE
PLANTAS DE EUCALIPTO CULTIVADAS EM
SOLOS DISTINTOS**

LAVRAS – MG

2013

BRUNO PERES BENATTI

**COMPARTIMENTALIZAÇÃO DE BIOMASSA E DE NUTRIENTES EM
ESTRUTURAS DE PLANTAS DE EUCALIPTO CULTIVADAS EM
SOLOS DISTINTOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, área de concentração em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Antonio Eduardo Furtini Neto

LAVRAS - MG

2013

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Benatti, Bruno Peres.

Compartimentalização de biomassa e de nutrientes em estruturas de plantas de eucalipto cultivadas em solos distintos / Bruno Peres Benatti. – Lavras : UFLA, 2013.

114 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2013.

Orientador: Antonio Eduardo Furtini Neto.

Bibliografia.

1. *Eucalyptus* sp. 2. Latossolo. 3. Cambissolo. 4. Ciclagem de nutrientes. 5. Florestas plantadas. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 631.47

BRUNO PERES BENATTI

**COMPARTIMENTALIZAÇÃO DE BIOMASSA E DE NUTRIENTES EM
ESTRUTURAS DE PLANTAS DE EUCALIPTO CULTIVADAS EM
SOLOS DISTINTOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, área de concentração em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 20 de fevereiro de 2013.

Dr. Antonio Eduardo Furtini Neto	UFLA
Dr. Nilton Curi	UFLA
Dr. Francisco Dias Nogueira	EPAMIG

Dr. Antonio Eduardo Furtini Neto
Orientador

LAVRAS – MG

2013

*A Deus, pela vida e por acompanhar e iluminar meu caminho.
Aos meus pais, Hélio José Benatti Junior e Nomaiacy de Almeida Peres, pela
educação, apoio, incentivo, compreensão e amor. Aos meus irmãos, Verena e
Victor Peres Benatti, pela convivência, companheirismo e carinho, em toda a
vida.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), à Empresa Pam Bioenergia do grupo Saint Gobain, à Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Ciência do Solo (DCS), pelo apoio financeiro e oportunidade de realizar o mestrado e o presente trabalho.

Ao professor Dr. Antonio Eduardo Furtini Neto, pelo ensinamento técnico, confiança, orientação e amizade por mais de quatro anos de trabalhos desenvolvidos.

Ao Engenheiro florestal Carlos Magno Melo Vieira, pela parceria entre a UFLA e Pam Bioenergia.

A Soami Fernanda Caio Decetti e Pedro Bueno Magalhães, pela ajuda *in situ* na obtenção e na compilação dos dados.

Ao amigo Pedro Ivo Silveira Henriques, pelas conversas, desabafos e momentos de alegria passados juntos.

A Thaiana, pelo carinho, força, apoio e estímulo no período do mestrado.

Aos colegas Eduane, Bruno Moretti, Daniele, Julian e Thiago Reis, pelas trocas de ideias.

Aos funcionários Roberto e Pezão, pela disponibilidade e empenho em ajudar.

Aos professores e funcionários do Departamento de Ciência do Solo da UFLA, pela colaboração, amizade e desprendimento na realização das tarefas.

Aos moradores e ex-moradores da República Paióça, pelo acolhimento, ensinamento, companheirismo, palavras de conforto e amizade, em todos os meus momentos de residência em Lavras.

A todos que, de forma direta ou indiretamente, contribuíram para o desenvolvimento do presente trabalho.

RESUMO

O presente estudo foi realizado em plantios clonais de híbridos espontâneos de *Eucalyptus urophylla* e *E. grandis*, na região dos Campos das Vertentes, Minas Gerais, Brasil, em propriedades da empresa Pam Bioenergia, do grupo Saint Gobain. A densidade de plantio das áreas de estudo é de 3,5 x 2,5 m entre linhas e entre plantas, respectivamente, totalizando aproximadamente 1.142 plantas por hectare, com idade de seis anos e meio. O estudo foi realizado com o objetivo geral de quantificar a biomassa e os nutrientes na serrapilheira dos plantios e nos distintos compartimentos das plantas, como folhas, galhos vivos, galhos mortos, casca, lenho e total visando um manejo mais eficiente e sustentável. No primeiro estudo foram avaliados plantios do clone I-144 nas classes de Latossolo e Cambissolo e, no segundo estudo, foram avaliados os clones I-144 e I-220 somente no Cambissolo, por ser a classe de solo mais representativa da região. Para a avaliação, com base no inventário florestal recente dos plantios, foram escolhidos sítios com as maiores e as menores alturas dominantes, por se tratar da variável com maior representatividade de qualidade dos sítios florestais. Determinados os talhões de estudo, foi feita a avaliação do diâmetro à altura do peito (DAP) médio de cada sítio e abatidas cinco árvores em cada sítio com o DAP médio. Folhas, galhos vivos e mortos foram pesados na área, sendo retiradas amostras para a determinação da umidade. Para o tronco (lenho e casca), foi feita a cubagem rigorosa por meio da coleta de discos a 10 cm, no DAP, 10%, 30%, 50% e 70% da altura total das plantas. Para a quantificação da serrapilheira foram coletadas 12 amostras em cada sítio. Todos os compartimentos do eucalipto e serrapilheira foram secos em estufa, determinando-se a umidade e a massa seca de cada estrato analisado que, posteriormente, foram moídos e avaliados quanto aos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B e Zn. Também foi determinado o acúmulo de nutrientes por área. No primeiro estudo, em relação às classes de solo, estas influenciaram o acúmulo de nutrientes, sendo obtida a maior produção de biomassa e acúmulo de nutrientes no Latossolo. O nutriente que apresentou maior acúmulo foi o Ca, seguido, em ordem decrescente, por N, K, Mg, P, S, Zn e B. O maior acúmulo de N, P, K e Zn ocorreu no lenho; de Ca, Mg e B, na casca e de S, nas folhas. No segundo estudo, os clones dos sítios de maiores alturas dominantes apresentaram produtividade semelhante. A alocação total de nutrientes foi de 34%, 27%, 19%, 12% e 8%, respectivamente, no lenho, na casca, na folha, nos galhos vivos e nos galhos mortos. A casca compartimentaliza 11% do N, 14% do P, 20% do K, 47% do Ca, 31% do Mg, 19% do S, 36% do B e 14% do Zn, considerando a média dos dois clones.

Palavras-chave: *Eucalyptus* sp. Latossolo. Cambissolo. Florestas plantadas. Ciclagem de nutrientes.

ABSTRACT

The present study was conducted in clonal plantations of *Eucalyptus urophylla* and *E. grandis* spontaneous hybrids in the region of Campos das Vertentes, Minas Gerais, Brazil, on Pam Bioenergia company property, of the Saint Gobain group. The planting density of the study areas is 3.5 x 2.5 meters between rows and between plants, respectively totaling approximately 1142 - 6.5 year-old plants per hectare. The general objective of the study was to quantify the biomass and the nutrients in the litter of the plantings and in the different plant compartments, such as leaves, live branches, dead branches, bark, wood and total. In the first study plantings of the clone I-144 were appraised in the latosol and cambisol classes and in the second study the clones I-144 and I-220 were appraised only in the cambisol, for it being the most representative soil class of the region. For the evaluation, based on the recent forest plantation inventory, stands were chosen with the highest and lowest dominant heights, as it is the quality variable with higher representativeness of the forest sites. Having determined the stands for study, the evaluation of the average diameter at breast height (DBH) of each stand was conducted and 5 trees with average DBH cut down in each stand. The leaves and live and dead branches were weighed in the area, removing samples for determination of the humidity. For the trunk (wood + bark), the rigorous cubage was conducted through the collection of disks at 10 cm, at DBH and at 10, 30, 50 and 70% of the total height of the plants. For the quantification of the litter 12 samples were collected in each stand. All of the compartments of the eucalyptus and litter, were dried in an oven, and the humidity and the dry matter of each analyzed layer determined. After that, they were ground and analyzed as to the N, P, K, Ca, Mg, S, B and Zn content. With the contents and dry matter, the accumulation of nutrients per area was determined. In the first study, in relation to the soil classes, they influenced the accumulation of nutrients, the highest biomass production and nutrient accumulation being demonstrated in the latosol. The nutrient that presented the highest accumulation was Ca, followed in decreasing order by N, K, Mg, P, S, Zn and B. The highest accumulation of N, P, K and Zn was in the wood, Ca, Mg and B in the bark and S in the leaves. In the second study, the clones of the higher dominant height sites presented similar productivity. The total allocation of nutrients was of 34%, 27%, 19%, 12% and 8% respectively in the wood, bark, leaves, live branches and dead branches. The bark holds 11% N, 14% P, 20% K, 47% Ca, 31% Mg, 19% S, 36% B and 14% Zn, considering the average of the two clones.

Keywords: *Eucalyptus* sp. Latosol. Cambisol. Planted forests. Nutrient cycling.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Produção de massa seca ($t.ha^{-1}$), em cada compartimento e total, do eucalipto com seis anos e meio de idade, nas distintas classes de solo.....	40
Tabela 2	Distribuição relativa (%) da biomassa do eucalipto nas distintas classes de solo.....	44
Tabela 3	Massa seca ($t.ha^{-1}$) da serrapilheira nas áreas de plantio com as distintas classes de solo e sítios florestais.....	45
Tabela 4	Acúmulo de nutrientes ($kg.ha^{-1}$) nas folhas de eucalipto, com seis anos e meio de idade, nas distintas classes de solo.....	48
Tabela 5	Acúmulo de nutrientes ($kg.ha^{-1}$) nos galhos vivos do eucalipto, com seis anos e meio de idade, em distintas classes de solo e sítios florestais	50
Tabela 6	Acúmulo de nutrientes ($kg.ha^{-1}$) nos galhos mortos do eucalipto, com seis anos e meio de idade, em distintas classes de solo e sítios florestais	52
Tabela 7	Acúmulo de nutrientes ($kg.ha^{-1}$) na casca do eucalipto, com seis anos e meio de idade, nas distintas classes de solo e sítios florestais.....	54
Tabela 8	Acúmulo de nutrientes ($kg.ha^{-1}$) no lenho do eucalipto, com seis anos e meio de idade, nas distintas classes de solo e sítios florestais.....	56
Tabela 9	Acúmulo de nutrientes ($kg.ha^{-1}$) total do eucalipto, com seis anos e meio de idade, nas distintas classes de solo	59
Tabela 10	Acúmulo de nutrientes ($kg.ha^{-1}$) na serrapilheira do eucalipto, com seis anos e meio de idade, nas distintas classes de solo e sítios florestais	61
Tabela 11	Produção de massa seca ($t.ha^{-1}$) de cada compartimento dos clones de eucalipto, com seis anos e meio de idade, e em sítios florestais.....	79
Tabela 12	Distribuição relativa (%) de massa seca nos compartimentos dos distintos clones de eucalipto e sítios florestais	83
Tabela 13	Produção de massa seca ($t.ha^{-1}$) da serrapilheira em áreas de plantio de eucalipto, com seis anos e meio de idade, dos distintos clones e sítios florestais	85
Tabela 14	Acúmulo de nutrientes ($kg.ha^{-1}$) nas folhas dos distintos clones de eucalipto, com seis anos e meio de idade, em sítios florestais....	87
Tabela 15	Acúmulo de nutrientes ($kg.ha^{-1}$) nos galhos vivos dos distintos clones de eucalipto, com seis anos e meio de idade, em sítios florestais.....	89

Tabela 16	Acúmulo de nutrientes ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) nos galhos mortos nos distintos clones de eucalipto, com seis anos e meio de idade, em sítios florestais.....	91
Tabela 17	Acúmulo de nutrientes ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) na casca dos distintos clones de eucalipto, com seis anos e meio de idade, em sítios florestais.....	93
Tabela 18	Acúmulo de nutrientes ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) no lenho dos distintos clones de eucalipto, com seis anos e meio de idade, em sítios florestais.....	95
Tabela 19	Acúmulo total de nutrientes ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) nos distintos clones de eucalipto, com seis anos e meio de idade, em sítios florestais.....	98
Tabela 20	Acúmulo de nutrientes ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) na serrapilheira dos plantios dos distintos clones de eucalipto, com seis anos e meio de idade, em sítios florestais	101

SUMÁRIO

	CAPÍTULO 1	13
1	INTRODUÇÃO GERAL	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	Eucalipto no brasil	15
2.2	Latossolo	16
2.3	Cambissolo	18
2.4	Compartimentalização de nutrientes no eucalipto	18
2.5	Ciclagem de nutrientes em ambientes florestais	20
	REFERÊNCIAS	22
	CAPÍTULO 2 Compartimentalização de biomassa e de nutrientes em eucalipto cultivado em Latossolo e Cambissolo na região dos Campos das Vertentes, MG	30
1	INTRODUÇÃO	33
2	MATERIAL E MÉTODOS	35
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
3.1	Massa seca dos compartimentos	39
3.1.1	Massa seca de folhas	39
3.1.2	Massa seca de galhos vivos	40
3.1.3	Massa seca de galhos mortos	41
3.1.4	Massa seca de lenho	41
3.1.5	Massa seca de casca	42
3.1.6	Massa seca total	43
3.1.7	Massa seca da serrapilheira	45
3.2	Acúmulo de nutrientes	46
3.2.1	Acúmulo de nutrientes nas folhas	46
3.2.2	Acúmulo de nutrientes nos galhos vivos	49
3.2.3	Acúmulo de nutrientes nos galhos mortos	52
3.2.4	Acúmulo de nutrientes na casca	53
3.2.5	Acúmulo de nutrientes no lenho	55
3.2.6	Acúmulo total de nutrientes	58
3.2.7	Acúmulo de nutrientes na serrapilheira	60
4	CONCLUSÕES	64
	REFERÊNCIAS	65
	CAPÍTULO 3 Compartimentalização de biomassa e de nutrientes em estruturas de clones de eucalipto na região dos Campos das Vertentes, MG	69
1	INTRODUÇÃO	72
2	MATERIAL E MÉTODOS	74
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	78

3.1	Massa seca dos compartimentos	78
3.1.1	Massa seca de folhas.....	78
3.1.2	Massa seca de galhos vivos	80
3.1.3	Massa seca de galhos mortos.....	80
3.1.4	Massa seca de lenho	81
3.1.5	Massa seca de casca.....	82
3.1.6	Massa seca total.....	82
3.1.7	Massa seca da serrapilheira	84
3.2	Acúmulo de nutrientes.....	86
3.2.1	Acúmulo de nutrientes nas folhas.....	86
3.2.2	Acúmulo de nutrientes nos galhos vivos.....	88
3.2.3	Acúmulo de nutrientes nos galhos mortos	90
3.2.4	Acúmulo de nutrientes na casca.....	92
3.2.5	Acúmulo de nutrientes no lenho	94
3.2.6	Acúmulo total de nutrientes	97
3.2.7	Acúmulo de nutrientes na serrapilheira.....	99
4	CONCLUSÕES	103
	REFERÊNCIAS	104
	ANEXOS	109

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

A crescente população mundial demanda maiores quantidades de alimentos, roupas, aparelhos eletrônicos e demais bens de consumo. A produção dos bens de consumo, por sua vez, tem sua origem no setor primário, no qual são produzidas as matérias-primas. Todavia, esta produção deve aumentar de modo que atenda aos preceitos de ser ambientalmente correta, economicamente viável e socialmente justa.

Neste contexto está a produção florestal que abrange, no Brasil, especialmente os plantios dos gêneros *Pinus* sp. e *Eucalyptus* sp., utilizados na produção de papel e celulose, painéis de madeira, madeira serrada, secadores de grãos e carvão vegetal, dentre outras finalidades. Como o gênero *Eucalyptus* é originário das regiões tropicais da Oceania, suas espécies são mais adaptadas aos ambientes com elevados déficits hídricos, solos pobres em nutrientes, compactados, ácidos e demais condições desfavoráveis. Devido a essa rusticidade, o eucalipto ocupou diversas áreas pelo mundo, sendo plantado em regiões nas quais espécies menos tolerantes às adversidades não obteriam sucesso.

O Brasil apresenta elevada representatividade mundial, com mais de 6,5 milhões de hectares de florestas plantadas, dos quais 73% com o eucalipto. Considerando todos os estados brasileiros, Minas Gerais tem, aproximadamente, um terço dos plantios de eucalipto do Brasil, o que representa, cerca de 1,4 milhão de hectares.

O eucalipto produz grande quantidade de biomassa, devido à sua elevada adaptação ao clima e às condições encontradas no Brasil, de maneira geral. Contudo, as plantas apresentam características quanto à sua adaptação aos

distintos ambientes, sob a influência de diversos fatores influentes na produtividade, tais como pluviosidade, temperatura, umidade, classe de solo, tecnologia do produtor, espécie e, recentemente, em plantios clonais, o genótipo também tem influenciado a produtividade florestal.

Uma floresta plantada apresenta dois ciclos distintos dentro de um ciclo produtivo. Em um primeiro instante ocorre o ciclo geoquímico, no qual a relação solo planta representa a disponibilidade dos nutrientes para o desenvolvimento das plantas e, portanto, devem-se realizar adubações, pois, de maneira geral, os solos brasileiros apresentam baixos teores de nutrientes e elevados teores de elementos tóxicos às plantas. Em um segundo instante, tem-se o ciclo geobioquímico, em que a ciclagem de nutrientes é responsável pela manutenção e o fornecimento de nutrientes para as plantas. Por meio da deposição de folhas, galhos e demais partes da planta caem sobre o solo, formam a serrapilheira e se decompõem, fornecendo os nutrientes para a cultura.

Desse modo, pode ser conhecida a quantidade dos nutrientes nas lavouras de eucalipto, em diversas regiões, tipos de solo e genótipos para que seja possível entender a dinâmica de nutrientes na serrapilheira e no solo, podendo-se estratificar também a parte aérea das plantas. É possível adotar o manejo, na condução da lavoura, que menos extraia nutrientes do ambiente de produção florestal, visando maior sustentabilidade na produção e na contribuição de restos culturais, para a manutenção da fertilidade do solo. Além da contribuição na fertilidade do solo, os restos culturais podem se decompor e os nutrientes ser reabsorvidos pelas rebrotas do eucalipto.

Neste contexto, o presente trabalho foi realizado com objetivo de quantificar a biomassa e os nutrientes na serrapilheira e nas distintas estruturas de plantas de eucalipto, visando um manejo mais racional do ambiente produtivo de florestas cultivadas em solos distintos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste tópico são exploradas informações sobre o eucalipto no Brasil, além de Latossolo, Cambissolo, compartimentalização de nutrientes no eucalipto e ciclagem de nutrientes.

2.1 Eucalipto no Brasil

O eucalipto (*Eucalyptus* spp.) tem mais de 600 espécies distribuídas pelo mundo e pertence à família das Myrtaceas. A maioria das espécies é originária da Austrália, tendo algumas delas origem em países próximos, como Indonésia e outras ilhas (SANTOS; AUER; GRIGOLETTI JUNIOR, 2001), todos em ambiente de clima tropical ou subtropical (FERREIRA, 1990), semelhante ao encontrado no Brasil.

No Brasil, os primeiros estudos realizados com *Eucalyptus* spp. foram realizados há mais de um século, no ano de 1903, tendo sido conduzidos pelo funcionário da Companhia Paulista de Estradas de Ferro Edmundo Navarro de Andrade (ZANATTA; SCHVARZ SOBRINHO, 2007), cujos plantios eram destinados à produção de lenha para ser utilizada em locomotivas (PEREIRA et al., 2000). Atualmente, os plantios de eucalipto são destinados à utilização como carvão vegetal, lenha, postes, dormentes, celulose, lâmina e mourões, dentre outras (BÔAS; MAX; MELO, 2009).

Os estudos iniciais para o melhoramento do eucalipto visavam aumentar a produtividade da espécie que era de, aproximadamente, 13 m³ por hectare ao ano, na década de 1970 (BACHA, 2008), e atingiram os atuais 41,3 m³ por hectare ao ano (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS, ABRAF, 2011). Esta evolução na produtividade, em grande parte, foi devido à técnica de clonagem de plantas com elevado

potencial produtivo (ROCHA; CAMPOS, 1994) pelo método da estaquia (ALMEIDA, 2006). O primeiro plantio clonal realizado no Brasil data de 1979 e foi feito pela Aracruz Celulose, no estado do Espírito Santo (CARVALHO; GERALDI, 2006).

O gênero *Eucalyptus* apresentou, no Brasil, elevada adaptação às condições edafoclimáticas (ALVES, 2007), refletindo, assim, nos maiores incrementos médios anuais (IMA) mundiais (SCARPINELLA, 2002). Atualmente, o país tem mais de 6,5 milhões de hectares de florestas plantadas, sendo 73% com eucalipto (ABRAF, 2011).

Considerando todos os produtos florestais, o valor bruto da produção florestal, no Brasil, atingiu R\$ 52 bilhões, em 2010, tendo a indústria de papel e celulose a maior participação (56%), seguida pela indústria de móveis (16%), madeireira (15%), painéis (10%) e siderurgia e carvão vegetal (3%) (ABRAF, 2011).

