

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**PRODUÇÃO DE MADEIRA E EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO
DE NUTRIENTES EM CLONES DE EUCALIPTOS EM
DIFERENTES IDADES**

Renan Furlan Gonsaga
Engenheiro Agrônomo

2017

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**PRODUÇÃO DE MADEIRA E EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO
DE NUTRIENTES EM CLONES DE EUCALIPTOS EM
DIFERENTES IDADES**

Renan Furlan Gonsaga

Orientador: Prof. Dr. Rinaldo Cesar de Paula

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do Título de Mestre em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas).

2017

G639p Gonsaga, Renan Furlan
Produção de madeira e eficiência de utilização de nutrientes em clones de eucalipto em diferentes idades / Renan Furlan Gonsaga. -- Jaboticabal, 2017
viii, 50 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2017
Orientador: Rinaldo Cesar de Paula
Banca examinadora: Celso Antonio Jardim, Gustavo Vitti Mõro
Bibliografia

1. Biomassa. 2. *E. grandis* x *E. urophylla*. 3. Melhoramento florestal.
I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.52:634.0.2



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: PRODUÇÃO DE MADEIRA E EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DE NUTRIENTES EM CLONES DE EUCALIPTOS EM DIFERENTES IDADES

AUTOR: RENAN FURLAN GONSAGA

ORIENTADOR: RINALDO CESAR DE PAULA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. RINALDO CESAR DE PAULA
Departamento de Produção Vegetal / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Prof. Dr. CELSO ANTONIO JARDIM
Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza / FATEC - Jaboticabal/SP


Prof. Dr. GUSTAVO VITTI MÕRO
Departamento de Produção Vegetal / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 22 de fevereiro de 2017

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Renan Furlan Gonsaga - nascido em 24 de janeiro de 1988 em Bocaina – SP, é Engenheiro Agrônomo pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), de Jaboticabal – SP, tendo concluído o curso em dezembro de 2012. Realizou estágio no Herbae - Consultoria e Projetos Agrícolas Ltda., em Jaboticabal/SP de 2012 a 2013. Foi cooperado na UNICAMPO, em Maringá/PR, prestando serviço à Bayer Cropscience no ano de 2013, realizando palestras sobre o uso correto dos EPI'S e qualidade da tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas. Em março de 2015 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas), da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Unesp, Campus de Jaboticabal, desenvolvendo a pesquisa da presente dissertação como bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

“No meio da dificuldade encontra-se a oportunidade. ”

Albert Einstein

A minha Mãe **Marinete** pelos inúmeros sacrifícios,
minha Avó **Ladir** por todos os ensinamentos,
meu Padrinho **Aguinaldo** e Tio **Reinaldo**
por tudo que sempre fizeram por mim.

Dedico

AGRADECIMENTOS

À minha noiva Maria Laura, que mostrou caminhos que antes não via, por sempre estar ao meu lado, por sempre acreditar em mim, até mesmo quando eu duvidava. Por ser a pessoa que me faz querer ser melhor todo dia, por todo o carinho, aprendizado, companheirismo, diversão, alegria que nosso amor me proporciona.

À nossa “fia” Malu, por tornar nossos dias ainda mais alegres.

À minha Irmã Nabyle e seu marido Lucas, por terem me ajudado quando precisei e por estarmos cada vez mais próximos.

Ao meu padrasto Maito, por sempre me apoiar, incentivar e me ensinar muito sobre política, música, cultura, vídeo game, futebol e tudo mais.

Ao meu Avô Biagio que do seu jeito, foi muito importante para minha infância.

Ao Prof. Dr. Rinaldo Cesar de Paula, pela orientação, ensinamentos, compreensão, pela confiança no desenvolvimento deste trabalho.

Aos companheiros de laboratório, que sempre estiveram dispostos a me ajudar.

Aos técnicos do horto pelo auxílio nas atividades deste projeto.

Aos meus amigos de infância, juventude, faculdade, todos que convivi foram importantes para mim e mesmo os que não vejo mais, foram importantes nessa caminhada.

Ao meu grande amigo Jawhar, que hoje não está mais aqui, mas tenho certeza que sabe a falta que sinto dele, e sei que está no melhor lugar, pois era uma pessoa iluminada.

Aos meus sogros, Nair e Rubens, que nesse tempo que convivemos, me fizeram parte da família e foram fundamentais em tudo de bom que tem acontecido em minha vida.

Agradeço a Deus, pois acredito que tudo nessa vida tem um motivo e ele sabe o melhor para cada um.

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 O Gênero <i>Eucalyptus</i>	3
2.2 O híbrido <i>Eucalyptus grandis</i> x <i>Eucalyptus urophylla</i>	4
2.3 Nutrientes.....	4
2.3.1 Nitrogênio.....	5
2.3.2 Fósforo.....	6
2.3.3 Potássio.....	7
2.3.4 Cálcio.....	8
2.3.5 Magnésio.....	8
2.4 Eficiência Nutricional.....	9
3 MATERIAL E MÉTODOS	12
3.1 Local e preparo da área.....	12
3.2 Delineamento Experimental e Tratamentos.....	13
3.3 Avaliações.....	13
3.3.1 Altura, DAP, Densidade Básica da Madeira e Produção de Biomassa.....	13
3.3.2 Conteúdo e Eficiência de Utilização de Nutrientes.....	14
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
4.1 Altura, DAP e Densidade Básica da Madeira.....	16
4.2 Produção de Biomassa.....	18
4.3 Conteúdo de Nutrientes.....	22
4.4 Eficiência de Utilização de Nutrientes.....	31
5 CONCLUSÕES	41
6 REFERÊNCIAS	42

PRODUÇÃO DE MADEIRA E EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DE NUTRIENTES EM CLONES DE EUCALIPTOS EM DIFERENTES IDADES

RESUMO – As florestas plantadas de eucaliptos compõem uma fração expressiva da economia brasileira, apresentando grande importância para o setor agroindustrial. O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento de clones de eucalipto, em diferentes idades, em Jaboticabal/SP, quanto às características de produção, conteúdo e eficiência de utilização de nutrientes. Cinco clones de eucalipto resultantes do cruzamento entre *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (1, 2, 3, 4 e 5) foram avaliados em diferentes idades (2,25; 4; 5 e 6 anos) quanto à altura, diâmetro à altura do peito (DAP), produção de biomassa (madeira, casca, galhos e folhas), conteúdo e eficiência de utilização de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio nos componentes da parte aérea. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com 5 clones e 35 repetições de uma planta. Os dados foram submetidos a análise de variância em esquema de parcelas subdivididas para idades de avaliação. As médias de tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Há diferenças entre os clones tanto em relação às idades quanto aos caracteres avaliados. Os clones 2 e 5 apresentam bom desempenho em Jaboticabal/SP no conjunto dos caracteres avaliados, constituindo-se em alternativas promissoras para plantios florestais na região do estudo.

Palavras-chave: Biomassa, *E. grandis* x *E. urophylla*, Melhoramento florestal.