Para o uso do eucalipto, exceção para serrarias, lâminas ou postes, o corte, normalmente, é feito aos sete anos de idade (RODRIGUEZ; BUENO; RODRIGUES, 1997), podendo variar de acordo com o local, as espécies, o clone, o clima e outros fatores que influenciam a produtividade florestal. Efetuando o corte das plantas na idade ótima, o produtor estará obtendo o maior lucro (HOFFMANN; BERGER, 1973), pois, depois dessa idade, o plantio apresenta IMA menor, em função da competição entre as plantas por luz, água e nutrientes (NOVA; MOREIRA; PEREIRA, 2003).

2.2 Latossolo

O nome Latossolo tem origem no latim, decomposto em dois nomes, sendo *laterite* e *solum*, representando, respectivamente, tijolo, referenciando material altamente intemperizado e solo. Este nome foi proposto por Kellog, em

convenção sobre classificação de solos realizada nos Estados Unidos, em 1949 (LEMOS, 1966; CLINE, 1975; SÉGALEN, 1994 apud KER, 1997). Consiste de solos profundos, naturalmente sem impedimentos físicos para o desenvolvimento radicular e elevada porosidade (PRADO, 1995).

Para a formação desta classe de solo é necessário que ocorra o processo chamado de latolização, que consiste na remoção de sílica e nutrientes de caráter básico, como Ca, Mg e K do perfil do solo (SOUSA; LOBATO, 2012). Os Latossolos são, portanto, solos muito intemperizados, normalmente pobres em nutrientes e com elevada acidez (LIMA et al., 2010), podendo acarretar, para a planta, toxidez por alumínio e, assim, resultar em uma menor capacidade produtiva (FURTINI NETO et al., 1999).

Embora apresente desvantagens quanto aos nutrientes e à acidez, necessitando de maiores quantidades de fertilizantes e corretivos, os Latossolos são localizados em paisagens mais suavizadas (MENEZES et al., 2009b), permitindo, assim, a mecanização das áreas (MENDONÇA; LOMARDI NETO; VIÉGAS, 2006) que resulta em realização de tarefas no tempo indicado e maior autonomia, dentre outros benefícios (ALVES; SOUTO; SOUTO, 2006). Outro fato relevante é que os Latossolos apresentam características físicas adequadas, como boa porosidade, elevada capacidade de retenção de água, boa estruturação e estabilidade de agregados (FONTENELE, 2006).

Esta classe de solo ocupa a maior área do país, sendo aproximadamente 50% do total nacional e 46% da área do estado de Minas Gerais (UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA, UFV, 2010), ocorrendo a partir de diversos materiais de origem sob elevado intemperismo (MOTTA et al., 2002). Devido a estes fatores de formação, os Latossolos são observados em extensas dimensões.

2.3 Cambissolo

O Cambissolo é um solo não hidromórfico e caracterizado por apresentar horizonte B incipiente (Bi) subjacente a qualquer outro horizonte A (RESENDE et al., 2007). Outra característica marcante dos Cambissolos é o elevado teor de silte em relação à argila, por se tratar de solos menos intemperizados, mais rasos e menos desenvolvidos que os Latossolos, justificando, assim, sua textura mais grosseira (MENEZES et al., 2009a).

Normalmente, a ocorrência desta classe de solo está associada a mares de morros e relevos acidentados (PORTUGAL et al., 2008), apresentando caráter ácido e sendo classificado como solos distróficos ($V\% < 50\%$) (PEREIRA et al., 2010). Por estas características, o Cambissolo é considerado um sistema muito frágil e de erodibilidade muito forte (ROSS, 1994 apud DONHA; SOUZA; SUGAMOSTO, 2006), inapropriado para a mecanização e que limita a exploração agrícola, em função do baixo armazenamento de água, da baixa profundidade de solo, da pedregosidade e, em alguns casos, da ocorrência da rocha de origem (CAVALCANTE et al., 2005).

Em âmbito nacional, a classe dos Cambissolos ocupa cerca de 3% da área total, tendo maiores representatividades nos estados do Acre, Minas Gerais, Santa Catarina e Paraná. No estado de Minas Gerais, 17% de todo o território é classificado como Cambissolo (UFV, 2010).

2.4 Compartimentalização de nutrientes no eucalipto

Compartimentalização, por definição gramatical, significa dividir em compartimentos, e a planta de eucalipto pode ser dividida nos compartimentos estruturais de folhas, galhos vivos, galhos mortos, casca e lenho. Neste contexto,

a compartimentalização de biomassa pode inferir sobre a ciclagem de nutrientes da floresta (ALVES; SOUTO; SOUTO, 2006).

Diversos estudos relacionados à compartimentalização de nutrientes vêm sendo realizados com espécies de *Eucalyptus* e outras espécies florestais (ARIAS et al., 2011; FARIA et al., 2002; HARMAND et al., 2004; CUNHA; GAMA-RODRIGUES; COSTA, 2005; KAMO et al., 2008). Zaia e Gama-Rodrigues (2004) fizeram a compartimentalização dos nutrientes de *Eucalyptus grandis*, *E. pellita* e *E. camaldulensis*, com seis anos de idade, na região norte-fluminense e demonstraram que as espécies apresentaram diferenças na produtividade total de biomassa, sendo o *E. pellita* o mais produtivo, acumulando, aproximadamente, 129, 10, 89, 131 e 34 kg/ha dos nutrientes N, P, K, Ca e Mg, respectivamente.

Em plantio de *E. saligna* com oito anos de idade, em ambiente de baixa fertilidade, no estado de São Paulo (POGGIANI et al., 1983), foi determinada a compartimentalização em copa (galhos + folhas) e fuste (casca + lenho) dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu e Zn. Para estes nutrientes, o acúmulo total das plantas foi de 218; 28; 176; 186; 42; 8; 11; 0,2 e 0,6 kg/ha, respectivamente.

Em outros países, como Nova Zelândia (GUO; SIMS; HORNE, 2006), Etiópia (ZEWDIE; OLSSON; VERWIJST, 2009), China (ZHANG; GUAN; SONG, 2012), Congo (SAFOU-MATONDO et al., 2005), Índia (HUNTER, 2001) e Austrália (TURNER; LAMBERT, 2008), foram realizados estudos de compartimentalização, já que a espécie, o solo, o clima e outros fatores podem influenciar a alocação de nutrientes. Devido à elevada importância deste conhecimento, alguns autores têm conduzido estudos de compartimentalização com outras espécies de plantas, como pinus (WITSCHORECK, 2008), gamelina (SWAMY; KUSHWAHA; PURI, 2004), acácia (SHANMUGHAVEL; FRANCIS, 2001) e *Hevea* sp. (FERNANDES et al., 2007).

O elevado interesse na compartimentalização de nutrientes nas espécies é explicado pela sua quantidade alocada nos distintos compartimentos e, de acordo com o manejo adotado na área, será maior a exportação de nutrientes pela colheita ou o manejo de resíduos florestais (POGGIANI et al., 1983; SANTANA; BARROS; NEVES, 1999; SANTANA et al., 2008; CUNHA; GAMA-RODRIGUES; COSTA, 2005; LEITE et al., 2011).

2.5 Ciclagem de nutrientes em ambientes florestais

A ciclagem de nutrientes em ambientes florestais é altamente dependente da quantidade de nutrientes depositados sobre o solo (TURNER; LAMBERT, 2008) ao longo do desenvolvimento das plantas. Este material vegetal depositado na superfície do solo, composto por folhas, galhos, cascas e demais tecidos vegetais, é denominado de serrapilheira (ESPIG et al., 2009).

O processo de ciclagem de nutrientes é mais pronunciado quando as copas das plantas se encontram e formam um dossel. Antes da formação do dossel, o fornecimento de nutrientes é feito pelas reservas existentes no solo e, depois, a ciclagem de nutrientes pela serrapilheira assume grande relevância no fornecimento de nutrientes para a floresta (LACLAU et al., 2003).

Vários fatores bióticos e abióticos controlam a deposição de serrapilheira, como clima, temperatura, altitude, pluviosidade, decíduosidade, luminosidade, fatores hídricos e do solo (SOUTO, 2006). Em áreas de baixa fertilidade, o maior aporte, acúmulo e decomposição da serrapilheira, de acordo com as condições edafoclimáticas, reflete em maior estoque de carbono no solo (GATTO et al., 2010) que, por sua vez, é de suma importância para a melhoria da fertilidade dos solos tropicais (LOPES; GUILHERME, 1994).

Assim como para a deposição, fatores como altitude, fertilidade do solo, classe de solo, espécie vegetal e relação carbono nitrogênio (C/N) do material

vegetal influenciam a decomposição da serrapilheira (PORTES, 2000) e, assim, a disponibilização de N, K, Ca e Mg para o solo (COSTA; GAMA-RODRIGUES; CUNHA, 2005).

O conhecimento deste comportamento nas áreas pode auxiliar no manejo florestal e, conseqüentemente, na exportação de nutrientes e biomassa da área, tornando o ambiente mais protegido da erosão, lixiviação e demais perdas devido ao sistema de produção.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico da ABRAF 2011**: ano base 2010. 6. ed. Brasília, 2011. p. 130.

ALMEIDA, F. D. de. **Propagação vegetativa de Eucalyptus cloeziana F. Muell. por estaquia e miniestaquia**. Viçosa, MG: UFV, 2006.

ALVES, A. M. C. **Quantificação da produção de biomassa e do teor de carbono fixado por clones de eucalipto, no pólo gesseiro do Araripe - PE**. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais/Manejo Florestal)- Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2007.

ALVES, A. R.; SOUTO, J. S.; SOUTO, P. C. Aporte e decomposição de serrapilheira em área de Caatinga, na Paraíba. **Bio Terra**: revista de biologia e ciências da terra, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 194-203, 2006.

ARIAS, D. et al. Productivity, aboveground biomass, nutrient uptake and carbon content in fast-growing tree plantations of native and introduced species in the Southern Region of Costa Rica. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v. 35, n. 5, p. 1779-1788, May 2011.

BACHA, C. J. C. Análise da evolução do reflorestamento no Brasil. **Revista de Economia Agrícola**, São Paulo, v. 55, n. 2, p. 5-24, 2008.

BÔAS, O. V.; MAX, J. C. M.; MELO, A. C. G. de. Crescimento comparativo de espécies de Eucalyptus e Corymbia no município de Marília, SP. **Revista Instituto Florestal**, v. 21, n. 1, p. 63-72, 2009.

CARVALHO, A. D. F. de; GERALDI, I. O. **Histórico do melhoramento genético do eucalipto no Brasil**. Piracicaba: ESALq, 2006. (Seminário do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas). Disponível em: <<http://www.genetica.esalq.usp.br/pub/seminar/ADFCarvalho-200602-Resumo.pdf>>. Acesso em: 6 jun. 2012.

CAVALCANTE, F. de S. et al. Considerações sobre a utilização dos principais solos no estado da Paraíba. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, v. 8, n. 1, p. 1-10, 2005. Disponível em: <www.revista.inf.br/agro08/notas/nota02.pdf>. Acesso em: 6 jun. 2012.

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

CUNHA, G. de M.; GAMA-RODRIGUES, A. C. da; COSTA, G. S. Ciclagem de nutrientes em *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden no norte fluminense. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 3, p. 353-363, 2005.

DONHA, A. G.; SOUZA, L. C. de P.; SUGAMOSTO, M. L. Determinação da fragilidade ambiental utilizando técnicas de suporte à decisão e SIG Environmental fragility. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 175-181, 2006.

ESPIG, S. A. et al. Sazonalidade, composição e aporte de nutrientes da serrapilheira em fragmentos de Mata Atlântica. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 33, n. 5, p. 949-956, 2009.

FARIA, G. E. de. et al. Produção e estado nutricional de povoamentos de *Eucalyptus grandis*, em segunda rotação, em resposta à adubação potássica. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 26, n. 5, p. 577-584, 2002.

FERNANDES, T. J. G. et al. Quantificação do carbono estocado na parte aérea e raízes de *Hevea sp.*, aos 12 anos de idade, na Zona da Mata Mineira. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, n. 4, p. 657-665, 2007.

FERREIRA, M. **Escolha de espécies arbóreas para formação de maciços florestais**. Piracicaba: ESALQ, 1990.

FONTENELE, W. **Indicadores físicos e hídricos da qualidade de um Latossolo amarelo distrófico sob diferentes sistemas de manejo no cerrado do Piauí**. 2006. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Usos e Manejo de Solo e Água)-Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2006.

FURTINI NETO, A. E. et al. Acidez do solo, crescimento e nutrição mineral de algumas espécies arbóreas, na fase de muda. **Cerne**, Lavras, v. 5, n. 2, p. 1-12, 1999.

GATTO, A. et al. Estoques de carbono no solo e na biomassa em plantações de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 34, n. 1, p. 1069-1079, 2010.

GUO, L. B.; SIMS, R. E. H.; HORNE, D. J. Biomass production and nutrient cycling in Eucalyptus short rotation energy forests in New Zealand: II. Litter fall and nutrient return. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v. 30, n. 5, p. 393-404, May 2006.

HARMAND, J. M. et al. Aboveground and belowground biomass, productivity and nutrient accumulation in tree improved fallows in the dry tropics of Cameroon. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 188, n. 1-3, p. 249-265, Feb. 2004.

HOFFMANN, R.; BERGER, R. Determinação da idade ótima de corte de povoamentos de Eucalyptus. **IPEF**, Piracicaba, v. 7, n. 1, p. 49-69, 1973.

HUNTER, I. Above ground biomass and nutrient uptake of three tree species (*Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus grandis* and *Dalbergia sissoo*) as affected by irrigation and fertiliser, at 3 years of age, in southern India. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 144, p. 189-199, 2001.

KAMO, K. et al. Biomass and dry matter production in planted forests and an adjacent secondary forest in the grassland area of Sakaerat, northeastern Thailand. **Tropics**, v. 17, p. 209-224, 2008.

KER, J. C. Latossolos do Brasil: uma revisão. **Geonomos: revista de geociências**, Belo Horizonte, v. 5, n. 1, p. 17-40, 1997.

LACLAU, J. P. et al. Nutrient dynamics throughout the rotation of *Eucalyptus* clonal stands in Congo. **Annals of Botany**, London, v. 91, n. 7, p. 879-892, June 2003.

LEITE, F. P. et al. Nutrient relations during an eucalyptus cycle at different population densities. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 35, n. 1, p. 949-959, 2011.

LIMA, C. G. da R. et al. Atributos físico-químicos de um Latossolo do cerrado brasileiro e sua relação com características dendrométricas do eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 34, n. 1, p. 163-173, 2010.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. **Solos sob cerrado: manejo da fertilidade para a produção agropecuária**. 2. ed. São Paulo: ANDA, 1994. p. 62.

MENDONÇA, I. F. C.; LOMARDI NETO, F.; VIÉGAS, R. A. Classificação da capacidade de uso das terras da Microbacia do Riacho Una, Sapé, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 4, p. 888-895, 2006.

MENEZES, M. D. D. de. et al. Dinâmica hidrológica de duas nascentes, associada ao uso do solo, características pedológicas e atributos físico-hídricos na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Lavrinha – Serra da Mantiqueira (MG). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 37, n. 82, p. 175-184, 2009a.

MENEZES, M. D. D. de. et al. Levantamento pedológico e sistema de informações na avaliação do uso das terras em sub-bacias hidrográficas de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 6, p. 1544-1553, 2009b.

MOTTA, P. E. F. da. et al. Relações solo-superfície geomórfica e evolução da paisagem em uma área do planalto central brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 6, p. 869-878, 2002.

NOVA, N. A. V.; MOREIRA, P. R.; PEREIRA, A. B. Eficiência de captura de energia solar por um dossel de *Eucalyptus pellita* F. Muell sob várias densidades de plantio. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 269-274, 2003.

PEREIRA, J. C. D. et al. **Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil**. Colombo: Embrapa, 2000. p. 113.

PEREIRA, T. T. C. et al. Gênese de Latossolos e Cambissolos desenvolvidos de rochas pelíticas do Grupo Bambuí - Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 34, n. 1, p. 1283-1295, 2010.

POGGIANI, F. et al. Exportação de biomassa e nutrientes através da exploração dos troncos e das copas de um povoamento de *Eucalyptus saligna*. **IPEF**, Piracicaba, v. 25, p. 37-39, 1983.

PORTES, M. C. G. de O. **Deposição de serrapilheira e decomposição foliar em floresta ombrófila densa altomontana, morro do anhangava, Serra da Baitaca, Quatro Barras - PR**. 2000. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais/Conservação da Natureza)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

- PORTUGAL, A. F. et al. Atributos químicos e físicos de um Cambissolo háplico Tb distrófico sob diferentes usos na zona da mata mineira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 32, n. 1, p. 249-258, 2008.
- PRADO, H. DO. A pedologia simplificada. **Potafós**, Piracicaba, v. 1, n. 1, p. 1-16, 1995.
- RESENDE, M. et al. **Pedologia**: base para distinção de ambientes. 5. ed. Lavras: Editora UFLA, 2007. p. 322.
- ROCHA, M. das G. de B.; CAMPOS, W. de O. Clonagem intensiva em *Eucalyptus grandis* na Cenibra. **IPEF**, Piracicaba, v. 1, n. 1, p. 28-43, 1994.
- RODRIGUEZ, L. C. E.; BUENO, A. R. S.; RODRIGUES, F. Rotações de eucalipto mais longas: análise volumétrica e econômica. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 51, n. 1, p. 15-28, 1997.
- SAFOU-MATONDO, R. et al. Hybrid and clonal variability of nutrient content and nutrient use efficiency in *Eucalyptus* stands in Congo. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 210, n. 1-3, p. 193-204, maio 2005.
- 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.
- SANTANA, R. C. et al. Alocação de nutrientes em plantios de eucalipto no Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 32, p. 2723-2733, 2008.

SANTOS, Á. F. do; AUER, C. G.; GRIGOLETTI JUNIOR, A. **Doenças do eucalipto no sul do Brasil**: identificação e controle. 2001. 20 p. (Circular Técnica). Disponível em: <<http://www.cnpf.embrapa.br/publica/circtec/edicoes/circ-tec45.pdf>>. Acesso em: 6 jun. 2012.

SCARPINELLA, G. D. **Reflorestamento no Brasil e o Protocolo de Quioto**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2002.

SHANMUGHAVEL, P.; FRANCIS, K. Bioproductivity and nutrient cycling in bamboo and acacia plantation forests. **Bioresource Technology**, Essex, v. 80, n. 1, p. 45-8, Oct. 2001.

SOUSA, D. M. de; LOBATO, E. **Latossolos**. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_96_10112005101956.html>. Acesso em: 1 jun. 2012.

SOUTO, P. C. **Acumulação e decomposição da serrapilheira e distribuição de organismos edáficos em área de caatinga na Paraíba, Brasil**. 2006. Tese (Doutorado em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas)-Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2006.

SWAMY, S. L.; KUSHWAHA, S. K.; PURI, S. Tree growth, biomass, allometry and nutrient distribution in *Gmelina arborea* stands grown in red lateritic soils of Central India. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v. 26, n. 4, p. 305-317, Apr. 2004.

TURNER, J.; LAMBERT, M. J. Nutrient cycling in age sequences of two *Eucalyptus* plantation species. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 255, p. 1701-1712, 2008.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS. FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Mapa de solos do Estado de Minas Gerais**: legenda expandida. Belo Horizonte: FEAM, 2010.

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. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal/Silvicultura)- Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

ZAIA, F. C.; GAMA-RODRIGUES, A. C. da. Ciclagem e balanço de nutrientes em povoamentos de eucalipto na região norte fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 28, n. 3, p. 843-852, 2004.

ZANATTA, S. R.; SCHVARZ SOBRINHO, R. Reflorestamento com eucalipto: fonte alternativa de renda sustentável para o agricultor familiar da região sudoeste do estado do Paraná. **Revista Eletrônica Lato Sensu**, Guarapuava, v. 1, n. 1, p. 1-11, 2007. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/74810196/Eucalipto-PDF>>. Acesso em: 6 jun. 2012.

ZEWDIE, M.; OLSSON, M.; VERWIJST, T. Above-ground biomass production and allometric relations of *Eucalyptus globulus* Labill. coppice plantations along a chronosequence in the central highlands of Ethiopia. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v. 33, n. 3, p. 421-428, Mar. 2009.

ZHANG, H.; GUAN, D.; SONG, M. Biomass and carbon storage of *Eucalyptus* and *Acacia* plantations in the Pearl River Delta, South China. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 277, p. 90-97, Aug. 2012.

CAPÍTULO 2

**Compartimentalização de biomassa e de nutrientes em eucalipto cultivado
em Latossolo e Cambissolo na região dos Campos das Vertentes, MG**

RESUMO

Foi realizado o presente estudo em lavoura formada com mudas de eucalipto clonado, pertencente à Saint Gobain Pam Bioenergia, localizada na região dos Campos das Vertentes, MG. Fez-se a quantificação de macronutrientes, de B e Zn nas folhas, galhos vivos e mortos, casca e lenho de plantas de eucalipto, além da serrapilheira. Foi utilizado o clone I-144, por ser plantado em grande área do Brasil, e de acordo com o interesse regional. Foram abatidas árvores com idade aproximada de seis anos e meio, em Latossolo e Cambissolo. O abate foi realizado em sítios florestais distintos, em ambas as classes de solo, com base no inventário florestal realizado na área. Foi quantificado, no campo, o peso de cada estrutura da planta, coletando-se amostra de peso conhecido para posterior secagem. Após secagem, foram determinados a umidade e os teores dos nutrientes para posterior quantificação do seu acúmulo em cada compartimento. O compartimento que apresentou maior massa seca foi o lenho, no sítio de maior desenvolvimento do Latossolo. A casca apresentou maior teor de Ca que os demais nutrientes, enquanto as folhas apresentaram maiores teores de N. De maneira geral, o acúmulo de nutrientes foi maior no Latossolo, em função da maior quantidade de massa seca produzida.

Palavras-chave: Eucalipto. Biomassa. Ciclagem de nutrientes. Compartimentalização de nutrientes. Latossolo. Cambissolo. Serrapilheira

ABSTRACT

The present study was conducted in a clonal plantation of eucalyptus, belonging to the Saint Gobain Pam Bioenergia Company, located in the region of Campos das Vertentes – MG. The macronutrient quantification, B and Zn was carried out in the leaves, live and dead branches, bark and wood of the eucalyptus, besides in the litter, using the clone I-144 for being widely planted in Brazil and also in the region of interest. Trees, with an approximate age of 6.5 years, were cut down in latosol and cambisol. The cutting was carried out in distinct forest sites in both soil classes, based on a forest inventory conducted in the area. In the field, the weight of each plant compartment was quantified, samples of known weight collected for subsequent drying. After drying, the humidity and nutrient content were determined for subsequent quantification of the nutrient accumulation in each compartment. The compartment that presented higher dry matter was the wood, in the better latosol site. The bark presented higher Ca content than the other nutrients, while in the leaf the highest content was N. In a general way the accumulation of nutrients was higher in the latosol in function of the highest amount of dry matter produced.

Keywords: Eucalyptus. Biomass. Nutrient cycling. Nutrient compartmentalization. Latosol. Cambisol. Litter.

1 INTRODUÇÃO

O aumento populacional mundial promove a demanda por bens de consumo, como alimentos, roupas, eletrodomésticos e madeira, entre outros, o que implica na necessidade maior da produção desses bens. Contudo, esta demanda deve ser atendida de maneira que ocorram os menores impactos ambientais, sociais e econômicos.

Atualmente, o Brasil destina aproximadamente 4,5 milhões de hectares para o plantio de *Eucalyptus* spp. Minas Gerais é o estado com maior área ocupada por plantios deste gênero, na maioria das vezes, em áreas marginais, enquanto as melhores áreas têm sido destinadas para culturas anuais, em que é possível realizar a mecanização para minimizar o custo da mão-de-obra.

Vale ressaltar que a classe de solo em que se encontra a cultura é determinante na sua produtividade, em função da influência positiva das características químicas e físicas sobre o desenvolvimento das plantas. As condições climáticas, como pluviosidade, temperatura, umidade e ocorrência de geadas, dentre outras condições, também podem afetar o desenvolvimento das plantas.

Minas Gerais, devido à sua ampla expansão territorial, apresenta diversas classes de solo e clima, sendo necessários estudos em diversas regiões do estado. Quanto às classes de solos, são encontradas, no estado, expressivas áreas de Latossolos, Argissolos e Cambissolos.

O Latossolo se origina de elevado intemperismo, resultando em solos localizados nas regiões com relevo suave da paisagem, embora possam ser quimicamente pobres e ácidos, devido à elevada lixiviação de cátions básicos, como cálcio, magnésio e potássio. Em função do seu material de origem, pode originar solos de textura mais grosseira ou fina, interferindo, assim, em sua capacidade de retenção de água.

Os Cambissolos são solos mais jovens e, portanto, têm o perfil mais raso e se encontram na paisagem mais ondulada; quando originados de rochas pobres em nutrientes, geram solos também pobres quimicamente, situação típica no Brasil. Além disso, estes solos não apresentam boa agregação das partículas, o que favorece o desenvolvimento de solos com baixa capacidade de retenção de água e menos favoráveis ao desenvolvimento vegetal, bem como mais propícios à erosão, devido a uma menor proteção no sistema.

Este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar a compartimentalização de biomassa e nutrientes em estruturas de plantas de eucalipto clonal (I-144), com seis anos e meio de idade, cultivados sobre Latossolo e Cambissolo, na região dos Campos das Vertentes, MG.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo sobre compartimentalização de nutrientes no eucalipto em diferentes classes de solo foi realizado em área de campo de produção da Pam Bioenergia do grupo Saint Gobain, situado nas cidades de Bom Jardim de Minas e Lima Duarte, região dos Campos das Vertentes, MG. Para a avaliação foram utilizados plantios clonais de eucalipto (I-144) adaptados à região, com espaçamento de 2,5 x 3,5 m, totalizando, aproximadamente, 1.142 plantas por hectare. Os plantios estão localizados em solos classificados como Latossolo e Cambissolo. A temperatura média anual da região é de 20,4 °C e a precipitação anual de 1.250 mm (NEVES et al., 2011).

O plantio foi realizado em sulcos, que receberam 350 kg ha⁻¹ de fosfato reativo. Ainda no plantio foram aplicados 170 kg ha⁻¹ do formulado 6-30-15. Aos oito meses, foi realizada a adubação de cobertura, com 110 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado 20-00-20, com 0,5% de B e 0,5% de Zn. Aos dezoito meses após o plantio, foi realizada outra adubação de cobertura, com 230 kg ha⁻¹ de KCl com 1,0% de B e esta última fertilização foi repetida aos 30 meses após o plantio.

O inventário florestal realizado na área destinada ao estudo de compartimentalização de nutrientes foi utilizado para a classificação de sítios florestais, sendo baseado na altura dominante das árvores. Em ambas as classes de solo foram selecionados sítios com altura dominante superior (sítio A) e com altura dominante inferior (sítio B). Em cada sítio foram abatidas cinco árvores para o estudo de compartimentalização de biomassa e nutrientes em estruturas de plantas de eucalipto, totalizando 20 árvores.

Em cada sítio escolhido foi feita a medição do diâmetro à altura do peito (DAP), em parcela de 440 m², obtendo-se, assim, o DAP médio do sítio. As

árvores selecionadas e abatidas para o estudo de compartimentalização de nutrientes apresentavam o DAP médio do sítio.

Selecionadas e abatidas as árvores, foi feita a desfolha das mesmas, sobre lona plástica. Os galhos que apresentavam folhas verdes (vivas) foram classificados como galhos vivos, sendo cortados rente ao caule, com facão, e os galhos que não apresentavam folhas foram classificados como galhos mortos, sendo também cortados rente ao caule, com facão.

Em cada sítio onde foram realizados os abates foram coletadas amostras de serrapilheira em área fixa, utilizando-se um aro de aço com diâmetro de 30 cm e uma face cortante. Foram coletadas 12 amostras de serrapilheira em cada sítio.

No local dos abates foi utilizado um dinamômetro, com capacidade para 50 kg, afixado entre duas árvores por corda, para pesagens totais de folhas, galhos vivos e galhos mortos. Destes compartimentos foram coletadas e pesadas amostras frescas, com o auxílio de balança eletrônica.

Para a quantificação do volume de caule (somatório de volume de casca e lenho), foi feita a cubagem rigorosa, medindo-se o diâmetro do caule, com suta florestal, à altura do abate de, aproximadamente, 10 cm da superfície do solo, DAP, 10%, 30%, 50% e 70% da altura total de cada árvore. Nestas alturas também foram coletados, no segmento caulinar, discos de, aproximadamente, 5 cm de espessura. A espessura da casca do disco foi obtida pela média da espessura em quatro posições distintas do disco.

De posse dos diâmetros com casca e sem casca, foram calculados, pela fórmula de Smalian, descrita por Finger (1992), o volume de caule, o volume de lenho e o volume de casca. Com os discos que foram retirados das árvores abatidas, foi determinada a densidade básica (peso do disco seco dividido pelo volume do disco úmido). O volume do disco úmido foi obtido pelo xilômetro, que fornece o volume pelo deslocamento de água. Com os valores de volume e

densidade de lenho e casca foi feito o cálculo para a massa seca destes compartimentos, por multiplicação do volume e densidade.

Após a coleta e as operações realizadas em campo, as amostras das estruturas do eucalipto, bem como da serrapilheira, foram levadas ao laboratório, para a análise de nutrientes.

Todas as amostras foram transferidas de sacos plásticos para sacos de papel devidamente identificados. Após secagem em estufa de corrente de ar forçada, a 75 °C, até atingirem peso constante, foi determinada a massa seca das amostras. Após a determinação da massa seca, todas as amostras foram moídas em moinho do tipo Willey, com exceção dos discos que foram moídos utilizando-se plaina elétrica manual marca DWT® modelo HB 02-82 – 710 W, sendo coletada a maravalha para, posteriormente, ser moída no mesmo moinho tipo Willey. O material fino obtido dos diferentes compartimentos foi utilizado para a determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B e Zn, nos laboratórios do Departamento de Ciência do Solo da UFLA.

Seguindo a metodologia descrita por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), para a determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S e Zn foi utilizada a digestão úmida e para o B, a digestão seca. A determinação do N foi realizada por titulometria, pelo método de microkjeldahl. P, S e B foram determinados no espectrofotômetro colorimétrico; K, no fotômetro de chama e Ca, Mg e Zn, no espectrofotômetro de absorção atômica.

Para a determinação de nutrientes no lenho e na casca foram considerados os teores médios obtidos nos discos coletados na base, DAP, 10%, 30%, 50% e 70% da altura total. Os teores de nutrientes e a massa seca foram utilizados para a determinação do acúmulo de nutrientes em cada compartimento e convertidos para uma área de 1 hectare.

Para a obtenção da serrapilheira, foi levada em consideração a área coletada (círculo com 30 cm de diâmetro) em relação à área de um hectare (10.000 m²).

Os dados de massa seca e acúmulo de nutrientes foram submetidos à análise de variância e a testes, para comparação das médias, pelo teste Skott-Knott, a 5% de probabilidade, utilizando-se o software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção são detalhados e discutidos os resultados encontrados na compartimentalização de nutrientes em clones de eucalipto e na serrapilheira, em distintas classes de solo e sítios florestais.

3.1 Massa seca dos compartimentos

Nesta seção serão demonstrados e discutidos os resultados pertinentes à produção de massa seca na compartimentalização de nutrientes no eucalipto, realizada em distintas classes de solo e sítios florestais.

3.1.1 Massa seca de folhas

A produção de massa seca de folhas foi influenciada somente pela classe de solo em que se encontrava o plantio de eucalipto, observando-se maior produção no Latossolo ($5,18 \text{ t ha}^{-1}$) e menor produção no Cambissolo ($3,60 \text{ t ha}^{-1}$). A média geral de massa seca neste compartimento da planta foi de $4,39 \text{ t ha}^{-1}$ (Tabela 1).

A maior massa seca de folhas no Latossolo reflete o maior desenvolvimento do eucalipto nesta classe de solo, provavelmente associado às suas características, como, por exemplo, maior infiltração de água e relevo mais suavizado (MENEZES et al., 2009) e por apresentar menor perda de solo e menor impedimento físico para o desenvolvimento radicular (PRADO, 2001), acarretando em maior absorção de água e nutrientes.

No Cambissolo, a menor produção de massa seca de folhas pode estar relacionada ao maior déficit hídrico pela espécie nesta classe de solo, resultando

em maior perda de folhas, contribuindo para a maior ciclagem de nutrientes pela deposição destas sobre o solo.

Tabela 1 Produção de massa seca ($t \cdot ha^{-1}$), em cada compartimento e total, do eucalipto com seis anos e meio de idade, nas distintas classes de solo

FV	Folha	Galho vivo	Galho morto	Lenho	Casca	Total
Solo	*	*	ns	*	*	*
Sítio	ns	ns	ns	*	*	*
S * S	ns	ns	*	ns	*	Ns
Média	4,39	4,30	4,93	119,84	10,41	143,87
CV (%)	17,40	13,66	30,15	15,77	15,07	14,58
Sítio A						
Cambissolo	4,25	4,12	6,26 a	103,31	10,20 b	128,14
Latossolo	5,16	5,00	3,72 b	183,36	15,01 a	212,25
Média	4,70	4,56	4,99	143,34 a	12,60	170,19 a
Sítio B						
Cambissolo	2,95	3,30	4,35 a	42,98	4,32 b	57,89
Latossolo	5,20	4,76	5,38 a	149,73	12,12 a	177,19
Média	4,07	4,03	4,86	96,35 b	8,22	117,54 b
Média dos solos						
Cambissolo	3,60 B	3,71 B	5,30	73,14 B	7,26	93,01 B
Latossolo	5,18 A	4,88 A	4,55	166,54 A	13,56	194,72 A

FV: fonte de variação; CV: coeficiente de variação; S*S: interação dos fatores solo e sítio; ns: não significativo; *: significativo, pelo teste F, a 5% de probabilidade. As médias de cada compartimento seguidas de letras distintas, dentro de cada sítio, em negrito na média de cada sítio e em maiúsculo dentro de cada solo, diferem entre si, pelo teste de Skott-Knott, a 5% de probabilidade

3.1.2 Massa seca de galhos vivos

Na avaliação da produção de massa seca dos galhos vivos, as plantas de eucalipto apresentaram comportamento semelhante ao das folhas, visto que

somente o solo influenciou a produção de massa seca deste compartimento. No Latossolo, a produção foi de 4,88 t ha⁻¹ e, no Cambissolo, 3,71 t ha⁻¹, refletindo o maior desenvolvimento do eucalipto nesta classe de solo (Tabela 1).

A menor produção no Cambissolo pode ser relacionada à delgada espessura do solum, à presença de pedras e cascalhos, além de baixa infiltração e armazenamento de água (ALMEIDA; RESENDE, 1985; CURI; CHAGAS; GIAROLA, 1994).

3.1.3 Massa seca de galhos mortos

No compartimento dos galhos mortos, a produção de massa seca do plantio clonal de eucalipto foi influenciada pela classe de solo e pelo sítio florestal, havendo interação entre os fatores (Tabela 1). No sítio A, a produção no Cambissolo (6,26 t ha⁻¹) foi superior à do Latossolo (3,72 t ha⁻¹). Todavia, no sítio B, a massa seca não se diferencia, apresentando, no Cambissolo, 4,35 t ha⁻¹ e, no Latossolo, 5,38 t ha⁻¹ de galhos mortos.

A desrama natural é influenciada pelo espaçamento dos plantios, a espécie florestal e o material genético, entre outros fatores (OLIVEIRA NETO et al., 2010). Na área de estudo, o fato de as árvores no Latossolo do sítio A terem apresentado menor quantidade de galhos mortos pode estar relacionado à maior produção de folhas e galhos vivos, causando maior sombreamento aos galhos localizados inferiormente à copa, resultando em sua desrama.

3.1.4 Massa seca de lenho

O lenho, compartimento de interesse na produção do eucalipto, foi influenciado pela classe de solo, assim como pelo sítio florestal, sem interação significativa entre estes fatores. No Latossolo, a produção foi de 166,54 t ha⁻¹,

superior à produção de 73,14 t ha⁻¹ de lenho no Cambissolo. O sítio florestal também influenciou a produção de massa seca de lenho, tendo, no sítio A, independente da classe de solo, a produção média de lenho sido de 143,34 t ha⁻¹, enquanto, no sítio B, foi de 96,35 t ha⁻¹ (Tabela 1). Em grandes áreas florestais, é comum observar variações edafoclimáticas dentro de uma mesma classe de solo, com reflexos diretos sobre a produtividade (GONÇALVES et al., 2010).

A média geral obtida neste estudo, de 119,84 t ha⁻¹ de lenho, foi superior à encontrada por Cunha, Gama-Rodrigues e Costa (2005), de aproximadamente 90 t ha⁻¹ de lenho, em trabalho com *Eucalyptus grandis* com oito anos de idade, na região norte fluminense. Santana, Barros e Neves (1999), avaliando a produção de biomassa nos compartimentos do eucalipto com seis anos e meio de idade, em municípios do estado de São Paulo, obtiveram a maior produtividade média (166 t ha⁻¹) de lenho em ambiente plano (provavelmente Latossolo) e menor produtividade média em relevo ondulado (85 t ha⁻¹ de lenho).

Observa-se, portanto, um aumento de 127% na biomassa de lenho produzido em Latossolo (166,54 t ha⁻¹), quando comparado ao Cambissolo (73,14 t ha⁻¹), demonstrando a relevância da classe de solo na produtividade do eucalipto. Em adição, a produção de lenho no sítio A foi 49% superior à do sítio B. Ferreira (1984), trabalhando com *Eucalyptus grandis* em região do Cerrado, também observou menor produção de madeira em sítios desfavoráveis ao desenvolvimento (23 t ha⁻¹) que em sítios favoráveis (62 t ha⁻¹).

3.1.5 Massa seca de casca

Para esta variável houve interação entre a classe de solo e o sítio florestal. No sítio florestal A foi observada diferença significativa na produção entre o Latossolo (15,01 t ha⁻¹) e o Cambissolo (10,20 t ha⁻¹). No sítio florestal

B, a produção foi maior no Latossolo do que no Cambissolo, apresentando produção de 12,12 t ha⁻¹ e 4,32 t ha⁻¹, respectivamente.

Em estudos realizados em diversas regiões do Brasil, foram observadas variações no acúmulo de casca em eucalipto, de 8 a 26 t ha⁻¹ (SANTANA et al., 2008), e este compartimento da planta acompanha a produção de lenho e representa, aproximadamente, 13% do volume do tronco total (lenho e casca). Neste estudo, o acúmulo médio de casca foi, de maneira geral, maior no Latossolo (13,56 t ha⁻¹), quando comparado ao Cambissolo (7,26 t ha⁻¹) e maior no sítio A (12,60 t ha⁻¹) do que no sítio B (8,22 t ha⁻¹).

3.1.6 Massa seca total

A variável composta pelo somatório de todos os compartimentos representa a massa seca total e, no presente estudo, foi influenciada pela classe de solo, bem como pelo sítio florestal, sem haver interação significativa entre estes fatores. No Latossolo, a produção foi maior que a obtida no Cambissolo, sendo de 194,72 e 93,01 t ha⁻¹, respectivamente, nas duas classes de solo. Quanto à influência do sítio, a produção foi maior no sítio A (170,19 t ha⁻¹) do que no sítio B (117,54 t ha⁻¹). As árvores apresentaram produção de massa seca total média de 143,87 t ha⁻¹ (Tabela 1).

Em estudo realizado em Latossolo vermelho, na região do cerrado brasileiro, em Minas Gerais, plantios com cinco anos e meio de idade apresentaram biomassa total de aproximadamente 123 t ha⁻¹ (RIBEIRO, 2011), enquanto a produção de *Eucalyptus globulus* em Cambissolos no Rio Grande do Sul, aos quatro anos de idade, foi de 83 t ha⁻¹ (SCHUMACHER; CALDEIRA, 2001). Resultados de estudos anteriores corroboram os obtidos no presente trabalho, demonstrando que, nos Latossolos, bem como em sítios florestais mais favoráveis, podem ser alcançadas maiores produções de biomassa aérea.

Das 194,72 toneladas da massa seca total produzidas por hectare no Latossolo, o compartimento que apresentou maior massa seca foi o lenho (85,5%), seguido da casca (7,0%), das folhas (2,7%), dos galhos vivos (2,5%) e dos galhos mortos (2,3%). No Cambissolo, o compartimento que apresentou maior quantidade de massa seca também foi o lenho, com 78,6% das 93,01 t ha⁻¹, seguido da casca (7,8%), dos galhos mortos (5,7%), dos galhos vivos (4,0%) e das folhas (3,9%). Considerando a média relativa de 143,86 toneladas, o lenho contribuiu com 83,3%, seguido da casca (7,2%), dos galhos mortos (3,4%), das folhas (3,1%) e dos galhos vivos (3,0%) (Tabela 2).