WOOD PRODUCTION AND NUTRIENT USE EFFICIENCY IN EUCALYPTUS CLONES IN DIFFERENTS AGES

ABSTRACT – The planted forests of eucalyptus make up a significant fraction of the Brazilian economy, presenting great importance to the agroindustrial sector. The objective of this work was to evaluate the behavior of eucalyptus clones, at different ages, in Jaboticabal at São Paulo State (Brazil), regarding the production characteristics, content and nutrient use efficiency. Five eucalyptus clones resulting from the crosses between *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (1, 2, 3, 4 and 5) were evaluated at different ages (2.25, 4, 5 and 6 years) for height, DHB, biomass production (wood, bark, branches and leaves), content and efficiency of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium in the shoot components. The experimental design was a randomized block design, with 5 clones and 35 replicates of one plant. Data were submitted to analysis of variance in split plots schemes for evaluation ages. The means of treatments were compared by the Tukey test at 5% probability. There are differences among clones in both the ages and the characters evaluated. Clones 2 and 5 present good performance in Jaboticabal/SP in the set of characters evaluated, constituting promising alternatives for forest plantations in the study region.

Keywords: Biomass, *E. grandis* x *E. urophylla*, Forest improvement.

1 INTRODUÇÃO

A estimativa da ONU (2013) é que a população mundial chegue a 9,6 bilhões de pessoas em 2050, um aumento de 29% em relação aos 7,4 bilhões registrados em 2013. Com isto haverá aumento geral na demanda por alimentos e produtos de origem vegetal e animal, dentre outros. Para suprir o aumento na demanda de alimentos, estima-se que a produção agrícola deverá crescer cerca de 60%, acarretando, também, um aumento no consumo de 50% de energia e de 40% de água até meados deste século (FAO, 2015). Juntamente com os alimentos, a demanda por produtos de origem florestal também aumentará, como por exemplo, a madeira para produção de energia e celulose. Para garantir o fornecimento dos produtos de origem vegetal, novas áreas deverão ser exploradas para a produção agrícola e produção de energia e, certamente, ocorrerão pressões para utilização de áreas marginais, principalmente, nos continentes americano e africano. Assim, áreas como pastagens abandonadas, solos altamente intemperizados, com grau médio a elevado de acidez, presença de toxicidade por alumínio e baixa disponibilidade de nutrientes deverão ser incorporados ao sistema produtivo agrícola, de uma forma geral (PARENTONI; MENDES; GUIMARÃES, 2011).

O Brasil possuía em 2015, aproximadamente 7,8 milhões de hectares de florestas plantadas, dos quais 71%, ou seja, 5,6 milhões de ha eram florestas de eucaliptos. A importância do cultivo do eucalipto para o país vem crescendo ano a ano, sendo que em 2015 o setor florestal apresentou uma receita bruta de R\$ 56 bilhões, atingindo 6,0% do PIB industrial e somente em exportações alcançaram US\$ 9,0 bilhões. O setor florestal gera, direta e indiretamente, 3,8 milhões de empregos, o que corresponde a 3,4% da população brasileira economicamente ativa (IBÁ, 2016; IBGE, 2016).

Atualmente com as práticas de manejo, fertilização e utilização de novos materiais genéticos, a produtividade média nacional de eucalipto é de $36 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (IBÁ, 2016). A cultura do eucalipto é conduzida, em sua grande maioria, em áreas de solos intemperizados e lixiviados, resultando em baixa disponibilidade de nutrientes para as plantas. Apesar desta situação desvantajosa, as espécies de

eucalipto apresentam baixas exigências em relação à fertilidade do solo, fazendo com que o eucalipto no Brasil seja uma cultura muito produtiva, nos mais diversos ambientes, em razão do sucesso dos programas de melhoramento genético que buscam aliar boa produtividade com adaptações climáticas (ROCHA et al., 2007), em associação com avanços em técnicas silviculturais.

O foco dos programas de melhoramento florestal é a obtenção de genótipos que apresentem boa produtividade aliada a alta eficiência de absorção e utilização de nutrientes. Os pesquisadores estão preocupados com a sustentabilidade das plantações de eucalipto, uma vez que estas florestas são normalmente estabelecidas em solos de baixa fertilidade, e ocorrem grandes exportações de nutrientes a cada 6 ou 7 anos com a remoção da biomassa pela colheita (LACLAU et al., 2010). Com isso, o uso de insumos é cada vez maior para equilibrar a saída de nutrientes no momento da colheita.

Assim, o presente trabalho objetivou avaliar o crescimento, produtividade, conteúdo e eficiência nutricional de cinco clones de eucalipto, em diferentes idades.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O Gênero *Eucalyptus*

O eucalipto (*Eucalyptus* sp.) apresenta seu centro de origem na Austrália e ilhas próximas. Os primeiros relatos do cultivo de eucalipto são datados do século XVIII, na Ásia, Europa e África. O Brasil por apresentar condições climáticas e latitudes semelhantes às encontradas em seu local de origem, tornou-se um dos principais países em que esse grupo de espécies se adaptou bem (FAO, 1981).

Dentre as espécies cultivadas no Brasil, destacam-se como as principais, o *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus saligna* e o *Eucalyptus urophylla* e também a presença de cruzamento entre espécies, como o *E. grandis* x *E. urophylla* (ANGELI; BARRICHELO; MÜLLER, 2005).

A produtividade brasileira das plantações de eucalipto chega a ser até 10 vezes superior à produção florestal de países da Europa e Estados Unidos. Algumas empresas florestais do país na década de 70, obtinham uma produtividade média de 20 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, com o melhoramento genético, fornecendo novos materiais mais produtivos e devido as melhorias nas técnicas silviculturais, já é possível encontrar produtividades em torno de 80 m³ ha⁻¹ ano⁻¹. Mesmo quando comparado com a Austrália, país de origem da maioria das espécies de eucalipto, a produtividade brasileira é superior, graças às condições climáticas favoráveis e aos investimentos no melhoramento genético e tecnologias silviculturais (BARROS; COMEFORD, 2002).

O cultivo do eucalipto é baseado nos plantios clonais, que apresentam grandes vantagens em relação aos plantios seminais, como a homogeneização na produção, uso de genótipos superiores e de alto desempenho para as regiões em que as espécies estão bem adaptadas (XAVIER; DA SILVA, 2010).

2.2 O híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*

Atualmente, as técnicas de produção de mudas de híbridos de eucalipto estão altamente avançadas e evoluindo cada dia mais, assim, proporcionando a possibilidade do uso de elevado número de clones para plantio. Entretanto, esses clones necessitam de avaliações criteriosas sobre produtividade, eficiência de utilização de nutrientes e tolerância ao estresse hídrico, por exemplo.

No Brasil, especialmente na Região Sudeste, o híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* é o mais utilizado desde a década de 1980. O *E. grandis* x *E. urophylla* é um híbrido desenvolvido no Brasil e popularmente chamado de “urograndis”. Esse cruzamento visa obter ganhos genéticos devidos aos efeitos da heterose e a combinação entre características, nesse caso, associa as boas características de crescimento do *E. grandis*, com a boa brotação, densidade da madeira e resistência ao cancro e à seca do *E. urophylla* (PALUDZYSZYN FILHO; SANTOS, 2011).

O primeiro relato de uma plantação com o híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* ocorreu no estado do Espírito Santo em 1979 (RUY, 1998), após a década de 1980 apresentando um menor plantio, foi na década de 1990 que esse híbrido se destacou com o aumento da clonagem, sendo o responsável por maior homogeneidade nas florestas plantadas e impulsionando o crescimento no setor florestal brasileiro (LOPES, 2008).