Tabela 2 Distribuição relativa (%) da biomassa do eucalipto nas distintas classes de solo

	Folha	Galho vivo	Galho morto	Lenho	Casca
Sítio A					
Cambissolo	3,3	3,2	4,9	80,6	8,0
Latossolo	2,4	2,4	1,8	86,4	7,1
Média	2,8	2,7	2,9	84,2	7,4
Sítio B					
Cambissolo	5,1	5,7	7,5	74,2	7,5
Latossolo	2,9	2,7	3,0	84,5	6,8
Média	3,5	3,4	4,1	82,0	7,0
Média dos solos					
Cambissolo	3,9	4,0	5,7	78,6	7,8
Latossolo	2,7	2,5	2,3	85,5	7,0
Média Geral	3,1	3,0	3,4	83,3	7,2

3.1.7 Massa seca da serrapilheira

Embora não tenham sido detectadas diferenças significativas na biomassa de serrapilheira entre as classes de solo e entre os sítios florestais, a interação entre estes fatores foi significativa (Tabela 3), tendo, no sítio A, a produção de serrapilheira sido maior no Latossolo, provavelmente associada à maior desrama natural naquela condição. Porém, no sítio B, a produção de serrapilheira foi maior no Cambissolo. Pode-se inferir que o maior déficit hídrico sofrido pelas plantas no sítio B do Cambissolo resultou em maior desfolhamento das árvores.

Tabela 3 Massa seca ($t \cdot ha^{-1}$) da serrapilheira nas áreas de plantio com as distintas classes de solo e sítios florestais

FV	Serrapilheira
Solo	ns
Sítio	ns
S * S	*
Média	16,15
CV (%)	21,51
	Sítio A
Cambissolo	12,21 b
Latossolo	21,14 a
Média	16,675
	Sítio B
Cambissolo	19,91 a
Latossolo	11,34 b
Média	15,625
	Média dos solos
Cambissolo	16,06
Latossolo	16,24

FV: fonte de variação; CV: coeficiente de variação; S*S: interação dos fatores solo e sítio; ns: não significativo; *: significativo, pelo teste F, a 5% de probabilidade. As médias de massa seca de serrapilheira, seguidas de letras distintas, dentro de cada sítio, diferem entre si, pelo teste de Skott-Knott, a 5% de probabilidade

Em estudo realizado em Minas Gerais, por Leite et al. (2011), em um Latossolo vermelho com eucalipto de seis anos e nove meses de idade e 1.250 plantas por hectare, foram obtidos 19,3 toneladas por hectare, valor próximo ao obtido no Latossolo no sítio A do presente estudo. Andrade et al. (2006), analisando plantios de *Eucalyptus grandis* aos 86 meses de idade, relataram produção média de serrapilheira de 21,3 t/ha em neossolo quartzarênico. Estes dados mostram que o plantio analisado apresenta baixo acúmulo de serrapilheira, podendo ser devido à sua elevada taxa de decomposição.

3.2 Acúmulo de nutrientes

Os teores médios de N, P, K, Ca, Mg, S, B e Zn (g/kg) encontrados em cada compartimento (Tabela A, Tabela 2A, Tabela 3A, Tabela 4A e Tabela 5A) e na serrapilheira (Tabela 6A) foram utilizados para determinar o acúmulo de nutrientes. Deve ser destacado que, para todos os nutrientes, com exceção do B, não foram observadas variações expressivas nos teores contidos em cada compartimento, em função da classe de solo ou sítio florestal. Desse modo, as diferenças no acúmulo de nutrientes, de maneira geral, estão associadas às diferenças observadas na produção de massa seca em cada compartimento e na serrapilheira. Os maiores teores de B, principalmente nas folhas e no lenho, encontrados no Cambissolo, provavelmente estão associados ao efeito de concentração, visto que as plantas destas áreas apresentaram menor desenvolvimento em relação ao Latossolo.

3.2.1 Acúmulo de nutrientes nas folhas

O acúmulo de todos os nutrientes nas folhas mostrou influência significativa do ambiente de plantio, considerando as diferentes classes de solo e

de sítios florestais. Apenas para o acúmulo de Ca e Mg houve interação significativa dos fatores. O acúmulo de N, P e Zn foi influenciado tanto pela classe de solo quanto pelo sítio florestal. Por outro lado, apenas a classe de solo influenciou o acúmulo foliar de K, S e B (Tabela 4).

Tabela 4 Acúmulo de nutrientes (kg.ha⁻¹) nas folhas de eucalipto, com seis anos e meio de idade, nas distintas classes de solo

FV	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn
Solo	*	*	*	*	*	*	*	*
Sítio	*	*	ns	ns	*	ns	ns	*
S * S	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	ns
Média	84,55	6,75	28,44	25,96	13,09	6,18	0,145	0,063
CV (%)	17,39	27,45	21,16	20,80	18,94	20,31	19,05	15,51
Sítio A								
Cambissolo	80,96	5,98	27,65	27,01 a	13,68 b	5,65	0,164	0,060
Latossolo	105,05	10,20	30,74	27,97 a	18,21 a	7,33	0,115	0,076
Média	93,00 a	8,09 a	29,19	27,49	15,94	6,49	0,139	0,068 a
Sítio B								
Cambissolo	54,53	3,71	21,31	16,76 b	3,15 b	4,09	0,162	0,043
Latossolo	97,68	7,09	34,06	32,12 a	17,34 a	7,65	0,140	0,072
Média	76,11 b	5,40 b	27,68	24,44	10,24	5,87	0,151	0,058 b
Média dos Solos								
Cambissolo	67,74 B	4,85 B	24,48 B	21,88	8,41	4,87 B	0,163 A	0,052 B
Latossolo	101,37 A	8,65 A	32,40 A	30,04	17,78	7,49 A	0,128 B	0,074 A

FV: fonte de variação; CV: coeficiente de variação; S*S: interação dos fatores solo e sítio; ns: não significativo; *: significativo, pelo teste F, a 5% de probabilidade. As médias de cada nutriente, seguidas de letras distintas, dentro de cada sítio, em negrito na média de cada sítio e em maiúsculo dentro de cada solo, diferem entre si, pelo teste de Skott-Knott, a 5% de probabilidade

Para os nutrientes nos quais a classe de solo e o sítio florestal apresentaram influência sem haver interação, o Latossolo e o sítio A proporcionaram maior acúmulo, devido à maior produção de massa seca, consequência de ambientes nos quais as limitações ao crescimento das plantas são menores. Somente o solo influenciou o acúmulo de K e S, sendo realizadas, para estes nutrientes, as mesmas considerações feitas para os anteriores. O acúmulo de Mg, para o qual houve interação dos fatores, seguiu o mesmo modelo que os demais (maior acúmulo no Latossolo). Para o Ca, no melhor sítio, o acúmulo foi semelhante e, no sítio pior, as plantas crescidas no Latossolo apresentaram maior acúmulo. Estes resultados corroboram as maiores produções de massa seca no Latossolo e no sítio A, ambientes com menor restrição ao desenvolvimento vegetal.

O acúmulo dos macronutrientes N, P, K, Ca e Mg foi maior que os encontrados em outro estudo, com *Eucalyptus grandis*, *E. camaldulensis* e *E. pellita* plantados há seis anos, na região norte-fluminense (ZAIA; GAMA-RODRIGUES, 2004). Isso demonstra que o acúmulo de nutrientes nas plantas é função do ambiente e, certamente, do manejo da adubação adotado, com reflexos na produtividade das espécies.

A ordem decrescente de acúmulo nas folhas foi $N > K > Ca > Mg > P > S > B > Zn$. O compartimento de folhas representou um acúmulo de 31,1%, 19,5%, 14,4%, 9,3%, 28,1%, 44,8%, 30,1% e 6,8% de N, P, K, Ca, Mg, S, B e Zn, respectivamente. Em relação ao acúmulo total de nutrientes, as folhas continham 19,6% dos nutrientes totais.

3.2.2 Acúmulo de nutrientes nos galhos vivos

Na quantificação de nutrientes nos galhos vivos, o acúmulo de N, B e Zn somente foi influenciado pela classe de solo, enquanto para o P, somente o sítio

influenciou os resultados. Houve interação da classe de solo com o sítio florestal para Ca e Mg e não houve diferença significativa no acúmulo de K. Os teores de S foram muito baixos, portanto, não foi feita análise estatística para este nutriente (Tabela 5).

Tabela 5 Acúmulo de nutrientes ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) nos galhos vivos do eucalipto, com seis anos e meio de idade, em distintas classes de solo e sítios florestais

FV	N	P	K	Ca	Mg	B	Zn
Solo	*	ns	ns	*	*	*	*
Sítio	ns	*	ns	ns	*	Ns	ns
S * S	ns	ns	ns	*	*	Ns	ns
Média	21,34	3,08	22,66	12,06	4,38	0,030	0,034
CV (%)	18,55	29,37	21,92	25,36	27,58	31,88	21,03
Sítio A							
Cambissolo	21,50	2,99	23,57	13,65 a	4,05 b	0,029	0,031
Latossolo	24,90	4,20	23,92	13,13 a	6,44 a	0,040	0,040
Média	23,20	3,59 a	23,74	13,39	5,25	0,035	0,035
Sítio B							
Cambissolo	15,14	2,69	19,10	7,22 b	0,92 b	0,019	0,028
Latossolo	23,81	2,46	24,04	14,23 a	6,10 a	0,033	0,036
Média	19,48	2,57 b	21,57	10,72	3,51	0,026	0,032
Média dos Solos							
Cambissolo	18,32 B	2,84	21,33	10,44	2,49	0,024 B	0,029 B
Latossolo	24,36 A	3,33	23,98	13,68	6,27	0,037 A	0,038 A

FV: fonte de variação; CV: coeficiente de variação; S*S: interação dos fatores solo e sítio; ns: não significativo; *: significativo, pelo teste F, a 5% de probabilidade. As médias de cada nutriente, seguidas de letras distintas, dentro de cada sítio, em negrito na média de cada sítio e em maiúsculo dentro de cada solo diferem entre si, pelo teste de Skott-Knott, a 5% de probabilidade.

Para N, B e Zn, os teores não foram diferentes, sendo que o que proporcionou maior acúmulo destes nos galhos vivos foi a maior produção de massa seca nas plantas cultivadas no Latossolo. O acúmulo de P pelas plantas de eucalipto foi maior no sítio A que no sítio B, justificado pela maior disponibilidade deste nutriente no sítio A. O Ca acumulado pelas plantas no sítio A não apresentou diferenças entre as classes de solo e, no sítio B, as plantas cultivadas no Latossolo apresentaram maior acúmulo do nutriente que nas plantas do Cambissolo. Para o Mg, tanto no sítio A como no sítio B, o acúmulo foi maior nas plantas do Latossolo, em comparação às plantas do Cambissolo. Assim como no acúmulo de nutrientes nas folhas, a produção de massa seca foi a maior responsável pela diferença no acúmulo de nutrientes, demonstrando que o ambiente de plantio poderá acarretar um maior ou menor acúmulo de nutrientes em função da produção de massa seca.

O acúmulo de nutrientes nos galhos vivos obedeceu à seguinte ordem decrescente: $K > N > Ca > Mg > P > Zn > B > S$. Os galhos vivos do eucalipto apresentaram acúmulo de 7,9% de N, 9,1% de P, 11,5% de K, 4,3% de Ca, 9,4% de Mg, 6,3% de B e 3,6% de Zn. Considerando todos os nutrientes, os galhos vivos contêm 7,5% do total de nutrientes da planta.

Caldeira et al. (2000), estudando a compartimentalização de nutrientes em acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.), com dois anos e cinco meses de idade, constataram maior acúmulo de nutrientes em galhos vivos da espécie. O resultado encontrado neste trabalho pode ser devido à idade das plantas analisadas, que apresentam copas próximas umas das outras, resultando em maior sombreamento e menor quantidade de galhos vivos em relação a plantios mais jovens. Também deve ser considerado o efeito do material genético e do manejo da fertilidade adotado nas áreas.

3.2.3 Acúmulo de nutrientes nos galhos mortos

Nos galhos mortos praticamente não foram encontrados P e S. O acúmulo de Zn pelas plantas não apresentou diferença significativa entre as classes de solo e os sítios florestais. Os sítios florestais e as classes de solo apresentaram interação no acúmulo de N, K, Ca, Mg e B (Tabela 6).

Tabela 6 Acúmulo de nutrientes ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) nos galhos mortos do eucalipto, com seis anos e meio de idade, em distintas classes de solo e sítios florestais

FV	N	K	Ca	Mg	B	Zn
Solo	ns	*	ns	*	ns	ns
Sítio	ns	Ns	ns	*	ns	ns
S * S	*	*	*	*	*	ns
Média	9,85	6,64	19,18	3,19	0,034	0,028
CV (%)	30,09	42,16	51,53	37,16	37,15	32,94
Sítio A						
Cambissolo	12,52 a	12,54 a	34,96 a	4,46 a	0,046 a	0,032
Latossolo	7,44 b	1,62 b	12,16 b	3,21 b	0,023 b	0,024
Média	9,98	7,08	23,56	3,84	0,035	0,028
Sítio B						
Cambissolo	8,70 a	7,22 a	9,27 a	0,63 b	0,022 b	0,029
Latossolo	10,76 a	5,18 a	20,32 a	4,45 a	0,043 a	0,029
Média	9,73	6,20	14,80	2,54	0,033	0,029
Média dos Solos						
Cambissolo	10,61	9,88	22,12	2,54	0,034	0,031
Latossolo	9,10	3,40	16,24	3,83	0,033	0,026

FV: fonte de variação; CV: coeficiente de variação; S*S: interação dos fatores solo e sítio; ns: não significativo; *: significativo, pelo teste F, a 5% de probabilidade. As médias de cada nutriente, seguidas de letras distintas, dentro de cada sítio, diferem entre si, pelo teste de Skott-Knott, a 5% de probabilidade

No sítio A, o acúmulo de N, K e Ca pelas plantas de eucalipto foi maior no Cambissolo, devido à menor desrama natural, que acarreta em maior acúmulo de massa seca deste compartimento nas plantas, como relatado anteriormente. No sítio B não houve diferenças no acúmulo de N, K e Ca pelas plantas, em função das classes de solo. No sítio A, Mg e B apresentaram maior acúmulo pelas plantas no Cambissolo e, no sítio B, maior acúmulo no Latossolo. Devido à sua elevada mobilidade na planta, o Mg apresentou baixos teores neste compartimento. Por outro lado, o B apresentou teores semelhantes aos encontrados em galhos vivos, devido à sua imobilidade na planta.

O acúmulo de nutrientes nos galhos mortos representou 3,6 % do N, 3,4% do K, 6,9% do Ca, 6,8 do Mg, 7,0% do B e 3,1% do Zn. Considerando todos os nutrientes, os galhos mortos acumularam 4,6% do total de nutrientes contidos na planta. Witschoreck (2008), avaliando a compartimentalização de nutrientes em *Pinus taeda* L., relatou que a espécie acumulou maior quantidade de nutrientes nos galhos mortos (exceção de K, Ca e Mg), podendo ser devido à menor desrama natural daquela espécie.

3.2.4 Acúmulo de nutrientes na casca

As classes de solo e os sítios florestais influenciaram o acúmulo de todos os nutrientes avaliados (Tabela 7). Os plantios realizados no Latossolo e no sítio A apresentaram maiores acúmulos de N, K, Mg, S e Zn, certamente associados à maior produção de massa seca de casca nesta classe de solo e sítio florestal.

Tabela 7 Acúmulo de nutrientes ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) na casca do eucalipto, com seis anos e meio de idade, nas distintas classes de solo e sítios florestais

FV	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn
Solo	*	*	*	*	*	*	*	*
Sítio	*	*	*	*	*	*	*	*
S * S	ns	*	ns	*	ns	ns	*	ns
Média	33,04	4,60	38,48	168,70	16,33	2,59	0,220	0,145
CV (%)	15,84	16,31	17,34	23,30	33,75	17,36	15,41	35,15
Sítio A								
Cambissolo	32,01	3,66 b	43,92	184,87 b	16,64	2,46	0,229 b	0,141
Latossolo	48,57	9,39 a	45,66	259,71 a	27,53	4,27	0,323 a	0,209
Média	40,29 a	6,53	44,79 a	222,29	22,08 a	3,36 a	0,276	0,175 a
Sítio B								
Cambissolo	13,96	1,52 b	25,84	23,30 b	1,13	0,92	0,073 b	0,059
Latossolo	37,62	3,83 a	38,50	206,93 a	20,02	2,71	0,256 a	0,170
Média	25,79 b	2,68	32,17 b	115,12	10,58 b	1,81 b	0,164	0,115 b
Média dos Solos								
Cambissolo	22,98 B	2,59	34,88 B	104,09	8,88 B	1,69 B	0,151	0,100 B
Latossolo	43,09 A	6,61	42,08 A	233,32	23,77 A	3,49 A	0,289	0,190 A

FV: fonte de variação; CV: coeficiente de variação; S*S: interação dos fatores solo e sítio; ns: não significativo; *: significativo, pelo teste F, a 5% de probabilidade. As médias de cada nutriente, seguidas de letras distintas, dentro de cada sítio, em negrito na média de cada sítio e em maiúsculo dentro de cada solo diferem entre si, pelo teste de Skott-Knott, a 5% de probabilidade

Para os nutrientes em que ocorreu interação dos fatores (acúmulo de P, Ca e B), nos dois sítios florestais, o acúmulo pelas plantas também foi maior no Latossolo. Estes resultados demonstram que a casca se desenvolve em função do desenvolvimento vegetal do lenho (SANTANA et al., 2008) e, por isso, onde as plantas apresentam maior desenvolvimento (Latosso), o acúmulo de nutrientes neste compartimento é também maior.

O Ca foi o nutriente que apresentou maior acúmulo nas cascas, apresentando 60,6% do total da planta, seguido do B (45,7%), Mg (35,0%), K (19,5%), S (18,8%), Zn (15,7%), P (13,5%) e N (12,1%). Considerando todos os nutrientes, este compartimento apresentou acúmulo de 31,3%, demonstrando que, de acordo com o manejo florestal imposto na área, a contribuição desse compartimento na construção da fertilidade do solo pode ser relevante (MOURA et al., 2006).

3.2.5 Acúmulo de nutrientes no lenho

A quantidade de nutrientes no lenho das plantas de eucalipto, com exceção de K e B, sofreu influência das classes de solo e dos sítios florestais (Tabela 8).

Tabela 8 Acúmulo de nutrientes (kg.ha⁻¹) no lenho do eucalipto, com seis anos e meio de idade, nas distintas classes de solo e sítios florestais

FV	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn
Solo	*	*	ns	*	*	*	ns	*
Sítio	*	*	ns	*	*	*	ns	*
S*S	ns	ns	ns	*	*	ns	*	ns
Média	123,39	19,57	100,98	52,33	9,66	5,02	0,053	0,653
CV (%)	14,64	67,41	62,50	14,93	21,75	33,34	64,95	27,46
Sítio A								
Cambissolo	103,31	17,39	103,20	55,04 b	9,86 b	3,95	0,085 a	0,568
Latossolo	188,90	44,59	113,72	77,32 a	15,04 a	8,08	0,041 a	0,943
Média	146,10 a	30,99 a	108,46	66,18	12,45	6,02 a	0,063	0,756 a
Sítio B								
Cambissolo	51,64	5,87	44,48	14,66 b	1,89 b	1,21	0,029 a	0,241
Latossolo	149,73	10,44	142,54	62,29 a	11,86 a	6,86	0,056 a	0,860
Média	100,68 b	8,16 b	93,51	38,48	6,87	4,03 b	0,042	0,550 b
Média dos Solos								
Cambissolo	77,47 B	11,63 B	73,84	34,85	5,88	2,58 B	0,057	0,404 B
Latossolo	169,31 A	27,51 A	128,13	69,81	13,45	7,47 A	0,048	0,902 A

FV: fonte de variação; CV: coeficiente de variação; S*S: interação dos fatores solo e sítio; ns: não significativo; *: significativo, pelo teste F, a 5% de probabilidade. As médias de cada nutriente, seguidas de letras distintas, dentro de cada sítio, em negrito na média de cada sítio e em maiúsculo dentro de cada solo diferem entre si, pelo teste de Skott-Knott, a 5% de probabilidade

Para o N, P, S e Zn, o acúmulo pelas plantas foi maior no Latossolo e no sítio A, sendo os resultados influenciados pela produção de massa seca, pois os teores destes nutrientes encontrados no lenho foram semelhantes. Para Ca e Mg, tanto no sítio A quanto no sítio B, maior acúmulo ocorreu nas plantas cultivadas no Latossolo.

Em média, a contribuição deste compartimento no acúmulo de nutrientes da planta foi de 45,3% do N, 57,5% do P, 51,2% do K, 60,6% do Ca, 35,0% do Mg, 18,8% do S, 45,7% do B e 15,7% do Zn, representando, aproximadamente, 123 kg.ha⁻¹ de N, 19 kg.ha⁻¹ de P, 101 kg.ha⁻¹ de K, 52 kg.ha⁻¹ de Ca, 10 kg.ha⁻¹ de Mg e 5 kg.ha⁻¹ de S. Estes resultados demonstram a necessidade de reposição de nutrientes no ambiente florestal após os cortes, tendo em vista a elevada quantidade de nutrientes exportada pela colheita.

Valores próximos aos encontrados neste estudo, de 106, 13, 70 e 19 kg/ha de N, P, Ca e Mg em *Eucalyptus grandis*, aos 86 meses de idade, sobre um neossolo quartzarênico, no estado de São Paulo, foram observados por Andrade et al. (2006). Esses dados demonstram que, devido à adaptação do eucalipto, as plantas podem acumular distintas quantidades de nutrientes em função da disponibilidade destes no solo.

Considerando todos os nutrientes, 36,9% estão alocados no lenho das plantas, sendo este o compartimento com maior acúmulo dos nutrientes. No entanto, em trabalho realizado com *Eucalyptus saligna* de 11 anos de idade constatou-se que, aproximadamente, 22% dos nutrientes estavam alocados no lenho das plantas e que houve maior acúmulo de nutrientes na copa das plantas (27% nos galhos e 13% nas folhas), quando comparada ao lenho. Isso, provavelmente, é resultado da maior produção de massa seca destes compartimentos em função da menor densidade de plantio ou uma desrama natural menos eficiente (POGGIANI, 1985).

3.2.6 Acúmulo total de nutrientes

O acúmulo total de N, P, S e Zn nas plantas de eucalipto foi influenciado pelas classes de solo e pelos sítios florestais, sendo maior no Latossolo e no sítio A, devido à produção de massa seca. O acúmulo de K foi influenciado somente pela classe de solo, sendo observado maior acúmulo nas plantas do Latossolo (Tabela 9).

Tabela 9 Acúmulo de nutrientes (kg.ha⁻¹) total do eucalipto, com seis anos e meio de idade, nas distintas classes de solo

FV	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn
Solo	*	*	*	*	*	*	*	*
Sítio	*	*	ns	*	*	*	*	*
S * S	ns	ns	ns	*	*	ns	*	ns
Média	272,18	34,01	197,20	278,23	46,65	13,79	0,482	0,923
CV (%)	12,07	44,25	34,21	19,10	21,25	19,47	13,73	25,40
Sítio A								
Cambissolo	250,30	30,03	210,87	315,54 B	48,68 b	12,06	0,553 a	0,832
Latossolo	374,85	68,38	215,66	390,29 A	70,43 a	19,67	0,542 a	1,292
Média	312,58 a	49,20 a	213,27	352,91	59,56	15,87 a	0,548	1,062 a
Sítio B								
Cambissolo	143,96	13,81	117,95	71,21 B	7,72 b	6,22	0,305 b	0,400
Latossolo	319,60	23,82	244,32	335,90 A	59,77 a	17,22	0,528 a	1,167
Média	231,78 b	18,81 b	181,13	203,56	33,75	11,72 b	0,417	0,783 b
Média dos Solos								
Cambissolo	197,13 B	21,92 B	164,41 B	193,38	28,20	9,14 B	0,429	0,616 B
Latossolo	347,22 A	46,10 A	229,99 A	363,09	65,10	18,45 A	0,535	1,230 A

FV: fonte de variação; CV: coeficiente de variação; S*S: interação dos fatores solo e sítio; ns: não significativo; *: significativo, pelo teste F, a 5% de probabilidade. As médias de cada nutriente, seguidas de letras distintas, dentro de cada sítio, em negrito na média de cada sítio e em maiúsculo dentro de cada solo diferem entre si, pelo teste de Skott-Knott, a 5% de probabilidade

Em média, as plantas acumularam, no período de seis anos e meio, um total de 272 kg.ha⁻¹ de N, 34 kg.ha⁻¹ de P, 197 kg.ha⁻¹ de K, 278 kg.ha⁻¹ de Ca, 47 kg.ha⁻¹ de Mg, 14 kg.ha⁻¹ de S, 482 g.ha⁻¹ de B e 922 g.ha⁻¹ de Zn. Acúmulos de aproximadamente 185, 12 e 84 kg/ha de N, P e K, respectivamente, foram obtidos em plantios realizados na Índia de *E. grandis* com três anos de idade (HUNTER, 2001).

Observa-se que a influência do sítio florestal é mais pronunciada no Cambissolo, visto que, nesta classe de solo, a redução na produção total de massa seca e, conseqüentemente, no acúmulo de nutrientes foi mais drástica no sítio florestal B.

3.2.7 Acúmulo de nutrientes na serrapilheira

Analisando-se o acúmulo de nutrientes na serrapilheira, para o N, P, K, Ca, Mg e B, constata-se que houve interação dos fatores (classes de solo e sítios florestais). O acúmulo de S foi influenciado pela classe de solo e sítio florestal, sem interação significativa e o Zn foi influenciado somente pelo sítio (Tabela 10).

Tabela 10 Acúmulo de nutrientes (kg.ha⁻¹) na serrapilheira do eucalipto, com seis anos e meio de idade, nas distintas classes de solo e sítios florestais

FV	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn
Solo	*	ns	*	ns	*	*	*	ns
Sítio	Ns	*	ns	*	*	*	*	*
S * S	*	*	*	*	*	ns	*	ns
Média	122,71	8,17	22,59	105,86	20,41	22,35	0,275	0,253
CV (%)	26,35	27,90	23,05	27,66	24,92	49,78	24,90	32,64
Sítio A								
Cambissolo	105,88 a	6,40 a	33,08 a	58,02 b	5,88 b	26,34	0,233 a	0,226
Latossolo	128,28 a	8,27 a	14,25 b	95,08 a	25,44 a	11,53	0,272 a	0,228
Média	117,08	7,34	23,66	76,55	15,66	18,93 b	0,252	0,227 b
Sítio B								
Cambissolo	161,88 a	10,61 b	22,10 a	145,09 a	31,80 a	27,43	0,376 a	0,318
Latossolo	94,82 b	20,93 a	20,93 a	125,26 a	18,52 b	24,10	0,219 b	0,239
Média	128,35	15,77	21,51	135,17	25,16	25,76 a	0,297	0,279 a
Média dos Solos								
Cambissolo	133,88	8,51	27,59	101,55	18,84	26,88 A	0,304	0,272
Latossolo	111,55	14,60	17,59	110,17	21,98	17,81 B	0,245	0,233

FV: fonte de variação; CV: coeficiente de variação; S*S: interação dos fatores solo e sítio; ns: não significativo; *: significativo, pelo teste F, a 5% de probabilidade. As médias de cada nutriente, seguidas de letras distintas, dentro de cada sítio, em negrito na média de cada sítio e em maiúsculo dentro de cada solo diferem entre si, pelo teste de Skott-Knott, a 5% de probabilidade

Apenas no sítio B foram observadas diferenças entre as classes de solo em relação ao acúmulo de N, P e B na serrapilheira, sendo o acúmulo de N maior no Cambissolo e de P e B maior no Latossolo. Por outro lado, o acúmulo de K foi maior no Cambissolo e o de Ca, maior no Latossolo somente no sítio A. O acúmulo de Mg no sítio A foi maior no Latossolo e no sítio B houve inversão, ou seja, o S foi maior no Cambissolo e no sítio B e o Zn foi maior no sítio B, independente da classe de solo.

As quantidades dos nutrientes encontrados na serrapilheira estão associadas com os principais materiais vegetais que as compõem. Desse modo, os nutrientes de menor mobilidade na planta, como Ca, B, S e Zn, apresentam elevado acúmulo, assim como o N, por apresentar elevada exigência pelas plantas. O K, por ser facilmente lixiviado para o ambiente, não apresenta elevado acúmulo na serrapilheira (PORTES, 2000).

Quando é considerada a média, os nutrientes seguem a seguinte ordem decrescente de acúmulo na serrapilheira: $N > Ca > K > S > Mg > P > B > Zn$. Ordem semelhante dos macronutrientes, com inversão de K com S, foi apresentada em estudo realizado em vegetação de caatinga, no estado da Paraíba (SOUTO, 2006).

Efetando-se o somatório de todos os nutrientes da serrapilheira, constata-se que ela contém, aproximadamente, $300 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de nutrientes, demonstrando que o manejo adequado da mesma, assim como dos restos culturais, pode influenciar as produtividades futuras, contribuindo para o aumento da fertilidade do solo por meio da decomposição desses materiais vegetais.

De maneira geral, pode-se observar que as plantas apresentaram maior desenvolvimento no Latossolo, possivelmente pela maior profundidade de solo e armazenamento de água. Estes fatores possibilitam à planta explorar um maior volume de solo, resultando em maior absorção de água e nutrientes.

Ademais, por estar localizado em paisagens suavizadas, o Latossolo tem menores perdas por erosão, o que possibilita uma ciclagem de nutrientes mais eficiente. Em contrapartida, o Cambissolo está alocado em paisagens acidentadas, apresenta '*solum*' de menor profundidade e, conseqüentemente, de menor capacidade de armazenamento, além da menor infiltração de água, fazendo com que, no período de estiagem, a planta enfrente situações adversas ao seu desenvolvimento.

Diante do exposto, deve-se ter maior atenção aos plantios no Cambissolo, por ser um ambiente mais frágil, de maior susceptibilidade à erosão.

Em plantios nesta classe de solo (Cambissolo), deve-se optar por um maior adensamento da lavoura, de modo que as copas das árvores formem mais rapidamente o dossel e, desse modo, façam uma maior proteção do solo aos impactos diretos das gotas da chuva e do deslocamento superficial de água no solo, permitindo, desse modo, uma maior infiltração de água, menor erosão, tendo como resultado um ambiente mais produtivo e de maior fragilidade.

4 CONCLUSÕES

Com o presente estudo foi possível concluir que:

- a) a classe de solo influencia a produção e o acúmulo de nutrientes, que foram, de maneira geral, maiores no Latossolo do que no Cambissolo;
- b) o sítio florestal influencia a produção do eucalipto, sendo que o sítio florestal de melhor qualidade proporciona ambiente de maior produção e acúmulo de nutrientes do que o sítio de pior qualidade;
- c) o Ca foi o nutriente que apresentou maior acúmulo na parte aérea das plantas de eucalipto, seguido por $N > K > Mg > P > S > Zn > B$;
- d) Em média, o acúmulo de nutrientes foi maior no lenho (36,9%), seguido pela casca (31,3%), folha (19,6%), galhos vivos (7,5%) e galhos mortos (4,6%);
- e) o compartimento que mais acumula N, P, K e Zn é o lenho. Na casca, é maior o acúmulo de Ca, Mg e B e, nas folhas, está a maior quantidade do S contido na planta;
- f) a serrapilheira acumula quantidade apreciável de nutrientes, podendo contribuir para melhorar a fertilidade dos solos, de acordo com o seu manejo.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. R.; RESENDE, M. Considerações sobre o manejo de solos rasos desenvolvidos de rochas pelíticas no Estado de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n. 128, p. 19-26, 1985.

ANDRADE, G. de C. et al. **Acúmulo de nutrientes na biomassa e na serrapilheira de Eucalyptus grandis em função da aplicação de lixo urbano e de nutrientes minerais**. Embrapa Floresta, 2006. p. 109-136. (Embrapa Floresta. Boletim de Pesquisa Florestal, 53).

CALDEIRA, M. V. W. et al. Ciclagem de nutrientes em *Acacia mearnsii* de Wild. V.: quantificação do conteúdo de nutrientes na biomassa aérea de *Acacia mearnsii* de Wild. procedência australiana. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 6, p. 977-982, 2000.

CUNHA, G. de M.; GAMA-RODRIGUES, A. C. da; COSTA, G. S. Ciclagem de nutrientes em *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden no norte fluminense. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 3, p. 353-363, 2005.

CURI, N.; CHAGAS, C. S.; GIAROLA, N. F. B. Distinção de ambientes agrícolas e relações solo-pastagens nos Campos da Mantiqueira (MG). In: EVANGELISTA, A. R.; CARVALHO, M. M.; CURI, N. (Ed.). **Desenvolvimento de pastagens na zona fisiográfica Campos das Vertentes, MG**. Lavras: ESAL/Embrapa, 1994. p. 21-43.

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer statistical analysis sistem. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, M. das G. M. **An analysis of the future productivity of Eucalyptus grandis plantations in the “cerrado” region in Brazil: a nutrient cycling approach**. 1984. 230 p. Tese (Doutorado)-University of British Columbia, Vancouver, 1984.

FINGER, C. A. G. **Fundamentos de biometria florestal**. Santa Maria: Universidade de Santa Maria. Centro de Pesquisas Florestais, 1992. p. 269.

GONÇALVES, F. G. et al. Parâmetros dendrométricos e correlações com propriedades tecnológicas em um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 34, n. 5, p. 947-959, 2010.

HUNTER, I. Above ground biomass and nutrient uptake of three tree species (*Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus grandis* and *Dalbergia sissoo*) as affected by irrigation and fertiliser, at 3 years of age, in southern India. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 144, p. 189-199, 2001.

LEITE, F. P. et al. Nutrient relations during an eucalyptus cycle at different population densities. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 35, n. 1, p. 949-959, 2011.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. p. 319

MENEZES, M. D. de. et al. Levantamento pedológico e sistema de informações na avaliação do uso das terras em sub-bacias hidrográficas de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 6, p. 1544-1553, 2009.

MOURA, O. N. et al. Distribuição de biomassa e nutrientes na parte aérea de *Mimosa caesalpiniaefolia* benth. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, n. 6, p. 877-884, 2006.

NEVES, T. A. et al. Avaliação de clones de *Eucalyptus* em diferentes locais visando à produção de carvão vegetal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 31, n. 68, p. 319-330, dez. 2011.

OLIVEIRA NETO, S. N. de et al. **Sistema agrossilvipastoril: integração** lavoura, pecuária floresta. Viçosa, MG: Sociedade de Investigações Florestais, 2010. p. 190.

POGGIANI, F. Nutrient cycling in Eucalyptus and Pinus plantations ecosystem: silvicultural implications. **IPEF**, Piracicaba, v. 31, p. 33-40, 1985.

PORTES, M. C. G. de O. **Deposição de serrapilheira e decomposição foliar em floresta ombrófila densa altomontana, morro do anhangava, Serra da Baitaca, Quatro Barras - PR.** 2000. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais/Conservação da Natureza)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

PRADO, H. DO. **Solos do Brasil: gênese, morfologia, classificação e levantamento.** 2. ed. Piracicaba: H. do Prado, 2001. p. 220.

RIBEIRO, S. C. **Estoque de biomassa e carbono em cerrado e em plantio comercial de eucalipto no estado de Minas Gerais.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2011.

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.

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

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, abr. 2001.

SOUTO, P. C. **Acumulação e decomposição da serrapilheira e distribuição de organismos edáficos em área de caatinga na Paraíba, Brasil.** 2006. Tese (Doutorado em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas)-Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa 2006.

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. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal/Silvicultura)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

ZAIA, F. C.; GAMA-RODRIGUES, A. C. da. Ciclagem e balanço de nutrientes em povoamentos de eucalipto na região norte fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 28, n. 3, p. 843-852, 2004.

CAPÍTULO 3

Compartmentalização de biomassa e de nutrientes em estruturas de clones de eucalipto na região dos Campos das Vertentes, MG

RESUMO

O presente estudo foi realizado em área de produção comercial da Saint Gobain Pam Bioenergia, situada na região dos Campos das Vertentes, MG. Foi feita a quantificação da biomassa e do acúmulo dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, B e Zn nas folhas, galhos vivos e mortos, casca, lenho e serrapilheira de dois clones (I-144 e I-220) cultivados pela empresa. A área de estudo está localizada em um Cambissolo, o qual constitui o solo mais representativo da região. Foram abatidas árvores dos dois clones, com idades de seis anos e meio, em sítios florestais distintos em relação à qualidade, com referência em inventário florestal realizado na área. Foi feita a cubagem rigorosa das árvores, retirando-se discos do tronco e os compartimentos folhas, galhos vivos, galhos mortos foram pesados no campo e retiradas amostras desses compartimentos. Amostras de serrapilheira também foram coletadas na área. Todo o material foi seco em estufa para a determinação da umidade e da massa seca de cada compartimento. Após seco, o material vegetal dos compartimentos foi moído e analisado quimicamente para a obtenção dos teores e a determinação do acúmulo de nutrientes. Os dois clones apresentaram comportamento distinto e apresentaram melhor crescimento em ambiente favorável. O lenho apresentou maior massa seca e maior acúmulo de nutrientes (34,1%), seguido pelas cascas (26,7%), folhas (19,4%), galhos vivos (12,1%) e galhos mortos (7,6%). Os nutrientes que apresentaram maior acúmulo foram Ca e N, seguidos por K, Mg, P, S, Zn e B.

Palavras-chave: Compartimentalização de nutrientes. Ciclagem de nutrientes. Biomassa. Clones de eucalipto.

ABSTRACT

The present study was conducted in an area of commercial production of the Saint Gobain Pam Bioenergia company, located in the Campos das Vertentes – MG region. We conducted the quantification of the biomass and the accumulation of the nutrients N, P, K, Ca, Mg, S, B and Zn in the leaves, live and dead branches, bark, wood and litter of two clones (I-144 and I-220) adapted to the area. The study area is located in cambisol, which constitutes the most representative soil of the area. Trees of the two clones with 6.5 years were cut down, in different forest sites, with reference in a forest inventory recently conducted in the area. Rigorous cubage of the trees and removal of disks from the trunk were conducted, and the compartments leaf, live branch and dead branch were weighed in the field and samples removed. The litter was collected in a fixed area. All the material was dried in an oven for determination of the humidity and dry matter of each compartment. After drying, the compartments were ground and chemically analyzed to obtain the nutrient content and determination of their accumulation in each plant compartment. The two analyzed clones presented good development in a favorable environment (site A) and the wood presented the highest dry matter and nutrient accumulation (34.1%), followed by the bark (26.7%), leaves (19.4%), live branch (12.1%) and dead branch (7.6%). The nutrients that presented the highest accumulation were Ca and N, followed by K, Mg, P, S, Zn and B.

Keywords: Nutrient compartmentalization. Nutrient cycling. Biomass. Eucalyptus clones.

1 INTRODUÇÃO

O setor florestal brasileiro tem mostrado crescimento devido às pressões mundiais contra os desmatamentos e em favor do uso de madeira de reflorestamentos. Neste contexto, o Brasil tem clima favorável ao desenvolvimento de espécies silviculturais tropicais, sendo o *Eucalyptus* sp. o principal gênero cultivado.

O gênero *Eucalyptus* tem mais de 600 espécies, tendo a maioria delas origem na Austrália e algumas originárias de Nova Guiné, Indonésia e Filipinas. Por ser originada de região tropical, adaptou-se muito bem ao Brasil, apresentando crescimento muito rápido, podendo ter um incremento médio anual (IMA) de mais de 40 m³ de madeira por hectare ao ano.

O estado de Minas gerais apresenta, aproximadamente, um terço das terras cultivadas com o gênero no Brasil. O produto desses plantios é utilizado na produção de carvão vegetal em siderúrgicas, na indústria de papel e celulose, em painéis de madeira, além do próprio produto sólido, como essência e como lenha. Dadas a elevada versatilidade da madeira do *Eucalyptus* e várias características desejáveis, o cultivo do eucalipto se torna um investimento de baixo risco e ótima opção para o investidor.

Atualmente, o plantio de eucalipto tem sido realizado com plantas clonais, advindas de produção vegetativa, por meio da técnica da estaquia, em que se obtêm plantas filhas com o mesmo genótipo das plantas mães, previamente identificadas e caracterizadas como plantas de desenvolvimento acelerado, tolerantes às doenças ou a adversidades climáticas e que geram produtos de qualidade.

Desse modo, elevados investimentos são realizados visando obter clones cada vez mais produtivos, adaptados a diferentes condições climáticas, proporcionando plantios mais uniformes, com madeira de melhor qualidade e

melhores rendimentos operacionais, tanto no campo como na indústria. Algumas espécies se destacaram em suas características, sendo as mais cultivadas o *Eucalyptus grandis*, o *E. urophylla*, o *E. saligna* e o *E. camaldulensis*, entre outros, e mais recentemente seus híbridos, provenientes de cruzamentos espontâneos ou realizados artificialmente, buscando características desejáveis de cada espécie. Cada um destes materiais genéticos tem exigências nutricionais distintas e resposta diferenciada ao fornecimento de nutrientes.

O presente estudo foi realizado com o objetivo de avaliar a serrapilheira e a compartimentalização de nutrientes de dois clones de eucalipto com seis anos e meio de idade, cultivados em um Cambissolo, na região dos Campos das Vertentes, MG.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo sobre compartimentalização de nutrientes nos distintos clones de eucalipto foi realizado em área de campo de produção da Pam Bioenergia, do grupo Saint Gobain, situado na cidade de Lima Duarte, região dos Campos das Vertentes, MG. Para a avaliação foram utilizados plantios clonais de eucalipto (I-144 e I-220) desenvolvidos pela Acesita Energética e adaptados à região, com espaçamento de 2,5 x 3,5 m, totalizando, aproximadamente, 1.142 plantas por hectare. Os plantios estão localizados em solos classificados como Cambissolo e a região apresenta temperatura média anual de 20,4 °C e precipitação anual de 1.250 mm (NEVES et al., 2011).