2.3 Nutrientes

A produtividade brasileira das florestas de eucalipto é muito variável, com valores desde 15 até 80 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de madeira, alguns fatores fazem com que esses valores apresentem tanta discrepância, como a tecnificação, a disponibilidade de água e de nutrientes (BARROS; COMEFORD, 2002).

O eucalipto é comumente plantado para fins industriais, e a maioria de suas áreas de plantio estão em solos intemperizados e lixiviados, ou seja, esses solos

apresentam baixa disponibilidade de nutrientes. Entretanto, o eucalipto é uma cultura que apresenta baixa exigência em fertilidade do solo e, aliado ao contínuo avanço nos programas de melhoramento genético, os quais visam adaptar os cultivares às condições edafoclimáticas específicas de cada região, as florestas de eucalipto têm-se mostrado casa vez mais produtivas nas mais diversas regiões (GONÇALVES, 1995). Segundo esse mesmo autor, os nutrientes que geram uma maior resposta em crescimento em povoamentos de eucalipto e pinus são: $P > N > K > Ca > Mg$, especialmente se a adubação é feita em povoamentos estabelecidos sob solos arenosos e com limitações na disponibilidade de água. No entanto, não existe um padrão de adubação definido.

2.3.1 Nitrogênio

O nitrogênio (N) é um elemento que participa da constituição de vários compostos da planta, entre eles os aminoácidos, ácidos nucleicos, as proteínas, enzimas e a clorofila. Com essa grande participação, as principais reações bioquímicas que ocorrem nas plantas acabam tendo a participação do N, o que faz dele o elemento com a maior exigência pelas plantas (DOVALE, 2011). Geralmente o N é o nutriente mais acumulado nas florestas de eucalipto, com quantidades variando de 300 a 450 kg ha⁻¹ na biomassa quando a produtividade esperada está em torno de 30 a 50 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ (FERNANDES, 2010). As principais respostas à adubação nitrogenada nas florestas de eucalipto ocorrem nos plantios mais jovens, sendo assim, as respostas às adubações de N são transitórias, os maiores efeitos positivos aparecem nos períodos de maior necessidade do povoamento e tende a diminuir com o aumento da idade do povoamento (BARROS; NEVES; NOVAIS, 2013).

A absorção de N é preferencialmente por fluxo de massa e contato do íon com a raiz, as formas que a plantas absorvem o N, preferencialmente é como NO₃⁻ e eventualmente na forma NH₄⁺ (MARSCHNER, 1986; MENGEL; KIRKBY, 1987).

Foi verificado por Camargo (2013) que o nitrogênio afetou a formação e qualidade da madeira de um híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla*, através de resultados histológicos, químicos e de expressão. O excesso na adubação de N diminuiu a deposição de lignina e, conseqüentemente, enfraqueceu as paredes celulares.

2.3.2 Fósforo

O fósforo (P) é o nutriente mais limitante para o crescimento do eucalipto nos solos brasileiros, assim, os ganhos em produtividade são elevados e apresentam grandes respostas (BARROS; NEVES; NOVAIS, 2013) à adubação. O P se caracteriza por ser um macronutriente que participa como um componente estrutural de macromoléculas, fazendo parte da estrutura de ácidos nucleicos, fosfolipídios de membranas celulares e ésteres de carboidratos, atuando em processos de produção de energia e ativação enzimática nas plantas (FERNANDES, 2015). A necessidade de P pelo eucalipto é de 20 a 28 kg ha⁻¹ para um bom crescimento e desenvolvimento, mas as doses de fertilizantes aplicadas são bem mais elevadas, em razão da grande sorção desse nutriente na maioria dos solos brasileiros, cerca de 80% do P aplicado acaba tornando-se indisponível para a planta (MARENCO; LOPES, 2009; FERNANDES, 2010). O conteúdo de P no eucalipto é variável nos vários compartimentos da planta, devido a vários fatores, como idade, fertilidade do solo e produtividade.

A absorção do P pelas plantas é feita pelo mecanismo de difusão, esse mecanismo pode ser afetado por vários fatores, mas a baixa umidade no solo reduz drasticamente a absorção. As formas em que o P está disponível para as plantas são H₂PO₄⁻ e HPO₄⁻², após a absorção, 80 a 90% do P é rapidamente incorporado a compostos orgânicos (MARSCHNER, 1995).

De acordo com Rocha et al. (2013), o fósforo apresenta um efeito positivo no crescimento e na qualidade de mudas de eucalipto. A aplicação de 3,8 mg planta⁻¹

de P, ainda na fase de produção das mudas, pode incrementar em 30% o percentual de sobrevivência no campo.

2.3.3 Potássio

O potássio (K) é o segundo nutriente mais limitante para a obtenção de altas produtividades pelas florestas de eucalipto e o segundo ou terceiro nutriente mais acumulado pelo eucalipto, ficando às vezes atrás do nitrogênio e do cálcio. A absorção de K pode variar de 160 a 230 kg ha⁻¹ para produtividades estimadas em 30 a 50 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ (BARROS; NEVES; NOVAIS, 2013). O potássio não faz parte de nenhum composto orgânico, não desempenhando função estrutural na planta, mas participa ativamente de um grande número de enzimas, que são dependentes ou ativadas pelo K (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Também participa da atividade fotossintética das plantas, sendo que a falta de K pode diminuir a taxa fotossintética e respiratória, o que pode resultar na redução das reservas de carboidratos da planta (PRETTY, 1982). Em plantas bem providas de K, mesmo em situação de estresse hídrico, o decréscimo da taxa fotossintética é menor (MARSCHNER, 1997).

A absorção de K se dá preferencialmente por difusão, mas também pode ser absorvido por fluxo de massa e interceptação radicular. No solo, o potássio está disponível para a planta em sua forma iônica K⁺ (MARSCHNER, 1986; MENGEL; KIRKBY, 1987). A adubação potássica é essencial na maioria dos solos florestais, normalmente muito intemperizados e caracterizados pelo baixo conteúdo trocável de K, esses fatores fazem com que o efeito residual da adubação seja pequeno e sendo necessária várias aplicações durante o ciclo produtivo (SILVEIRA; GAVA, 2004).

Pesquisa realizada por Silveira e Gava (2004), em cinco localidades no estado de São Paulo (Angatuba, Itapetininga, Paraibuna, São Miguel Arcanjo e São José dos Campos), evidenciou que os nutrientes mais limitantes para o próximo ciclo do *E. grandis* foram o potássio e o cálcio. Em todos esses sítios, com exceção de

São José dos Campos, o conteúdo de K disponível no solo não seria suficiente para um número médio de cortes superior a 2, ou seja, aproximadamente 13 anos de cultivo.

2.3.4 Cálcio

O cálcio (Ca) possui muitas funções no crescimento e desenvolvimento vegetal, como senescência e abscisão foliar, alteração na resposta geotrópica, na fotossíntese e também em processos como a divisão celular, movimentos citoplasmáticos e aumento do volume celular (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Cerca de 70% do Ca está presente na parede celular e o Ca é o elemento que apresenta maior quantidade no tronco do eucalipto (FARIA et al., 2002).

O fluxo de massa é o método pelo qual o cálcio é mais absorvido pelas plantas, em sua forma iônica Ca^{2+} . O Ca é um nutriente relativamente imóvel, não se redistribuindo com facilidade no vegetal quando há carência no sistema radicular, em consequência de sua baixa mobilidade, os sintomas de carência aparecem primeiramente nas folhas e órgãos ou regiões novas da planta (MALAVOLTA, 1980).

A carência de Ca pode provocar pequenas anormalidades em mudas de *E. grandis* x *E. urophylla* em termos de crescimento, bem como deformações nas folhas novas e até morte da gema apical (SILVEIRA et al., 2002).

2.3.5 Magnésio

A função mais conhecida do magnésio (Mg) no ciclo das plantas é na constituição da clorofila, sendo o átomo central da molécula da mesma, também atua como ativador de muitas enzimas, mais do que qualquer outro nutriente. O Mg também está relacionado ao transporte de carboidratos na planta (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Ele costuma se concentrar mais nas folhas e acumular-se nas partes em crescimento do caule e raízes (COELHO; VERLENGIA, 1973).

A absorção do Mg ocorre através do fluxo de massa, contato íon-raiz, sua forma química absorvida é o Mg^{2+} presente na solução do solo. É um nutriente móvel no floema e grande parte encontra-se na forma solúvel na planta, o que facilita sua redistribuição (FÁVARO, 2008). Não é comum empregar magnésio nas adubações, entretanto, tem sido aplicado na operação da calagem, utilizando calcários dolomíticos e magnesianos (RAIJ, 1991). A deficiência de Mg em mudas de *E. grandis* x *E. urophylla*, segundo Silveira et al. (2002), surge em torno de 200 dias após a ausência do nutriente.

2.4 Eficiência Nutricional

A eficiência nutricional de uma planta pode ser definida como a capacidade de absorção e, ou de utilização de nutrientes (PINTO et al., 2011). Oliveira et al. (2008) definem a eficiência na absorção de nutrientes como a capacidade de aquisição de nutrientes em condições de baixa disponibilidade. Portanto, a alta competência de absorção da planta, acarreta em uma otimização na utilização dos fertilizantes aplicados. A eficiência de absorção é mais importante para as plantas jovens e a eficiência de utilização dos nutrientes é importante durante todo o ciclo de crescimento da planta, e ambas influenciam tanto a produção final de biomassa quanto a exportação de nutrientes no ecossistema (BARROS; NOVAIS; NEVES, 1990).

Voltado para a produtividade, a eficiência nutricional pode ser definida como a capacidade da planta em obter um alto rendimento em meio que não lhe oferece condições favoráveis e que afetam de maneira negativa a produtividade padrão (MACHADO; FURLANI; MACHADO, 2001).

Siddiqi e Glass (1981) propuseram um índice para quantificação da eficiência de utilização de nutrientes, que é amplamente aceito, através da expressão “matéria seca produzida²/unidade do nutriente absorvido”. Essa equação emprega dois fatores em um mesmo indicador, pois ao utilizar a eficiência de utilização do nutriente aliada à produtividade, evita-se que genótipos com alta eficiência, porém

com baixa produção de biomassa sejam selecionados, o que não seria interessante para um programa de melhoramento (FAGERIA, 2000).

O conteúdo total de nutrientes da planta é um indicador simples da eficiência de aquisição (ou de absorção) dos mesmos, pois permite comparações, mesmo que preliminares, entre materiais genéticos, mesmo não esclarecendo os mecanismos envolvidos na absorção (ARAÚJO; SOUZA; SILVEIRA, 2000). Para Fageria, Baligar e Li (1998), a eficiência nutricional pode ser expressa pela quantidade de matéria seca ou de grãos produzidos por unidade de nutriente aplicado. O índice de eficiência refere-se à produção relativa de um genótipo em um solo deficiente em comparação à produção do mesmo genótipo em um solo com condições ótimas de nutrientes (GRAHAM, 1984).

As diferenças encontradas entre os genótipos quanto à eficiência nutricional estão ligadas às características morfológicas e fisiológicas de cada planta (ABICHEQUER, 1995), pois as diferenças encontradas entre as espécies, procedências e clones, além de estarem ligadas à capacidade de absorção, translocação e conversão dos nutrientes em biomassa, também são resultados da interação entre o genótipo e o ambiente (ALMEIDA, 2009). A eficiência de utilização dos nutrientes é uma medida que pode variar de acordo com a disponibilidade dos nutrientes no solo e, em geral, a maior eficiência de utilização dos nutrientes é encontrada quando a disponibilidade dos nutrientes no solo é menor (BARROS, 1986).

As principais características que podem contribuir para o aumento da eficiência de absorção e utilização de nutrientes são: a adequada geometria e distribuição do sistema radicular, modificações químicas na rizosfera e exsudação de substâncias capazes de solubilizar nutrientes, presença de micorrizas no solo, tolerância às condições onde o pH é baixo ou tolerância ao aumento de teores de alumínio trocável, e taxa de absorção mais rápida em condições de baixas concentrações dos nutrientes (CAMARGO et al., 2004).

A partir da década de 90, o foco em ecossistemas sustentáveis tornou-se cada vez maior e, assim, a eficiência nutricional passou a ser considerada mais um critério para seleção de genótipos superiores (SANTANA; BARROS; COMEFORD, 2000). Uma vez que a correção do solo e a adição de fertilizantes são essenciais

para se atingir uma boa produtividade, é fundamental que os programas de melhoramento de *Eucalyptus* busquem além de genótipos mais produtivos, aqueles que apresentem alta eficiência nutricional (TOMAZ; AMARAL, 2008).

Em estudos com procedências de *E. grandis* e *E. saligna*, Santana, Barros e Neves (2002) encontraram variações entre os materiais genéticos quanto à eficiência de utilização de nutrientes entre diferentes locais, o que sugere a presença de interação genótipo-ambiente.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e preparo da área

O estudo foi realizado em uma área localizada no município de Jaboticabal (SP). O solo da área do experimento é um Latossolo Vermelho distrófico típico, textura argilosa (MONTANARI et al., 2010). O clima da região é definido como tropical, e classificado, de acordo com o sistema internacional de Köppen, como Aw. O índice pluviométrico do local é de 1424,6 mm, caracterizada por uma distribuição de chuvas concentradas no verão e por um inverno seco. Para o preparo do solo, após o cultivo do milho que era a cultura anterior, foi realizada uma gradagem e abertura de sulcos. Posteriormente à análise química do solo (Tabela 1), foi realizada uma adubação de plantio com 110 g planta⁻¹ de N-P-K (2-20-20), decorridos 180 dias da data de plantio, fez-se uma adubação de cobertura com 100 g.planta⁻¹ de N-P-K (20-0-20) + 3 g planta⁻¹ de ácido bórico e com 270 dias após o plantio aplicou-se 80 g planta⁻¹ de cloreto de potássio (KCl) e 6 g planta⁻¹ de uma fonte com 10% de boro.