Em relação ao histórico das áreas de estudo, para a adubação de plantio, foram utilizados 350 kg.ha⁻¹ de fosfato reativo em sulco e 170 kg.ha⁻¹ do fertilizante formulado 6-30-15. Aos oito meses, foi realizada a adubação de cobertura com 110 kg.ha⁻¹ do fertilizante formulado 20-00-20, com 0,5% de B e 0,5% de Zn e, aos dezoito meses após o plantio, foi realizada outra adubação de cobertura, com 230 kg.ha⁻¹ de KCl com 1,0% de B, sendo esta última fertilização repetida aos trinta meses após o plantio.

Inventários florestais realizados nas áreas destinadas ao estudo de compartimentalização de nutrientes em datas próximas às do abate das árvores foram utilizados para a classificação de sítios florestais, tendo como base a altura dominante das árvores. Assim, para os dois clones, foi selecionado um sítio com altura dominante superior (sítio A) e outro com altura dominante inferior (sítio B). Em cada sítio foram abatidas cinco árvores, resultando em um total de 10 árvores abatidas por clone.

Em cada sítio escolhido foi feita a medição do diâmetro à altura do peito (DAP) em parcela de 440 m², obtendo-se, assim, o DAP médio do talhão. As árvores selecionadas e abatidas para o estudo de compartimentalização de

nutrientes apresentavam DAP médio do talhão com desvio de 0,1 cm, para mais ou para menos.

Selecionadas e abatidas, fez-se a desfolha das árvores sobre lona plástica. Os galhos que apresentavam folhas verdes (vivas) foram classificados como galhos vivos, sendo cortados rente ao caule, com facão. Os galhos que não apresentavam folhas foram classificados como galhos mortos, sendo também cortados rente ao caule, com facão.

Nos sítios nos quais foram realizados os abates também foram coletadas amostras de serrapilheira em área fixa, utilizando-se um aro de aço com diâmetro de 30 cm e uma extremidade cortante. Foram coletadas 12 amostras de serrapilheira em cada talhão.

No local dos abates foi utilizado um dinamômetro com capacidade para 50 kg, afixado entre duas árvores por corda, para pesagens totais de folhas, galhos vivos e galhos mortos. Destes compartimentos foram coletadas amostras frescas que foram pesadas em balança eletrônica para determinação do peso fresco das amostras.

Para a quantificação do volume de caule (somatório de volume de casca e lenho) foi feita a cubagem rigorosa, medindo-se o diâmetro do caule com suta florestal à altura do abate (aproximadamente 10 cm da superfície do solo), DAP, 10%, 30%, 50% e 70% da altura total de cada árvore. Nestas alturas também foram coletados discos de, aproximadamente, 5 cm de altura e medida a espessura da casca em quatro posições distintas do disco, para a determinação da espessura média da casca.

De posse dos diâmetros com casca e sem casca, foram calculados, pela fórmula de Smallian, descrita por Finger (1992), o volume de caule, o volume de lenho e o volume de casca. Com os discos que foram retirados das árvores abatidas foi determinada a densidade básica, que é o peso do disco seco dividido pelo volume do disco úmido. O volume do disco úmido foi obtido pelo

xilômetro, o qual fornece o volume pelo deslocamento de água. Com os valores de volume e de densidade de lenho e casca foi feito o cálculo para a massa seca destes compartimentos, por multiplicação dos fatores.

Após a coleta e as demais operações realizadas em campo, as amostras dos compartimentos do eucalipto, bem como da serrapilheira, foram levadas ao Departamento de Ciência do Solo (DCS) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), para as determinações químicas.

Todas as amostras foram transferidas de sacos de plástico para sacos de papel devidamente identificados para secagem, em estufa de corrente de ar forçada, a 75 °C, até atingirem peso constante, sendo, então, determinada a massa seca das amostras.

Posteriormente à determinação da massa seca, todos os compartimentos foram moídos em moinho do tipo Willey, com exceção dos discos, que foram pré-moídos utilizando-se plaina elétrica manual (marca DWT® modelo HB 02-82 – 710 W) e a maravalha, moída no mesmo moinho. O pó fino obtido de cada compartimento foi analisado para determinação de teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B e Zn, segundo a metodologia descrita por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). Para a determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S e Zn, foi utilizada a digestão úmida e, para B, a digestão seca. A determinação do N foi realizada por titulometria, pelo método de microkjeldahl. P, S e B foram determinados em espectrofotômetro colorimétrico, o K em fotômetro de chama e Ca, Mg e Zn em espectrofotômetro de absorção atômica.

Para a determinação de nutrientes no lenho e na casca foram realizadas análises de teores seguindo a mesma metodologia, separadamente de todos os discos coletados na base, DAP, 10%, 30%, 50% e 70% da altura total. Com os teores de cada disco foi feita a média, determinando-se, assim, os teores de nutrientes no lenho e na casca das árvores abatidas. Após a obtenção dos teores

de nutrientes e da massa seca em cada compartimento, foi obtido o acúmulo de nutrientes em cada compartimento.

Os dados de cada planta e da serrapilheira foram convertidos para hectares, para facilitar a discussão dos resultados por área.

Os resultados de massa seca e acúmulo de nutrientes foram submetidos à análise de variância, sendo considerados como fontes de variações os clones (I-144 e I-220) e os sítios (A e B) e aplicados testes de médias (Skott-Knott), a 5% de probabilidade, utilizando-se o software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção são apresentados e discutidos os dados de biomassa e acúmulo de nutrientes obtidos na compartimentalização de nutrientes do eucalipto e na serrapilheira de clones distintos.

3.1 Massa seca dos compartimentos

Nesta seção discute-se a produção de biomassa obtida no estudo de compartimentalização de nutrientes no eucalipto e na serrapilheira de distintos clones e sítios florestais.

3.1.1 Massa seca de folhas

As plantas de eucalipto do sítio A não apresentaram diferença na produção de massa seca de folhas. Todavia, no sítio B, o clone I-220 produziu mais que o clone I-144, obtendo-se 4,79 e 2,95 t.ha⁻¹, respectivamente (Tabela 11).

Tabela 11 Produção de massa seca ($t \cdot ha^{-1}$) de cada compartimento dos clones de eucalipto, com seis anos e meio de idade, e em sítios florestais

FV	Folha	Galho vivo	Galho morto	Lenho	Casca	Total
Clone	*	*	*	*	*	*
Sítio	ns	ns	*	*	*	*
C * S	*	*	ns	*	*	*
Média	4,05	5,40	6,91	91,65	8,12	116,12
CV (%)	18,65	20,23	21,25	7,04	7,10	6,57
Sítio A						
I-144	4,25 a	4,12 b	6,26	103,31 b	10,20 a	128,14 b
I-220	4,20 a	6,36 a	9,36	121,72 a	9,95 a	151,59 a
Média	4,22	5,24	7,81 a	112,51	10,08	139,86
Sítio B						
I-144	2,95 b	3,30 b	4,35	42,98 b	4,32 b	57,89 b
I-220	4,79 a	7,84 a	7,68	98,58 a	8,00 a	126,88 a
Média	3,87	5,57	6,01 b	70,78	6,16	92,38
Média dos clones						
I-144	3,60	3,71	5,30 B	73,14	7,26	93,01
I-220	4,49	7,10	8,52 A	110,15	8,97	139,24

FV: fonte de variação; CV: coeficiente de variação; C*S: interação dos fatores clone e sítio; ns: não significativo; *: significativo, pelo teste F, a 5% de probabilidade. As médias de cada compartimento, seguidas de letras distintas, dentro de cada sítio, em negrito na média de cada sítio e em maiúsculo na média de cada clone, diferem entre si, pelo teste de Skott-Knott, a 5% de probabilidade

A diferença entre os clones na produção de massa seca de folhas pode sugerir a melhor adaptação do clone I-220 às condições ambientais da região, em especial ao déficit hídrico, visto que a massa foliar tende a diminuir sob estresse hídrico (TAIZ; ZEIGER, 2009). A produção e a manutenção de maior área foliar fotossintetizante podem evidenciar o maior potencial produtivo (XAVIER; SOARES; ALMEIDA, 2002), como neste estudo, do clone I-220.

Valores semelhantes, de 3,3 e 4,5 t.ha⁻¹ para *E. pilularis* e *E. grandis*, respectivamente, são apresentados por Turner e Lambert (2008), avaliando plantios com cinco anos de idade, na região sudeste da Austrália.

3.1.2 Massa seca de galhos vivos

Para a produção de massa seca de galhos vivos houve interação dos fatores (clones e sítios), tendo o clone I-220 apresentado maior produção de galhos vivos nos dois sítios florestais (Tabela 11). Este dado corrobora os resultados apresentados no item anterior (massa seca de folhas), podendo-se inferir que o clone I-220 apresenta melhor adaptação ao ambiente estudado, tendo como referência a maior produção de galhos vivos e de folhas (SILVA et al., 2010).

Considerando a média total, as plantas apresentaram 5,4 t.ha⁻¹ de massa seca de galhos vivos e 4,05 t.ha⁻¹ de folhas, resultando em uma relação galho vivo por folha de 1:0.75. A relação de 1:0.70 foi observada em plantios de eucalipto no Rio Grande do Sul, com 10 meses de idade (KLEINPAUL, 2008), demonstrando que quanto maior a quantidade de galhos vivos, maior a quantidade de folhas, o que pode proporcionar à planta um melhor desenvolvimento vegetal.

3.1.3 Massa seca de galhos mortos

A massa seca de galhos mortos nas plantas sofreu influência tanto do clone quanto do sítio (Tabela 11). O clone I-220 apresentou maior quantidade de massa seca neste compartimento (8,5 t.ha⁻¹) do que o clone I-144 (5,3 t.ha⁻¹) e as plantas do sítio A apresentaram maior quantidade de massa seca nesse compartimento (7,8 t.ha⁻¹) do que no sítio B (6,0 t.ha⁻¹).

O clone I-220 apresentou maior produção de massa seca de folhas e galhos vivos, resultando, a partir desses resultados, em maior produção de massa seca de galhos mortos. Outro fator que pode influenciar esse comportamento pode ser o fato de a desrama natural do clone I-144 ser mais pronunciada que a do I-220, resultando, assim, segundo Oliveira Neto et al. (2010), em uma maior ciclagem de nutrientes na área, devido ao maior aporte de galhos mortos sobre o solo.

3.1.4 Massa seca de lenho

Na avaliação da massa seca de lenho houve interação dos fatores, todavia, o clone I-220 apresentou maior produção desse compartimento em ambos os sítios (Tabela 11). No sítio A, a produção do I-220 foi de 121,7 t.ha⁻¹ e a do clone I-144 foi de 103,3 t.ha⁻¹. No sítio B, a produção do I-220 foi de 98,6 t.ha⁻¹ e a do I-144, de 43,0 t.ha⁻¹. Estes resultados reforçam que o clone I-220 apresenta melhor adaptação ao local em que foi realizado o estudo, visto que sua produção foi superior ao clone I-144, em ambos os sítios.

A produtividade do clone I-144 no sítio A, considerando a densidade básica da madeira de, aproximadamente, 0,45 g.cm⁻³ (NEVES et al., 2011), foi de 35 m³.ha⁻¹.ano⁻¹ e de, aproximadamente, 15 m³.ha⁻¹.ano⁻¹ no sítio B. Considerando a densidade básica da madeira do clone I-220 de 0,50 g.cm⁻³ (Comunicação pessoal Arcelor Mittal), a produtividade seria de 37 e 30 m³/ha/ano, respectivamente nos sítios A e B. Valores próximos de 40 m³.ha⁻¹.ano⁻¹ são tidos como altamente satisfatórios (OLIVEIRA et al., 1999) para *E. urophylla* cultivado em um argissolo na região do estado de São Paulo, cuja temperatura média é próxima à da região de estudo, com maior precipitação e menor altitude, demonstrando o bom desempenho que os dois clones apresentaram no presente trabalho, principalmente no sítio A.

Valores de $300 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$ são relatados por alguns autores como sendo de um sítio de boa qualidade (aproximadamente aos seis anos de idade) e, em sítio de pior qualidade, o volume pode atingir somente $75 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$ (DEMOLINARI et al., 2007), demonstrando que a produção de lenho na área de estudo foi compatível ou superior à de outros estudos (VALERI et al., 2001; JUVENAL; MATTOS, 2002).

3.1.5 Massa seca de casca

A massa seca da casca apresentou interação dos fatores. No sítio B, a produção de casca do clone I-220 foi superior à do clone I-144 (Tabela 11). A produção superior do clone I-220 no sítio de pior qualidade foi reflexo de sua maior produção de lenho. Esse comportamento era esperado, já que a casca representa de 10% a 15% do volume total da árvore (VITAL; ANDRADE; VALENTE, 1989).

Todavia, no sítio A não houve diferença entre os clones em relação à massa seca de casca. Assim, a maior produção de massa seca de lenho no clone I-220 sugere que a percentagem de casca no clone I-144 é superior ao do I-220. Essa variabilidade quanto à percentagem do volume de casca em relação ao lenho de algumas espécies pode estar relacionada com a sua região de origem (CALDEIRA et al., 2000) e, no presente caso, pode estar relacionada às características morfológicas de cada clone.

3.1.6 Massa seca total

Para o acúmulo de massa seca total dos compartimentos houve interação dos fatores clone e sítio. Todavia, nos dois sítios, a produção de massa seca do clone I-220 foi superior à do clone I-144. A biomassa total produzida pelo clone

I-220 foi de 151,59 t.ha⁻¹ e 126,88 t.ha⁻¹, respectivamente nos sítios A e B. Já o clone I-144 produziu 128,14 t.ha⁻¹ no sítio A e 57,89 t.ha⁻¹ no sítio B (Tabela 11).

Trabalho realizado na Etiópia, com *E. globulus*, aos sete anos de idade, apresentou acúmulo médio de 92,8 t de massa seca por hectare, distribuídas em 62,3% no lenho, 10,5% na casca, 15,7% nos ramos e 11,5% nas folhas (ZEWDIE; OLSSON; VERWIJST, 2009), representando uma produção 20% menor que a média obtida no presente estudo, de 116,12 toneladas por hectare.

O clone I-144 apresentou acúmulo médio de 81,38 t, das quais 78,6% foram alocados no lenho, 7,8% na casca, 5,7% nos galhos mortos, 4,0% nos galhos vivos e 3,9% nas folhas. O clone I-220 apresentou acúmulo médio de 121,83 t, sendo 79,1% no lenho, 6,5% na casca, 6,1% nos galhos mortos, 5,1% nos galhos vivos e 3,2% nas folhas (Tabela 12).

Tabela 12 Distribuição relativa (%) de massa seca nos compartimentos dos distintos clones de eucalipto e sítios florestais

	Folha	Galho vivo	Galho morto	Lenho	Casca
Sítio A					
I-144	3,3	3,2	4,9	80,6	8,0
I-220	2,8	4,2	6,2	80,3	6,6
Média	3,0	3,7	5,6	80,4	7,2
Sítio B					
I-144	5,1	5,7	7,5	74,2	7,5
I-220	3,8	6,2	6,0	77,7	6,3
Média	4,2	6,0	6,5	76,6	6,7
Média dos clones					
I-144	3,9	4,0	5,7	78,6	7,8
I-220	3,2	5,1	6,1	79,1	6,4
Média	3,5	4,7	6,0	78,9	7,0

O maior acúmulo relativo de casca pelo clone I-144 pode estar relacionado à sua adaptação ao déficit hídrico, já que plantas mais resistentes a esta adversidade apresentam casca mais pronunciada, tendo função de perder menor quantidade de água para o ambiente (SILVEIRA, 2004). Infere-se, neste caso, que o clone I-144 teria maior rusticidade em relação ao clone I-220, porém, com menor produtividade média.

3.1.7 Massa seca da serrapilheira

A produção de massa seca de serrapilheira sofreu influência dos fatores clones e sítios, sendo a sua interação significativa. No sítio A, a produção de serrapilheira no plantio com o clone I-220 (18,98 t.ha⁻¹) foi maior que a produção na área de plantio do clone I-144 (12,21 t.ha⁻¹). No entanto, a massa seca de serrapilheira no sítio B foi maior no plantio com clone I-144 (19,91 t.ha⁻¹) do que em plantio do clone I-220 (14,42 t.ha⁻¹) (Tabela 13).

Tabela 13 Produção de massa seca ($t \cdot ha^{-1}$) da serrapilheira em áreas de plantio de eucalipto, com seis anos e meio de idade, dos distintos clones e sítios florestais

FV	Serrapilheira
Clone	ns
Sítio	ns
C * S	*
Média	16,38
CV (%)	22,16
	Sítio A
I-144	12,21 b
I-220	18,98 a
Média	15,60
	Sítio B
I-144	19,91 a
I-220	14,42 b
Média	17,17
	Média dos clones
I-144	16,06
I-220	16,70

FV: fonte de variação; CV: coeficiente de variação; C*S: interação dos fatores clone e sítio; ns: não significativo; *: significativo, pelo teste F, a 5% de probabilidade; As médias de massa seca de serrapilheira, seguidas de letras distintas, dentro de cada sítio, diferem entre si, pelo teste de Skott-Knott, a 5% de probabilidade

A maior produção de massa seca da serrapilheira no sítio A pode ter sido consequência da maior produção de biomassa do clone I-220 e, portanto, maior produção de serrapilheira. No sítio B, a maior produção de serrapilheira do clone I-144 pode estar relacionada a um maior déficit hídrico que resulta em menor decomposição da mesma (MOREIRA; SILVA, 2004).

Sob densidade de plantio semelhante ao da área de estudo, plantio de *E. grandis* com seis anos e nove meses, em um Latossolo vermelho, no estado de Minas Gerais (LEITE et al., 2011), produziu $19,3 t \cdot ha^{-1}$ de serrapilheira. Na

Austrália, diferentes espécies de *Eucalyptus* podem produzir de 8 a 13 t.ha⁻¹, entre sete e oito anos (TURNER; LAMBERT, 2008). O acúmulo de serrapilheira depende de fatores como umidade do solo, material depositado, vento, entre outros (CAMPOS et al., 2008), que influenciam a sua decomposição e seu acúmulo sobre o solo.

3.2 Acúmulo de nutrientes

A média dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B e Zn (g.kg⁻¹) em cada compartimento e da serrapilheira dos distintos clones e sítios florestais encontram-se nas Tabelas 7A a 12A. Estes teores foram utilizados para a determinação do acúmulo de nutrientes.

3.2.1 Acúmulo de nutrientes nas folhas

Na avaliação do acúmulo de nutrientes nas folhas dos clones de eucalipto, observou-se que, para todos os nutrientes, houve interação entre os fatores (Tabela 14). No sítio A, os clones não apresentaram diferenças no acúmulo de nutrientes, com exceção do Mg, que apresentou maior acúmulo nas folhas do clone I-144.

Tabela 14 Acúmulo de nutrientes ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) nas folhas dos distintos clones de eucalipto, com seis anos e meio de idade, em sítios florestais

FV	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn
Clone	Ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	*
Sítio	Ns	ns	ns	ns	*	ns	*	ns
C * S	*	*	*	*	*	*	*	*
Média	70,35	5,17	25,88	24,09	9,67	4,92	0,17	0,057
CV (%)	20,82	19,55	19,31	19,33	17,92	22,86	23,10	17,11
Sítio A								
I-144	80,96 a	5,98 a	27,65 a	27,01 a	13,68 a	5,65 a	0,16 a	0,060 a
I-220	64,57 a	5,15 a	24,65 a	24,44 a	10,86 b	4,50 a	0,14 a	0,057 a
Média	72,76	5,56	26,15	25,72	12,27	5,08	0,15	0,058
Sítio B								
I-144	54,53 b	3,71 b	21,31 b	16,76 b	3,15 b	4,09 a	0,16 b	0,043 b
I-220	81,35 a	5,86 a	29,91 a	28,14 a	11,01 a	5,44 a	0,22 a	0,067 a
Média	67,94	4,79	25,61	22,45	7,08	4,77	0,19	0,055
Média dos clones								
I-144	67,74	4,85	24,48	21,88	8,41	4,87	0,16	0,051
I-220	72,96	5,50	27,28	26,29	10,94	4,97	0,18	0,062

FV: fonte de variação; CV: coeficiente de variação; C*S: interação dos fatores clone e sítio; ns: não significativo; *: significativo, pelo teste F, a 5% de probabilidade. As médias de cada nutriente, seguidas de letras distintas, dentro de cada sítio, diferem entre si, pelo teste de Skott-Knott, a 5% de probabilidade

No sítio B, com exceção do B, o acúmulo de nutrientes foi baixo, possivelmente devido a uma menor capacidade de retenção de água pelo solo, e maior susceptibilidade ao déficit hídrico. O déficit hídrico pode resultar em uma queda acentuada de folhas (TATAGIBA; PEZZOPANE; REIS, 2007), reduzindo a massa foliar e, conseqüentemente o acúmulo de nutrientes.