Tabela 1. Resultado da análise química do solo na camada 0-20 cm, coletado no local do experimento

	MO	P-resina	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al	Al ³⁺	SB	CTC	V	
pH (CaCl ₂)	(g dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)				(mmol _c dm ⁻³)				%	
	6,5	17	29	1,4	44	24	12	0	69,0	81,0	85

MO - Matéria Orgânica; P resina - P determinado com um extrator de resina; SB - Soma de Bases; CTC - Capacidade de troca de Cátions; V - Saturação de Bases

Foram levantados os dados de precipitação anual durante o período de condução do ensaio, cujos dados pluviométricos podem ser observados na Tabela 2, tendo-se por base o mês de plantio do experimento.

Tabela 2. Precipitação na região do experimento ao longo do experimento (acumulado de maio a abril entre anos consecutivos).

Período	Precipitação (mm)	Idade dos Clones (anos)
Maio/2010 - Abril/2011	1611	1
Maio/2011 - Abril/2012	1013	2
Maio/2012 - Abril/2013	1461	3
Maio/2013 - Abril/2014	1069	4
Maio/2014 - Abril/2015	1116	5
Maio/2015 - Abril/2016	1849	6

Fonte: Estação Agroclimatológica da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal (SP).

3.2 Delineamento Experimental e Tratamentos

O estudo constou da avaliação de cinco clones comerciais de eucalipto, resultantes do cruzamento entre *E. grandis* x *E. urophylla* (denominados de 1, 2, 3, 4 e 5), cujo experimento foi instalado em 27 de abril de 2010. O delineamento experimental foi de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas para idades de avaliação, com parcelas de uma planta (“Single Tree Plot”) em 35 repetições, no espaçamento de 3,5 x 2 m.

3.3 Avaliações

3.3.1 Altura, DAP, Densidade Básica da Madeira e Produção de Biomassa

O experimento foi avaliado inicialmente na idade de 2,25 anos, cujos resultados foram apresentados por Rosim, Hsing e Paula (2016) e, posteriormente,

foram realizadas mais três avaliações: aos 4, 5 e aos 6 anos de idade. Em todas as épocas de avaliação, quatro árvores (repetições) por tratamento (clone), foram utilizadas para o estudo. Estas árvores foram avaliadas quanto ao diâmetro à altura do peito (DAP), tomado a 1,30 m do solo e quanto à altura comercial (até um diâmetro mínimo de 4 cm), e posteriormente abatidas, seccionadas a cada metro, obtendo-se os valores de diâmetro com e sem casca para o cálculo do volume com e sem casca ($\text{m}^3 \text{ árvore}^{-1}$), por cubagem rigorosa, usando-se a equação de Smalian, mediante procedimentos apresentados por Soares, Paula e Souza (2011). Ainda em campo, foram separados os componentes da parte aérea (folhas, galhos e tronco), determinada a biomassa de matéria fresca de folhas e galhos, retiradas amostras destes componentes, as quais foram acondicionadas em sacos de plástico e encaminhadas para laboratório para determinação da biomassa de matéria fresca da amostra. Essas amostras foram posteriormente secas em estufa de ventilação forçada a 65 °C até obtenção de massa constante, sendo novamente pesadas, determinando-se a biomassa de matéria seca das amostras. De posse dos valores de biomassa de matéria fresca total e de matéria fresca e seca das amostras, estimou-se a massa de matéria seca total de folhas e de galhos.

Ainda em campo, amostras de discos com casca foram retiradas na posição do DAP e na base (0%), a 25, 50, 75 e 100% do comprimento do fuste. Destes discos foi retirada uma amostra de casca e do lenho para a determinação da densidade básica, pelo método da balança hidrostática conforme especificações de Vital (1984). Com os dados de densidade da madeira e da casca e dos volumes de madeira sem casca e de casca, foram obtidas a biomassa seca de madeira e de casca (kg árvore^{-1}).

3.3.2 Conteúdo e Eficiência de Utilização de Nutrientes

Amostras de madeira, casca, galhos e folhas foram moídas e enviadas para determinação dos teores de N, P, K, Ca e Mg, conforme metodologias apresentadas por Rosim, Hsing e Paula (2016). De posse dos teores de nutrientes nestes

componentes e das estimativas de biomassa seca dos mesmos obteve-se os conteúdos (teores x biomassa) e a eficiência de utilização de nutrientes, para cada nutriente e componente da planta, pelo método de Siddiqi e Glass (1981), conforme expressão abaixo:

$$EUNut = \frac{(\text{biomassa seca do componente da planta})^2}{\text{conteúdo do nutriente no componente da planta}}$$

em que EUNut: Eficiência de Utilização do Nutriente.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias de clones comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, usando o programa Genes (CRUZ, 2006). Os dados foram transformados com auxílio do Box-Cox (Box; Cox, 1964), a fim de encontrar a transformação para estabilizar ou reduzir a variabilidade existente e normalizar os resíduos para atendimento nas variáveis que não apresentaram a normalidade, sendo elas: altura, conteúdo de P na madeira, conteúdo de Ca e Mg na casca, conteúdo de P, Ca e Mg nos galhos, conteúdo de P, K, Ca e Mg nas folhas, eficiência de utilização de Ca e Mg na madeira e eficiência de utilização de Ca e Mg na casca. Nas tabelas são apresentadas as médias originais (sem transformação) para facilitar o entendimento e interpretação dos resultados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Altura, DAP e Densidade Básica da Madeira

Os cinco clones apresentaram comportamento diferenciado ao longo das idades quanto à altura, diâmetro à altura do peito (DAP) e densidade básica da madeira (DB-m) (Tabela 3).

Tabela 3. Valores do teste “F” e coeficiente de variação (CV%) para altura, diâmetro à altura do peito (DAP) e densidade básica da madeira de cinco clones de *E. grandis* x *E. urophylla* avaliados em quatro idades (2,25, 4, 5 e 6 anos) em Jaboticabal-SP.

	Altura (m)	DAP (cm)	DB-m (g cm ⁻³)
Valor de “F” para clone	52,60**	17,65**	61,26**
Valor de “F” para idade	354,03**	62,57**	24,06**
Valor de “F” para Interação clone x idade	5,88**	2,39*	2,03*
CV	17,10	10,50	5,53

* e ** - significativos, respectivamente ($p < 0,05$) e ($p < 0,01$), pelo teste F.

Para a altura, o clone 1 foi inferior ao clone 5 em todas as avaliações e a partir dos 4 anos, foi inferior também aos clones 2, 3 e 4 (Tabela 4). Os demais clones não diferiram entre si aos 2,25, 4 e 5 anos, apenas aos 6 anos, em que o clone 2 foi superior aos clones 1 e 3. Quanto às idades, os clones cresceram em altura ao longo dos anos, sendo que para os clones 1, 2 e 4, a idade com os melhores resultados foi a última avaliação (6 anos), já para clones 3 e 5, não houve diferenças entre as idades de 5 e 6 anos, sendo estas as avaliações com melhor desempenho.

Os clones se diferenciaram a partir dos 4 anos para o DAP, com os clones 4 e 5 sendo superiores ao clone 1, já aos 5 e 6 anos o melhor desempenho foi obtido pelo clone 2 que se mostrou superior aos clones 1 e 3 (Tabela 4). Também houve aumento do DAP ao longo das idades, mas sem grandes variações em cada clone, em que não houve diferença estatística entre as idades a partir de 4 anos, a exceção do clone 2, que não apresentou diferença de 2,5 para 4 anos.