Considerando as médias, o N é o nutriente de maior acúmulo nas folhas, seguido por $K > Ca > Mg > P > S > B > Zn$. Quando é considerado o acúmulo total de nutrientes nos compartimentos do eucalipto, 30% do N, 24% do P, 14% do K, 10% do Ca, 26% do Mg, 46% do S, 38% do B e 8% do Zn estão alocados

nas folhas e, de todos os nutrientes da planta, 19,4% estão neste compartimento. Em relação a N, P e K, a mesma sequência de acúmulo foi apresentada em plantios de clone de *E. grandis* x *E. urophylla* com idade de seis anos e três meses no sul da China, todavia, com quantidades menores de nutrientes (XU et al., 2002).

3.2.2 Acúmulo de nutrientes nos galhos vivos

O acúmulo de N, P, Ca, Mg e Zn variou entre os clones, sendo que, independente do sítio florestal, o clone I-220 apresentou maior acúmulo dos nutrientes, quando comparado ao clone I-144. O acúmulo de Mg também foi influenciado pelo sítio, apresentando maior acúmulo do nutriente no sítio A. Os nutrientes K e B foram influenciados pela interação de clone e sítio. É importante destacar que tanto no sítio A como no sítio B, um maior acúmulo de nutrientes foi observado no clone I-220 (Tabela 15). O enxofre não foi quantificado, devido à sua baixa concentração no tecido vegetal.

Tabela 15 Acúmulo de nutrientes ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) nos galhos vivos dos distintos clones de eucalipto, com seis anos e meio de idade, em sítios florestais

FV	N	P	K	Ca	Mg	B	Zn
Clone	*	*	*	*	*	*	*
Sítio	ns	ns	ns	ns	*	Ns	ns
C * S	ns	ns	*	ns	ns	*	ns
Média	27,08	3,45	34,21	18,35	4,53	43,41	44,40
CV	22,47	29,38	18,33	42,49	26,78	33,20	24,72
Sítio A							
I-144	21,50	2,99	23,57 b	13,65	4,05	29,41 b	30,59
I-220	34,06	4,28	40,52 a	24,66	7,26	49,38 a	51,44
Média	27,78	3,64	32,04	19,15	5,65 a	39,40	41,02
Sítio B							
I-144	15,14	2,69	19,10 b	7,22	0,92	19,17 b	27,70
I-220	37,62	3,84	53,64 a	27,88	5,88	75,67 a	67,86
Média	26,38	3,26	36,37	17,55	3,40 b	47,42	47,78
Média dos clones							
I-144	18,32 B	2,84 B	21,33	10,44 B	2,49 B	24,29	29,14 B
I-220	35,84 A	4,06 A	47,08	26,27 A	6,57 A	62,53	59,65 A

FV: fonte de variação; CV: coeficiente de variação; C*S: interação dos fatores clone e sítio; ns: não significativo; *: significativo, pelo teste F, a 5% de probabilidade. As médias de cada nutriente, seguidas de letras distintas, dentro de cada sítio, em negrito na média de cada sítio e em maiúsculo dentro de cada clone diferem entre si, pelo teste de Skott-Knott, a 5% de probabilidade

É importante observar que todos os nutrientes apresentaram maior acúmulo no clone I-220, em função da maior produção de massa seca de galhos vivos deste clone em relação ao clone I-144.

O acúmulo de nutrientes em *Pinus taeda*, aos 17 anos de idade, é superior a todos os valores apresentados pelos clones de eucalipto (WITSCHORECK, 2008). Neste caso, o maior acúmulo está relacionado à maior produção de massa seca de galhos no pinus ($22 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) em relação ao eucalipto ($5,4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$).

O nutriente que apresentou maior acúmulo nos galhos vivos do presente estudo foi o K, seguido de $N > Ca > Mg > P > Zn = B$.

Considerando o acúmulo total de cada nutriente, 12% do N, 16% do P, 19% do K, 8% do Ca, 12% do Mg, 9% do B e 6% do Zn estão alocados nos galhos vivos. Considerando-se todos os nutrientes, 12,1% do total estão presentes nos galhos vivos. Em plantio de acácia-negra (*Acácia mearnsii* De Wild) aos dois anos e cinco meses de idade (CALDEIRA et al., 2000), foram encontrados 20% do total de nutrientes nos galhos vivos, percentual superior ao encontrado no presente trabalho, possivelmente pela idade dos plantios, tendo efeito na distribuição dos nutrientes na planta.

3.2.3 Acúmulo de nutrientes nos galhos mortos

O acúmulo dos nutrientes N, Ca, B e Zn foi influenciado pelos clones. O acúmulo de N, K, Ca e B foi influenciado pelo sítio e o Mg sofreu influência dos fatores e da interação entre os mesmos (Tabela 16). Não foi possível determinar o acúmulo dos nutrientes P e S, devido aos seus baixos teores neste compartimento.

Tabela 16 Acúmulo de nutrientes ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) nos galhos mortos nos distintos clones de eucalipto, com seis anos e meio de idade, em sítios florestais

FV	N	K	Ca	Mg	B	Zn
Clone	*	ns	*	ns	*	*
Sítio	*	*	*	*	*	ns
C * S	ns	ns	ns	*	ns	ns
Média	13,82	9,59	29,00	2,86	41,98	42,30
CV (%)	21,22	38,80	45,03	30,91	34,02	25,47
Sítio A						
I-144	12,52	12,54	34,96	4,46 a	46,46	32,21
I-220	18,73	11,58	45,17	3,87 a	58,78	57,01
Média	15,62 a	12,06 a	40,06 a	4,16	52,62 a	44,61
Sítio B						
I-144	8,70	7,22	9,27	0,63 b	22,26	29,03
I-220	15,35	7,02	26,62	2,47 a	40,42	50,95
Média	12,02 b	7,12 b	17,94 b	1,55	31,34 b	39,99
Média dos clones						
I-144	10,61 B	9,88	22,12 B	2,54	34,36 B	30,62 B
I-220	17,04 A	9,30	35,89 A	3,17	49,60 A	53,98 A

FV: fonte de variação; CV: coeficiente de variação; C*S: interação dos fatores clone e sítio; ns: não significativo; *: significativo, pelo teste F, a 5% de probabilidade. As médias de cada nutriente, seguidas de letras distintas, dentro de cada sítio, em negrito na média de cada sítio e em maiúsculo dentro de cada clone diferem entre si, pelo teste de Skott-Knott, a 5% de probabilidade

O acúmulo de N, Ca, B e Zn foi maior no clone I-220 em relação ao clone I-144, e pode estar relacionado à sua menor desrama natural, o que promoveria maior quantidade de galhos mortos.

Para os nutrientes que sofreram influência do sítio (N, K, Ca e B), as plantas de eucalipto crescidas no sítio A apresentaram maior acúmulo, compatível com seu maior crescimento nesta condição.

Para o Mg, diferença de acúmulo entre os clones foi observada apenas no sítio B. Neste sítio, o maior acúmulo de Mg pelo clone I-220 está associado à maior produção de galhos mortos. Por outro lado, no sítio A, o baixo teor de Mg no solo (Tabela 12) poderia explicar os valores mais próximos no acúmulo do nutriente pelos dois clones.

O acúmulo de nutrientes nos galhos mortos seguiu a ordem decrescente de $Ca > N > K > Mg > B = Zn$, de forma semelhante à ordem apresentada de acúmulo total de nutrientes em plantio de eucalipto com quatro anos de idade (SCHUMACHER; CALDEIRA, 2001), na região sul do Brasil. Este compartimento acumula 6% do N, 5% do K, 12% do Ca, 8% do Mg, 9% do B e 6% do Zn. Considerando todos os nutrientes, 7,7% dos nutrientes estão alocados nos galhos mortos, demonstrando a contribuição deste compartimento na ciclagem de nutrientes, quando a espécie apresenta boa desrama natural (KOLM; POGGIANI, 2003).

3.2.4 Acúmulo de nutrientes na casca

O acúmulo de nutrientes na casca do eucalipto foi, para todos os nutrientes, com exceção do S, influenciado pela interação dos fatores sítio e clone (Tabela 17). O acúmulo de S foi influenciado pelo sítio e pelo clone, sem interação significativa.

Tabela 17 Acúmulo de nutrientes ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) na casca dos distintos clones de eucalipto, com seis anos e meio de idade, em sítios florestais

FV	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn
Clone	*	*	ns	Ns	*	*	*	ns
Sítio	*	*	*	*	*	*	*	*
C * S	*	*	*	*	*	ns	*	*
Média	26,73	2,92	37,04	112,25	11,83	2,05	0,166	0,101
CV (%)	8,20	16,94	13,28	26,84	22,77	18,62	12,39	19,99
Sítio A								
I-144	32,01 a	3,66 a	43,92 a	184,87 a	16,64 a	2,46	0,229 a	0,141 a
I-220	33,76 a	3,55 a	37,88 a	155,64 a	18,71 a	2,92	0,200 b	0,111 b
Média	32,88	3,61	40,90	170,26	17,68	2,69 a	0,214	0,126
Sítio B								
I-144	13,96 b	1,52 b	25,84 b	23,30 b	1,13 b	0,92	0,073 b	0,059 b
I-220	27,19 a	2,95 a	40,51 a	85,20 a	10,82 a	1,90	0,164 a	0,095 a
Média	20,58	2,24	33,17	54,25	5,98	1,41 b	0,119	0,077
Média dos clones								
I-144	22,98	2,59	34,88	104,09	8,88	1,69 B	0,151	0,100
I-220	30,47	3,25	39,19	120,42	14,77	2,41 A	0,182	0,103

FV: fonte de variação; CV: coeficiente de variação; C*S: interação dos fatores clone e sítio; ns: não significativo; *: significativo, pelo teste F, a 5% de probabilidade. As médias de cada nutriente, seguidas de letras distintas, dentro de cada sítio, em negrito na média de cada sítio e em maiúsculo dentro de cada clone diferem entre si, pelo teste de Skott-Knott, a 5% de probabilidade

No sítio A, o acúmulo dos macronutrientes não variou entre os clones. Para os micronutrientes, o acúmulo foi maior no clone I-144. No sítio B, para todos os nutrientes, o acúmulo foi maior no clone I-220. O acúmulo de S no sítio A foi superior ao sítio B, assim como no clone I-220, superior ao clone I-144.

A seqüência de nutrientes acumulada neste compartimento, em ordem decrescente, foi $Ca > K > N > Mg > P > S > B > Zn$. A casca continha 11% do N, 14% do P, 20% do K, 47% do Ca, 31% do Mg, 19% do S, 36% do B e 14% do Zn. Considerando todos os nutrientes da planta, 26,7% estavam alocados na casca, destacando-se a grande importância que o manejo da colheita (descascamento) da floresta irá representar na exportação de nutrientes na área (ANDRADE, et al., 2006; SANTANA et al., 2008).

3.2.5 Acúmulo de nutrientes no lenho

O acúmulo de N, P, K, Mg e S foi influenciado pelo clone e pelo sítio, havendo interação entre os fatores. Para Ca, B e Zn, clone e sítio influenciaram o acúmulo, contudo, sem haver interação destes fatores (Tabela 18).

Tabela 18 Acúmulo de nutrientes ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) no lenho dos distintos clones de eucalipto, com seis anos e meio de idade, em sítios florestais

FV	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn
Clone	*	*	ns	*	*	*	*	*
Sítio	*	*	*	*	*	*	*	*
C * S	*	*	*	ns	*	*	ns	ns
Média	94,67	10,05	75,89	52,91	8,89	3,74	0,037	0,490
CV (%)	8,42	27,91	11,38	18,45	13,41	33,26	70,26	17,35
Sítio A								
I-144	103,31 b	17,39 a	103,20 a	55,04	9,86 b	3,95 a	0,085	0,568
I-220	121,72 a	8,43 b	77,26 b	87,38	14,34 a	4,89 a	0,022	0,678
Média	112,51	12,91	90,23	71,21 a	12,10	4,42	0,054 a	0,623 a
Sítio B								
I-144	51,64 b	5,87 a	44,48 b	14,66	1,89 b	1,21 b	0,029	0,241
I-220	102,02 a	8,50 a	78,62 a	54,53	9,49 a	4,92 a	0,012	0,475
Média	76,83	7,19	61,55	34,60 b	5,69	3,06	0,020 b	0,358 b
Média dos clones								
I-144	77,47	11,63	73,84	34,85 B	5,88	2,58	0,057 A	0,404 B
I-220	111,87	8,46	77,94	70,96 A	11,91	4,91	0,017 B	0,576 A

FV: fonte de variação; CV: coeficiente de variação; C*S: interação dos fatores clone e sítio; ns: não significativo; *: significativo, pelo teste F, a 5% de probabilidade. As médias de cada nutriente, seguidas de letras distintas, dentro de cada sítio, em negrito na média de cada sítio e em maiúsculo dentro de cada clone diferem entre si, pelo teste de Skott-Knott, a 5% de probabilidade

De acordo com a análise estatística, no sítio A, o acúmulo de N e Mg foi maior no clone I-220, todavia, o I-144 acumulou mais P e K e o acúmulo de S foi semelhante nos dois clones. No sítio B, o clone I-220 acumulou maior quantidade de N, K, Mg e S que o clone I-144, porém, não houve diferença para o acúmulo de P. Para os nutrientes em que não houve interação dos fatores, o acúmulo médio de Ca, B e Zn foi maior no sítio A. O clone I-144 apresentou maior acúmulo somente para o B, enquanto a média de Ca e Zn foi maior no clone I-220.

A alternância do conteúdo de nutrientes nos dois sítios demonstra que cada clone avaliado apresenta diferentes exigências nutricionais e, conseqüentemente, diferente acúmulo de nutrientes. Este fato é observado em diversas culturas e, até mesmo, em cultivares distintas, como para o eucalipto na fase de mudas (PINTO et al., 2011), cultivares de girassol (UCHÔA et al., 2011) e variedades de cana-de-açúcar (OLIVEIRA et al., 2010).

Em plantio de *E. dunnii* Maiden com nove anos de idade, situado no Uruguai, o acúmulo de todos os nutrientes foi superior ao do presente trabalho (HERNÁNDEZ et al., 2009), provavelmente devido à maior idade do plantio, exigência nutricional ou qualidade do sítio, acarretando em maior produção de massa seca e, conseqüentemente, maior acúmulo de nutrientes. Estudos com eucalipto de seis anos e meio de idade em diferentes regiões do Brasil apresentaram acúmulo no lenho de N variando entre 70 e 169 kg.ha⁻¹, P entre 5 e 11 kg.ha⁻¹, K entre 40 e 109 kg.ha⁻¹, Ca entre 27 e 160 kg.ha⁻¹ e Mg entre 6 e 24 kg.ha⁻¹ (SANTANA et al., 2008).

Considerando o acúmulo de cada nutriente, o lenho acumulou 41% do N, 47% do P, 42% do K, 22% do Ca, 23% do Mg, 35% do S, 8% do B e 67% do Zn e, de todos os nutrientes na planta, o lenho acumulou 34,1% do total, demonstrando que, com a colheita florestal, a extração de nutrientes da área é elevada, sendo necessária a reposição de nutrientes no solo via adubações após a

colheita, para um bom desenvolvimento da rebrota, principalmente em áreas de baixa fertilidade natural.

3.2.6 Acúmulo total de nutrientes

O acúmulo total de nutrientes no eucalipto foi influenciado pela interação dos fatores sítio e clone. No sítio A, o acúmulo de macronutrientes, com exceção do P, foi semelhante entre os clones. O clone I-144 apresentou maior acúmulo de P e B, enquanto o I-220 apresentou maior acúmulo de Zn. No sítio B, o clone I-220 apresentou maior acúmulo de todos os nutrientes (Tabela 19).

Tabela 19 Acúmulo total de nutrientes (kg.ha⁻¹) nos distintos clones de eucalipto, com seis anos e meio de idade, em sítios florestais

FV	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn
Clone	*	ns	*	*	*	*	*	*
Sítio	*	*	*	*	*	*	*	*
C * S	*	*	*	*	*	*	*	*
Média	232,65	21,59	182,60	236,60	37,78	10,71	0,462	0,735
CV (%)	9,51	12,85	8,62	22,95	12,80	20,72	11,12	10,82
Sítio A								
I-144	250,30 a	30,03 a	210,87 a	315,54 a	48,68 a	12,06 a	0,553 a	0,832 b
I-220	272,83 a	21,41 b	191,88 a	337,29 a	55,04 a	12,31 a	0,473 b	0,954 a
Média	261,56	25,72	201,38	326,41	51,86	12,18	0,513	0,893
Sítio B								
I-144	143,96 b	13,81 b	117,95 b	71,21 b	7,72 b	6,22 b	0,305 b	0,400 b
I-220	263,53 a	21,14 a	209,69 a	222,37 a	39,67 a	12,27 a	0,518 a	0,755 a
Média	203,75	17,47	163,82	146,79	23,70	9,24	0,412	0,577
Média dos clones								
I-144	197,13	21,92	164,41	193,38	28,20	9,14	0,429	0,616
I-220	268,18	21,27	200,79	279,83	47,36	12,29	0,495	0,855

FV: fonte de variação; CV: coeficiente de variação; C*S: interação dos fatores clone e sítio; ns: não significativo; *: significativo, pelo teste F, a 5% de probabilidade. As médias de cada nutriente, seguidas de letras distintas, dentro de cada sítio, diferem entre si, pelo teste de Skott-Knott, a 5% de probabilidade

O maior acúmulo de nutrientes do clone I-220 no sítio B está relacionado à sua maior massa seca total em relação ao clone I-144. No sítio A, em que ambos os clones apresentaram bom desenvolvimento, o acúmulo de macronutrientes (exceção do P) foi semelhante, demonstrando a similaridade dos clones quanto ao potencial produtivo e à exigência nutricional.

O nutriente que apresentou maior acúmulo foi o Ca, bem próximo do N, seguido, em ordem decrescente, por $K > Mg > P > S > Zn > B$, representando, respectivamente, 236 kg.ha⁻¹, 232 kg.ha⁻¹, 182 kg.ha⁻¹, 38 kg.ha⁻¹, 21 kg.ha⁻¹, 11 kg.ha⁻¹, 0,7 kg.ha⁻¹ e 0,5 kg.ha⁻¹. A mesma sequência, todavia, com maior acúmulo de N, P, K, Ca e Mg foi observada em plantio de *E. dunnii* Maiden, com nove anos de idade, no Uruguai (HERNÁNDEZ et al., 2009). Cunha, Gama-Rodrigues e Costa (2005), estudando o acúmulo de N, P, K, Ca e Mg em plantios de *E. grandis* de oito anos de idade no norte fluminense, encontraram valores semelhantes aos apresentados neste trabalho. A sequência $N > Ca > K > Mg > P$ é similar em *E. botryoides*, *E. globulus* e *E. ovata* com idade de três anos na Nova Zelândia (GUO; SIMS; HORNE, 2006), podendo indicar alta exigência de N por espécies do gênero *Eucalyptus*.

3.2.7 Acúmulo de nutrientes na serrapilheira

O acúmulo de nutrientes na serrapilheira foi influenciado pelo clone e pelo sítio florestal, com interação entre os fatores para N, P, Ca, Mg, B e Zn. O acúmulo de K foi influenciado pelos dois fatores sem ocorrência interação. Somente o clone influenciou o acúmulo de S. Onde houve interação, no sítio A, os plantios do clone I-220 acumularam maior quantidade de nutrientes, e no sítio B, o acúmulo de macronutrientes foi maior nos plantios do clone I-144. O K acumulou mais nas plantas crescidas no sítio A do que no sítio B e a serrapilheira dos plantios do clone I-220 apresentou maior quantidade de K. Para

o S, os plantios com o clone I-144 apresentaram maior acúmulo do nutriente na serrapilheira (Tabela 20).