Existe forte relação entre o crescimento em altura e em diâmetro (WINK et al.; 2012; SANTOS et al.; 2006), conforme pode ser observado pelas médias destas características nos cinco clones ao longo das idades (Tabela 4), embora o DAP cresça em taxas menores. Os clones 2 e 5 apresentaram crescimento em altura e DAP relativamente mais elevado que os demais clones a partir de 4 anos, o que resultou em maior produção de biomassa, nas idades mais avançadas.

Quanto a densidade básica da madeira (Tabela 4), aos 2,25 anos o clone 5 se mostrou superior ao clone 3. Já aos 4 anos o clone 5, juntamente com os clones 1 e 4, foram superiores ao clone 3. Na idade de 5 anos, o clone 5, novamente se mostrou superior ao clone 3 e ao clone 2. Na última avaliação, os clones 5 e 2 se mostraram superiores aos demais. Em relação as idades, os clones 1 e 4 apresentaram as maiores médias na idade de 6 anos e não apresentaram diferenças nas três primeiras idades. O clone 3 não apresentou diferenças entre as idades. O clone 2 se mostrou superior aos 6 anos, assim como o clone 5.

Tabela 4. Altura, diâmetro à altura do peito (DAP) e densidade básica da madeira (DB-m) de cinco clones de *E. grandis* x *E. urophylla* avaliados em 4 idades (2,25, 4, 5 e 6 anos) em Jaboticabal-SP.

Clones	2,25 anos		4 anos		5 anos		6 anos	
Altura (m)								
1	9,91	Cb	15,62	Bb	15,24	Bb	16,40	Ac
2	11,90	Dab	18,84	Ca	23,47	Ba	26,05	Aa
3	10,06	Cab	18,99	Ba	22,29	Aa	23,06	Ab
4	12,81	Cab	20,79	Ba	21,62	Ba	24,75	Aab
5	13,06	Ca	19,10	Ba	22,97	Aa	24,27	Aab
DAP (cm)								
1	10,00	Ba	14,00	Ab	13,56	Ac	15,18	Ab
2	11,75	Ba	14,93	Bab	20,25	Aa	20,25	Aa
3	10,43	Ba	16,06	Aab	17,12	Aab	15,68	Ab
4	12,31	Ba	17,87	Aa	16,92	Ab	18,06	Aab
5	12,93	Ba	17,37	Aa	19,43	Aab	19,87	Aa
DB-m (g cm ⁻³)								
1	0,445	Bab	0,492	Aa	0,478	Aab	0,484	Ab
2	0,460	Bab	0,484	Bab	0,475	Bb	0,527	Aa
3	0,428	Ab	0,446	Ab	0,441	Ab	0,447	Ab
4	0,441	Bab	0,488	Aa	0,477	Aab	0,484	Ab
5	0,471	Ca	0,515	Ba	0,516	Ba	0,557	Aa

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$).

4.2 Produção de Biomassa

As biomassas de madeira, casca, galhos e folhas, apresentaram interação significativa entre os clones e as idades (Tabela 5).

Tabela 5. Valores do teste “F” e coeficiente de variação (CV%) para madeira (Bio-m), casca (Bio-c), galhos (Bio-g) e folhas (Bio-f) de cinco clones de *E. grandis* x *E. urophylla* avaliados em 4 idades (2,25, 4, 5 e 6 anos) em Jaboticabal-SP.

	Bio-m	Bio-c	Bio-g	Bio-f
	kg árvore ⁻¹			
Valor de “F” para clone	35,22**	23,87**	39,08**	10,63**
Valor de “F” para idade	73,22**	60,10**	6,66**	22,63**
Valor de “F” para Interação clone x idade	3,63**	3,53**	3,26**	2,12*
CV	31,72	30,31	28,54	24,77

* e ** - significativos, respectivamente ($p < 0,05$) e ($p < 0,01$), pelo teste F.

O aumento médio de biomassa da madeira dos clones aos 6 anos em relação à idade de 2,25 anos foi de 377%, passando de 28,73 para 137,22 kg árvore⁻¹. O maior aumento da biomassa de madeira foi do clone 2 com 468% e o menor do clone 1, com 289% (Figura 1). Esses resultados corroboram com os obtidos por Schumacher, Witschoreck e Calil (2011) e pode ser explicado por dois fatores, em que em um primeiro momento, ocorre um intenso crescimento da árvore e a maior parte do fotoassimilados sintetizados são direcionados para a formação da copa e numa segunda fase, que ocorre com o início do fechamento da copa, em que, a partir deste momento os fotoassimilados passam a se acumular principalmente no tronco, aumentando assim sua biomassa. A considerar a biomassa de madeira, percebe-se que uma melhor definição da classificação dos clones, ocorreu apenas na idade de 6 anos, em que o clone 2 supera os clones 1, 3 e 4.

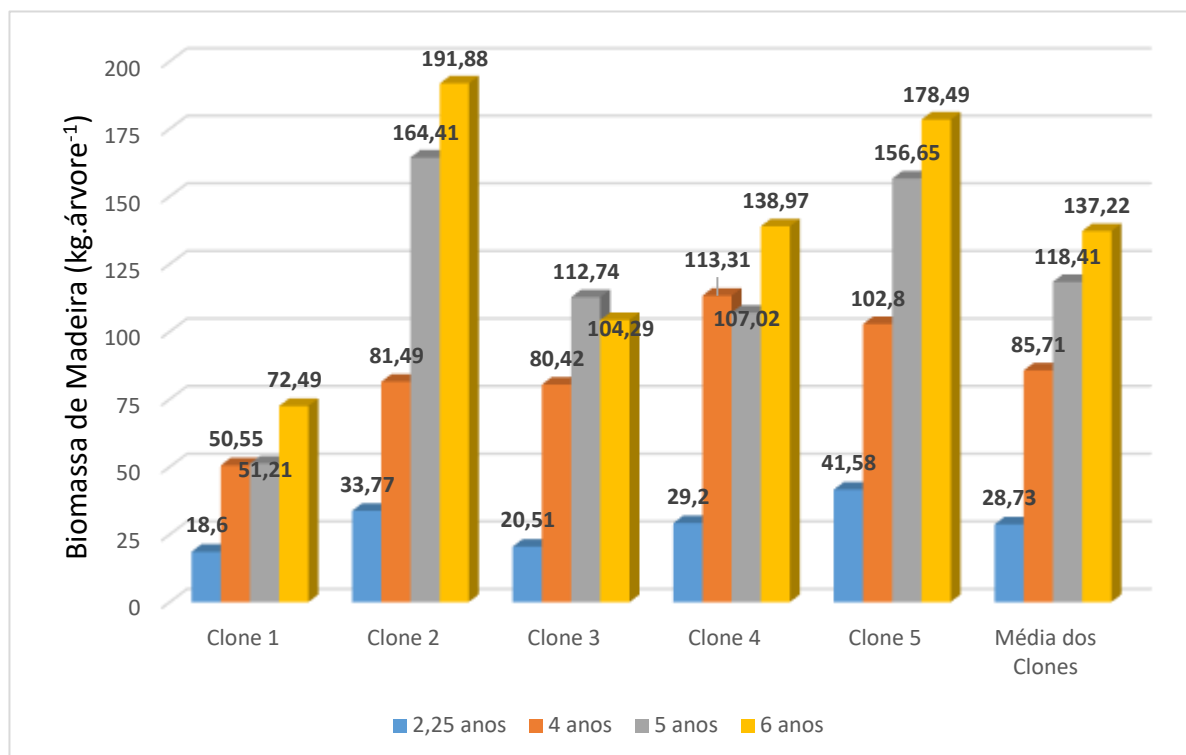


Figura 1. Biomassa da madeira de cinco clones de *E. grandis* x *E. urophylla*, aos 2,25, 4, 5 e 6 anos de idade em Jaboticabal-SP.

Para a biomassa de galhos, não houve diferenças entre os clones aos 2,25 anos (Tabela 6). Aos 4 anos, o clone 5 foi superior ao clone 1. Aos 5 e 6 anos, os clones 2 e 5 foram superiores ao clone 1 e 4. A biomassa de folhas não apresentou diferenças entre os clones aos 2,25 e 6 anos. Na avaliação de 4 anos os clones 3 e 5 foram superiores ao clone 1, já na avaliação de 5 anos, o clone 2 foi superior aos clones 1 e 4.

Aos 2,25 anos a maior biomassa da parte aérea (madeira, casca, galhos e folhas) foi obtida no clone 5 com 62,01 kg árvore⁻¹, sendo 110% maior que a observada para o clone 1 que foi de 29,47 kg árvore⁻¹. Já aos 6 anos, o clone 1 novamente apresentou a menor biomassa de parte aérea, com 88,83 kg árvore⁻¹ e foi superado em 156% pelo clone 2, que atingiu uma biomassa da parte aérea de 228,23 kg árvore⁻¹ (Tabela 7).

Tabela 6. Biomassa de madeira, casca, galhos e folhas em cinco clones de *E. grandis* x *E. urophylla* avaliados em 4 idades (2,25, 4, 5 e 6 anos) em Jaboticabal-SP.

Clones	2,25 anos	4 anos		5 anos		6 anos		
Biomassa de madeira (kg árvore ⁻¹)								
1	18,60	Aa	50,55	Ab	51,21	ABc	72,49	Ad
2	33,77	Ca	81,49	Bab	164,41	Aa	191,88	Aa
3	20,51	Ba	80,42	Aab	112,74	Aab	104,29	Acd
4	29,20	Ba	113,31	Aa	107,02	Aab	138,97	Abc
5	41,58	Ca	102,80	Ba	156,65	ABab	178,49	Aab
Biomassa de casca (kg árvore ⁻¹)								
1	2,08	Ba	4,25	ABb	4,52	ABc	8,07	Ab
2	4,81	Ba	7,44	Bab	15,89	Aa	16,89	Aa
3	3,29	Ba	6,75	ABab	9,56	Aab	8,85	Aab
4	4,57	Ca	10,72	ABa	9,20	Bb	14,41	Aa
5	5,54	Ca	8,97	BCa	11,90	ABab	15,06	Aa
Biomassa de galhos (kg árvore ⁻¹)								
1	4,73	Aa	5,29	Ab	5,63	Ab	5,30	Ab
2	5,77	Ba	6,70	Bab	11,89	Aa	12,08	Aa
3	5,54	BCa	8,26	ABab	9,01	Aab	4,09	Cb
4	5,58	Ba	8,62	Aab	6,30	ABb	4,72	Bb
5	8,71	Ba	10,30	ABa	12,16	Aa	11,24	ABa
Biomassa de folhas (kg árvore ⁻¹)								
1	4,06	Aa	6,37	Ab	3,34	Ac	2,97	Aa
2	4,97	Ba	8,44	ABab	9,71	Aa	7,38	ABa
3	3,99	Ba	12,50	Aa	7,92	Bab	4,13	Ba
4	5,04	Ba	9,51	Aab	4,26	Bbc	3,14	Ba
5	6,18	Ba	12,49	Aa	8,58	ABab	6,43	Ba

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$).

Tabela 7. Biomassa da parte aérea (madeira, casca, galhos e folhas) de cinco clones de *E. grandis* x *E. urophylla* avaliados em 4 idades (2,25, 4, 5 e 6 anos) em Jaboticabal-SP.

Clones	2,25 anos	4 anos	5 anos	6 anos
kg árvore ⁻¹				
1	29,47	66,46	64,70	88,83
2	49,32	104,07	201,90	228,23
3	33,33	107,93	139,23	121,36
4	44,39	142,16	126,78	161,24
5	62,01	134,56	189,29	211,22

Da biomassa total da parte aérea, aos 2,25 anos, os cinco clones apresentaram, em média, alocação de 41,37% na madeira, 23,76% nos galhos, 18,98% nas folhas e 15,89% na casca. Aos 6 anos, os cinco clones apresentaram médias de alocação da biomassa diferentes das encontradas aos 2,25 anos, sendo que a madeira continuou sendo a maior parte e aumentou sua participação na biomassa total da parte aérea, chegando a 84,54%, seguida pela casca (7,81%), galho (4,68%) e, por último, folhas (2,97%) (Figura 2).

Se somados, madeira e casca (tronco) corresponderam, aos 2,25 anos, a 74,36% da biomassa da parte aérea e aos 6 anos esses dois componentes representaram 92,42%, o que é coerente com o avanço da idade das florestas de eucalipto, conforme a literatura consultada. Reis et al. (1985) verificaram que a soma das porcentagens da madeira e casca chegou a 93,7% para *E. grandis* numa sequência de idades, plantados em duas áreas no cerrado. Os autores descreveram que aos 15 meses a biomassa de madeira somada com casca é inferior a 45%, mas que aos 73 meses, já atingia 85% do total da biomassa. Viera et al. (2013) descrevem que híbridos de *E. urophylla* x *E. globulus* com 10 anos de idade apresentaram porcentagem de tronco de 93,7% em um espaçamento de 3,5 x 2,5 m, na cidade de Eldorado/RS. Para biomassa de fuste, Santana, Barros e Neves (1999), encontraram valores próximos aos obtidos pelos autores citados anteriormente, variando entre 88 e 92%, em diferentes procedências de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus grandis*, em cinco sítios diferentes aos 6,5 anos de idade, no estado de São Paulo. Em um estudo realizado por Schumacher et al. (2003), observou-se que a alocação da biomassa de madeira inicialmente era inferior a 50% da biomassa total, mas nas avaliações posteriores, aos 6 e 8 anos de idade, a madeira representava 75% da biomassa do povoamento estudado. Segundo Ladeira (1999), as diferenças de partição de biomassa, onde o fuste apresenta os maiores valores são muito importantes para a tomada de decisões quanto à seleção de materiais genéticos e também, para a escolha de técnicas de manejo mais adequadas a serem adotadas na condução de um povoamento florestal, uma vez que o tronco é, geralmente, o componente da árvore que é mais explorado pelas indústrias.