Tabela 20 Acúmulo de nutrientes (kg.ha⁻¹) na serrapilheira dos plantios dos distintos clones de eucalipto, com seis anos e meio de idade, em sítios florestais

FV	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn
Clone	ns	ns	*	*	*	*	*	ns
Sítio	ns	ns	*	ns	Ns	ns	*	ns
C * S	*	*	ns	*	*	ns	*	*
Média	141,50	8,66	32,19	121,99	23,48	23,35	0,324	0,289
CV	21,44	23,37	22,74	39,66	39,32	37,82	23,9	29,61
Sítio A								
I-144	105,88 b	6,40 b	33,08	58,02 b	5,88 B	26,34	0,233 b	0,226 b
I-220	178,21 a	10,83 a	39,75	184,33 a	38,10 A	23,53	0,361 a	0,326 a
Média	142,04	8,62	36,42 a	121,17	21,99	24,94	0,297	0,276
Sítio B								
I-144	161,88 a	10,61 a	22,10	145,09 a	31,80 A	27,43	0,376 a	0,318 a
I-220	120,04 b	6,79 b	33,82	100,51 b	18,15 B	16,11	0,327 a	0,285 a
Média	140,96	8,70	27,96 b	122,80	24,98	21,77	0,351	0,302
Média dos clones								
I-144	133,88	8,51	27,59 B	101,55	18,84	26,88 A	0,304	0,272
I-220	149,12	8,81	36,79 A	142,42	28,13	19,82 B	0,344	0,306

FV: fonte de variação; CV: coeficiente de variação; C*S: interação dos fatores clone e sítio; ns: não significativo; *: significativo, pelo teste F, a 5% de probabilidade. As médias de cada nutriente, seguidas de letras distintas, dentro de cada sítio, em negrito na média de cada sítio e em maiúsculo dentro de cada clone diferem entre si, pelo teste de Skott-Knott, a 5% de probabilidade

O nutriente com maiores quantidades na serrapilheira foi o N, seguido de Ca, K, Mg, S, P, B e Zn. As quantidades de N, P, Ca e Mg são semelhantes às apresentadas por Andrade et al. (2006), em plantio de *E. grandis* aos 86 meses de idade, na região de São Paulo, em um neossolo quartzarênico. Em plantio de *Pinus taeda* L. aos 17 anos de idade, o acúmulo de macronutrientes seguiu ordem parecida (WITSCHORECK, 2008) e os micronutrientes apresentaram ordem diferente, demonstrando que cada espécie apresenta distinta exigência nutricional, acarretando variações no seu acúmulo e, conseqüentemente, na ciclagem.

4 CONCLUSÕES

No presente trabalho foi possível concluir que:

- a) o genótipo (clone) de eucalipto influencia a produção de biomassa, o acúmulo de nutrientes nos seus compartimentos, e a serrapilheira dos plantios;
- b) a casca armazenou 26,7% dos nutrientes e pode reduzir, se deixada na área, a exportação de nutrientes via colheita;
- c) os nutrientes que apresentaram maiores acúmulos totais foram Ca e N, seguidos, em ordem decrescente, pelo K, Mg, P, S, Zn e B;
- d) o compartimento que apresenta maior acúmulo é o lenho (34,1%), seguido das cascas (26,7%), folhas (19,4%), galhos vivos (12,1%) e galhos mortos (7,6%);
- e) em sítio de melhor qualidade, clones de eucalipto distintos apresentaram crescimento semelhante;
- f) em sítio de pior qualidade, o clone I-220 apresentou melhor crescimento e maior acúmulo de nutrientes do que o clone I-144.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, G. de. C. et al. **Acúmulo de nutrientes na biomassa e na serrapilheira de Eucalyptus grandis em função da aplicação de lixo urbano e de nutrientes minerais**. Embrapa Floresta, 2006. p. 109-136. (Embrapa Floresta. Boletim de Pesquisa Florestal, 53).

CALDEIRA, M. V. W. et al. Ciclagem de nutrientes em *Acacia mearnsii* de Wild. V.: Quantificação do conteúdo de nutrientes na biomassa aérea de *Acacia mearnsii* de Wild. procedência australiana. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 6, p. 977-982, 2000.

CALDEIRA, M. V. W. et al. Quantificação da biomassa e do conteúdo de nutrientes em diferentes procedências de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 195-196, 2000.

CAMPOS, E. H. et al. Acúmulo de serrapilheira em fragmentos de mata mesofítica e cerrado strito senso em Uberlândia - MG. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 20, n. 1, p. 189-203, 2008.

CUNHA, G. de M.; GAMA-RODRIGUES, A. C. da; COSTA, G. S. Ciclagem de nutrientes em *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden no norte fluminense. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 3, p. 353-363, 2005.

DEMOLINARI, R. de A. et al. Crescimento de plantios clonais de eucalipto não desbastados na região de Monte Dourado (PA). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, n. 3, p. 503-512, 2007.

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer statistical analysis sistem. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FINGER, C. A. G. **Fundamentos de biometria florestal**. Santa Maria: Universidade de Santa Maria. Centro de Pesquisas Florestais, 1992. p. 269.

GUO, L. B.; SIMS, R. E. H.; HORNE, D. J. Biomass production and nutrient cycling in Eucalyptus short rotation energy forests in New Zealand: II. Litter fall and nutrient return. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v. 30, n. 5, p. 393-404, May 2006.

HERNÁNDEZ, J. et al. Nutrient export and harvest residue decomposition patterns of a Eucalyptus dunnii Maiden plantation in temperate climate of Uruguay. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 258, n. 2, p. 92-99, June 2009.

JUVENAL, T. L.; MATTOS, R. L. G. O setor florestal no Brasil e a importância do reflorestamento. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 16, p. 3-30, set. 2002.

KLEINPAUL, I. S. **Plantio misto de Eucalyptus urograndis e Acacia mearsii em sistema agroflorestal**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2008.

KOLM, L.; POGGIANI, F. Ciclagem de nutrientes em povoamentos de Eucalyptus grandis submetidos à prática de desbastes progressivos. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 63, p. 79-93, 2003.

LEITE, F. P. et al. Nutrient relations during an eucalyptus cycle at different population densities. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 35, n. 1, p. 949-959, 2011.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. p. 319.

MOREIRA, P. R.; SILVA, O. A. Produção de serapilheira em área reflorestada. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 28, n. 1, p. 49-59, 2004.

NEVES, T. A. et al. Avaliação de clones de Eucalyptus em diferentes locais visando à produção de carvão vegetal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 31, n. 68, p. 319-330, 26 dez. 2011.

OLIVEIRA, E. C. A. de. et al. Extração e exportação de nutrientes por variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob irrigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 34, n. 1, p. 1343-1352, 2010.

OLIVEIRA, J. T. da S. Caracterização da madeira de sete espécies de eucaliptos para a construção civil: 1- avaliações dendrométricas das árvores. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 56, n. 1, p. 113-124, 1999.

OLIVEIRA NETO, S. N. de. et al. **Sistema agrossilvipastoril**: interação lavoura, pecuária floresta. Viçosa, MG: Sociedade de Investigações Florestais, 2010. p. 190.

PINTO, S. I. do C. et al. Eficiência nutricional de clones de eucalipto na fase de mudas cultivados em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 35, n. 1, p. 523-533, 2011.

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

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, abr. 2001.

SILVA, I. R. da. et al. Formas, relação quantidade/intensidade e biodisponibilidade de potássio em diferentes Latossolos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 10, p. 2065-2073, 2000.

SILVA, L. et al. Fotossíntese, relações hídricas e crescimento de cafeeiros jovens em relação à disponibilidade de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 9, p. 965-972, 2010.

SILVEIRA, F. A. O. **Anatomia vegetal**. Curvelo: Faculdade de Ciências de Curvelo. Departamento de Ciências Biológicas, 2004. 26 p. (Apostila).

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. p. 819.

TATAGIBA, S. D.; PEZZOPANE, J. E. M.; REIS, E. F. dos. Avaliação do crescimento e produção de clones de Eucalyptus submetidos a diferentes manejos de irrigação. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 1, p. 1-9, 2007.

TURNER, J.; LAMBERT, M. J. Nutrient cycling in age sequences of two Eucalyptus plantation species. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 255, p. 1701-1712, 2008.

UCHÔA, S. C. P. et al. Adubação de potássio em cobertura nos componentes de produção de cultivares de girassol. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 1, p. 8-15, 2011.

VALERI, S. V. et al. Recuperação de povoamento de Eucalyptus urophylla com aplicações de nitrogênio, potássio e calcário dolomítico. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 60, p. 53-71, 2001.

VITAL, B. R.; ANDRADE, A. M. de; VALENTE, O. F. Influência da casca no rendimento e na qualidade do carvão vegetal de Eucalyptus grandis. **IPEF**, Piracicaba, v. 41/42, p. 44-49, 1989.

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. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal/Silvicultura)- Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

XAVIER, A. C.; SOARES, J. V.; ALMEIDA, A. C. de. Variação do índice de área foliar em clones de eucalipto ao longo de seu ciclo de crescimento. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 26, n. 4, p. 421-427, 2002.

XU, D. et al. Effects of P fertilisation on productivity and nutrient accumulation in a *Eucalyptus grandis* X *E. urophylla* plantation in southern China. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 161, p. 89-100, 2002.

ZEWDIE, M.; OLSSON, M.; VERWIJST, T. Above-ground biomass production and allometric relations of *Eucalyptus globulus* Labill. coppice plantations along a chronosequence in the central highlands of Ethiopia. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v. 33, n. 3, p. 421-428, Mar. 2009.

ANEXOS

Tabela 1A Teor médio de nutrientes (g.kg^{-1}) nas folhas do eucalipto nas distintas classes de solo e sítios florestais

	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn
Média	19,25	1,50	6,55	5,90	2,80	1,40	0,03572	0,01438
Sítio A								
Cambissolo	19,20	1,41	6,49	6,41	3,25	1,33	0,03894	0,01418
Latossolo	20,40	1,98	5,90	5,36	3,55	1,42	0,02220	0,01482
Média	19,80	1,70	6,20	5,88	3,40	1,38	0,03057	0,01450
Sítio B								
Cambissolo	18,60	1,26	7,26	5,66	1,06	1,39	0,05483	0,01464
Latossolo	18,80	1,36	6,55	6,18	3,32	1,47	0,02693	0,01388
Média	18,70	1,31	6,90	5,92	2,19	1,43	0,04088	0,01426
Média dos solos								
Cambissolo	18,90	1,33	6,87	6,03	2,16	1,36	0,04688	0,01441
Latossolo	19,60	1,67	6,23	5,77	3,43	1,45	0,02456	0,01435

Tabela 2A Teor médio de nutrientes (g.kg^{-1}) nos galhos vivos do eucalipto nas distintas classes de solo e sítios florestais

	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn
Média	4,95	0,73	5,32	2,78	0,96	0,00	0,00702	0,00779
Sítio A								
Cambissolo	5,20	0,73	5,68	3,32	1,01	0,00	0,00711	0,00740
Latossolo	5,00	0,84	4,78	2,63	1,30	0,00	0,00806	0,00801
Média	5,10	0,78	5,23	2,98	1,16	0,00	0,00759	0,00771
Sítio B								
Cambissolo	4,60	0,84	5,83	2,21	0,28	0,00	0,00595	0,00830
Latossolo	5,00	0,50	4,98	2,95	1,26	0,00	0,00697	0,00746
Média	4,80	0,67	5,41	2,58	0,77	0,00	0,00646	0,00788
Média dos solos								
Cambissolo	4,90	0,78	5,76	2,77	0,65	0,00	0,00653	0,00785
Latossolo	5,00	0,67	4,88	2,79	1,28	0,00	0,00752	0,00774

Tabela 3A Teor médio de nutrientes (g.kg^{-1}) nos galhos mortos do eucalipto nas distintas classes de solo e sítios florestais

	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn
Média	2,00	0,00	1,26	3,63	0,64	0,00	0,00663	0,00588
Sítio A								
Cambissolo	2,00	0,00	2,00	5,59	0,73	0,00	0,00736	0,00523
Latossolo	2,00	0,00	0,45	3,19	0,85	0,00	0,00618	0,00651
Média	2,00	0,00	1,22	4,39	0,79	0,00	0,00677	0,00587
Sítio B								
Cambissolo	2,00	0,00	1,66	2,03	0,15	0,00	0,00513	0,00647
Latossolo	2,00	0,00	0,95	3,70	0,82	0,00	0,00785	0,00531
Média	2,00	0,00	1,30	2,87	0,49	0,00	0,00649	0,00589
Média dos solos								
Cambissolo	2,00	0,00	1,83	3,81	0,44	0,00	0,00625	0,00585
Latossolo	2,00	0,00	0,70	3,45	0,84	0,00	0,00701	0,00591

Tabela 4A Teor médio de nutrientes (g.kg^{-1}) no lenho do eucalipto nas distintas classes de solo e sítios florestais

	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn
Média	1,06	0,16	0,89	0,43	0,08	0,04	0,00052	0,00548
Sítio A								
Cambissolo	1,00	0,17	1,00	0,54	0,10	0,04	0,00082	0,00554
Latossolo	1,03	0,24	0,62	0,42	0,08	0,04	0,00022	0,00515
Média	1,02	0,21	0,81	0,48	0,09	0,04	0,00052	0,00534
Sítio B								
Cambissolo	1,20	0,14	1,04	0,34	0,04	0,03	0,00066	0,00560
Latossolo	1,00	0,07	0,89	0,42	0,08	0,05	0,00035	0,00564
Média	1,10	0,10	0,96	0,38	0,06	0,04	0,00051	0,00562
Média dos solos								
Cambissolo	1,10	0,15	1,02	0,44	0,07	0,03	0,00074	0,00557
Latossolo	1,02	0,16	0,76	0,42	0,08	0,05	0,00029	0,00539

Tabela 5A Teor médio de nutrientes (g.kg^{-1}) na casca do eucalipto nas distintas classes de solo e sítios florestais

	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn
Média	3,18	0,41	4,13	14,44	1,33	0,24	0,02053	0,01374
Sítio A								
Cambissolo	3,14	0,36	4,29	18,18	1,64	0,24	0,02238	0,01379
Latossolo	3,23	0,63	3,04	17,28	1,83	0,28	0,02156	0,01392
Média	3,19	0,49	3,67	17,73	1,73	0,26	0,02197	0,01386
Sítio B								
Cambissolo	3,23	0,35	5,99	5,38	0,26	0,21	0,01695	0,01376
Latossolo	3,10	0,32	3,18	16,91	1,59	0,23	0,02124	0,01347
Média	3,17	0,33	4,59	11,14	0,93	0,22	0,01909	0,01361
Média dos solos								
Cambissolo	3,19	0,36	5,14	11,78	0,95	0,23	0,01966	0,01377
Latossolo	3,17	0,47	3,11	17,09	1,71	0,26	0,02140	0,01370

Tabela 6A Teor médio de nutrientes (g.kg^{-1}) na serrapilheira no eucalipto nas distintas classes de solo e sítios florestais

FV	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn
Média	7,79	0,53	1,60	6,92	1,24	1,56	0,01762	0,01647
Sítio A								
Cambissolo	8,67	0,53	2,75	4,75	0,49	2,26	0,01924	0,01866
Latossolo	5,92	0,39	0,68	4,50	1,22	0,54	0,01290	0,01079
Média	7,29	0,46	1,72	4,63	0,86	1,40	0,01607	0,01472
Sítio B								
Cambissolo	8,25	0,54	1,12	7,39	1,61	1,37	0,01888	0,01595
Latossolo	8,33	0,65	1,86	11,05	1,62	2,06	0,01948	0,02049
Média	8,29	0,59	1,49	9,22	1,62	1,71	0,01918	0,01822
Média dos solos								
Cambissolo	8,46	0,53	1,93	6,07	1,05	1,82	0,01906	0,01730
Latossolo	7,13	0,52	1,27	7,78	1,42	1,30	0,01619	0,01564

Tabela 7A Teor médio de nutrientes (g.kg^{-1}) nas folhas dos distintos clones de eucalipto e sítios florestais

	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn
Média	17,50	1,28	6,46	5,97	2,30	1,23	0,04418	0,01418
Sítio A								
I-144	19,20	1,41	6,49	6,41	3,25	1,33	0,03894	0,01418
I-220	15,20	1,22	5,85	5,90	2,59	1,07	0,03469	0,01381
Média	17,20	1,32	6,17	6,16	2,92	1,20	0,03681	0,01400
Sítio B								
I-144	18,60	1,26	7,26	5,66	1,06	1,39	0,05483	0,01464
I-220	17,00	1,22	6,25	5,93	2,31	1,14	0,04826	0,01408
Média	17,80	1,24	6,76	5,79	1,69	1,26	0,05155	0,01436
Média dos solos								
I-144	18,90	1,33	6,87	6,03	2,16	1,36	0,04688	0,01441
I-220	16,10	1,22	6,05	5,91	2,45	1,10	0,04148	0,01395

Tabela 8A Teor médio de nutrientes (g.kg^{-1}) nos galhos vivos dos distintos clones de eucalipto e sítios florestais

	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn
Média	5,00	0,68	6,21	3,25	0,80	0,00	0,00761	0,00810
Sítio A								
I-144	5,20	0,73	5,68	3,32	1,01	0,00	0,00711	0,00740
I-220	5,40	0,69	6,46	3,94	1,17	0,00	0,00788	0,00808
Média	5,30	0,71	6,07	3,63	1,09	0,00	0,00750	0,00774
Sítio B								
I-144	4,60	0,84	5,83	2,21	0,28	0,00	0,00595	0,00830
I-220	4,80	0,48	6,86	3,54	0,75	0,00	0,00951	0,00862
Média	4,70	0,66	6,35	2,88	0,52	0,00	0,00773	0,00846
Média dos solos								
I-144	4,90	0,78	5,76	2,77	0,65	0,00	0,00653	0,00785
I-220	5,10	0,59	6,66	3,74	0,96	0,00	0,00870	0,00835

Tabela 9A Teor médio de nutrientes (g.kg^{-1}) nos galhos mortos dos distintos clones de eucalipto e sítios florestais

	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn
Média	2,00	0,00	1,45	4,02	0,41	0,00	0,00602	0,00612
Sítio A								
I-144	2,00	0,00	2,00	5,59	0,73	0,00	0,00736	0,00523
I-220	2,00	0,00	1,23	4,85	0,42	0,00	0,00632	0,00607
Média	2,00	0,00	1,62	5,22	0,57	0,00	0,00684	0,00565
Sítio B								
I-144	2,00	0,00	1,66	2,03	0,15	0,00	0,00513	0,00647
I-220	2,00	0,00	0,93	3,60	0,33	0,00	0,00526	0,00672
Média	2,00	0,00	1,29	2,82	0,24	0,00	0,00520	0,00660
Média dos solos								
I-144	2,00	0,00	1,83	3,81	0,44	0,00	0,00625	0,00585
I-220	2,00	0,00	1,08	4,23	0,37	0,00	0,00579	0,00640

Tabela 10A Teor médio de nutrientes (g.kg^{-1}) no lenho dos distintos clones de eucalipto e sítios florestais

	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn
Média	1,06	0,12	0,87	0,54	0,09	0,04	0,00045	0,00538
Sítio A								
I-144	1,00	0,17	1,00	0,54	0,10	0,04	0,00082	0,00554
I-220	1,00	0,07	0,64	0,72	0,12	0,04	0,00018	0,00557
Média	1,00	0,12	0,82	0,63	0,11	0,04	0,00050	0,00555
Sítio B								
I-144	1,20	0,14	1,04	0,34	0,04	0,03	0,00066	0,00560
I-220	1,03	0,09	0,80	0,55	0,10	0,05	0,00013	0,00481
Média	1,12	0,11	0,92	0,45	0,07	0,04	0,00039	0,00521
Média dos solos								
I-144	1,10	0,15	1,02	0,44	0,07	0,03	0,00074	0,00557
I-220	1,02	0,08	0,72	0,63	0,11	0,05	0,00016	0,00519

Tabela 11A Teor médio de nutrientes (g.kg^{-1}) na casca dos distintos clones de eucalipto e sítios florestais

	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn
Média	3,29	0,36	4,80	12,43	1,28	0,25	0,01997	0,01260
Sítio A								
I-144	3,14	0,36	4,29	18,18	1,64	0,24	0,02238	0,01379
I-220	3,40	0,36	3,83	15,60	1,89	0,29	0,02004	0,01107
Média	3,27	0,36	4,06	16,89	1,76	0,27	0,02121	0,01243
Sítio B								
I-144	3,23	0,35	5,99	5,38	0,26	0,21	0,01695	0,01376
I-220	3,40	0,37	5,07	10,55	1,34	0,24	0,02053	0,01180
Média	3,32	0,36	5,53	7,96	0,80	0,23	0,01874	0,01278
Média dos solos								
I-144	3,19	0,36	5,14	11,78	0,95	0,23	0,01966	0,01377
I-220	3,40	0,36	4,45	13,07	1,62	0,27	0,02029	0,01144

Tabela 12A Teor médio de nutrientes (g.kg^{-1}) na serrapilheira dos distintos clones de eucalipto e sítios florestais

FV	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn
Média	8,69	0,53	2,10	7,16	1,34	1,50	0,02007	0,01808
Sítio A								
I-144	8,67	0,53	2,75	4,75	0,49	2,26	0,01924	0,01866
I-220	9,42	0,57	2,16	9,47	1,96	1,23	0,01892	0,01725
Média	9,04	0,55	2,46	7,11	1,23	1,74	0,01908	0,01795
Sítio B								
I-144	8,25	0,54	1,12	7,39	1,61	1,37	0,01888	0,01595
I-220	8,42	0,48	2,37	7,03	1,29	1,15	0,02324	0,02048
Média	8,33	0,51	1,74	7,21	1,45	1,26	0,02106	0,01821
Média dos clones								
I-144	8,46	0,53	1,93	6,07	1,05	1,82	0,01906	0,01730
I-220	8,92	0,53	2,26	8,25	1,63	1,19	0,02108	0,01886