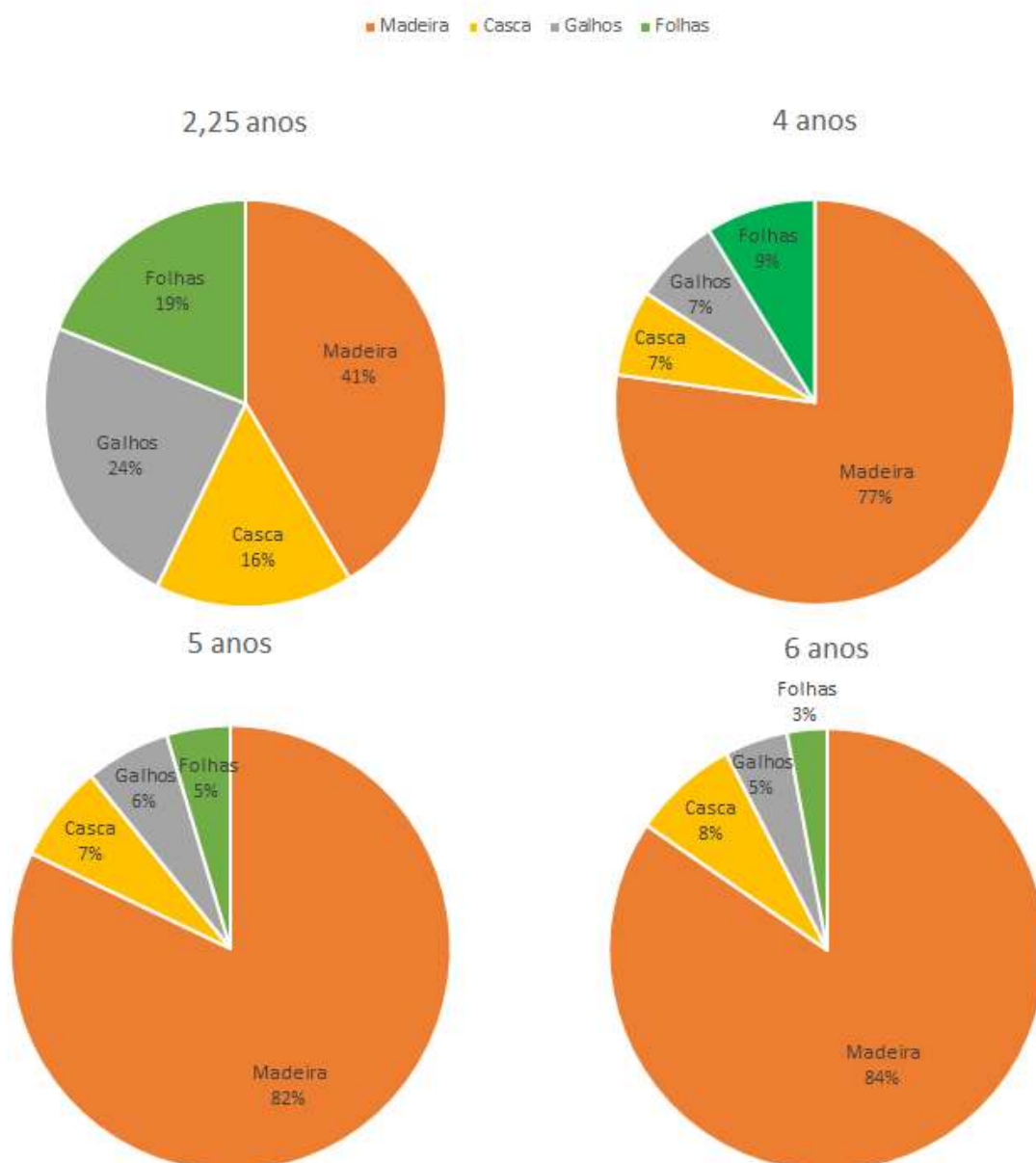


Figura 2. Alocação percentual da biomassa pela média dos cinco clones de *E. grandis* x *E. urophylla*, aos 2,25, 4, 5 e 6 anos de idade em Jaboticabal-SP.

4.3 Conteúdo de Nutrientes

Os conteúdos de nitrogênio e fósforo na madeira (Tabela 8), não apresentaram interação significativa entre clones e idades, diferentemente dos

conteúdos de potássio, cálcio e magnésio. Para os conteúdos de nitrogênio e fósforo na madeira houve efeito significativo apenas de clones e idades.

Para o conteúdo de nitrogênio na madeira, o clone 5 se apresentou superior aos clones 1 e 4, sendo que nas idades de 4 e 6 anos ocorreram os maiores acúmulos. Quanto ao conteúdo de fósforo, somente o clone 1 foi inferior aos demais, e aos 6 anos ocorreu o maior acúmulo. Para os dois conteúdos, de nitrogênio e fósforo na madeira, a idades de 6 anos apresentou os maiores acúmulos.

Tabela 8. Valores do teste “F” e coeficiente de variação (CV%) para conteúdo de N, P, K, Ca e Mg na madeira de cinco clones de *E. grandis* x *E. urophylla* avaliados em 4 idades (2,25, 4, 5 e 6 anos) em Jaboticabal-SP.

Clones	N P K Ca Mg						
	(g árvore ⁻¹)						
1	85,60	C	37,65	B	237,10	157,70	37,55
2	182,47	AB	76,84	A	542,08	284,38	90,32
3	139,54	BC	55,28	A	358,53	209,53	63,79
4	185,11	AB	67,55	A	518,78	306,12	96,27
5	197,85	A	76,63	A	574,61	344,91	102,49
Idades							
2,25	177,30	AB	114,77	B	582,58	234,39	89,02
4	204,22	A	16,79	C	293,46	122,06	23,38
5	134,95	BC	82,86	D	169,71	127,41	25,83
6	204,22	A	36,75	A	739,14	558,26	174,11
Valor de “F” para clone	9,18**		12,09**		30,59**	28,93**	68,18**
Valor de “F” para idade	11,49**		162,64**		72,28**	110,57**	192,51**
Valor de “F” para Interação clone x idade	1,87 ^{ns}		1,71 ^{ns}		2,93**	2,98**	7,87**
CV	27,52		8,61		31,62	28,56	34,36

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$); ^{ns} - não significativo ($p \geq 0,05$); ** - significativo ($p < 0,01$), pelo teste F.

Os conteúdos de K, Ca e Mg na madeira não apresentaram diferenças entre os clones aos 4 e 5 anos (Tabela 9). Para o conteúdo de potássio na madeira aos 2,25 anos, os clones 4 e 5 foram superiores aos clones 1 e 3 e aos 6 anos, os clones 2 e 5 foram superiores aos clones 1 e 3. No conteúdo de cálcio na madeira o clone 5 foi superior ao clone 2 aos 2,25 anos e aos 6 anos, os clones 2, 4 e 5 se mostraram superiores aos clones 1 e 3. No conteúdo de magnésio na madeira, o

clone 4 apresentou maior acúmulo superior aos 2,25 anos que os clones 1, 2 e 3, e aos 6 anos, os clones 2, 4 e 5 foram superiores aos clones 1 e 3.

Tabela 9. Conteúdo de K, Ca e Mg na madeira de cinco clones de *E. grandis* x *E. urophylla* avaliados em 4 idades (2,25, 4, 5 e 6 anos) em Jaboticabal-SP.

Clones	2,25 anos		4 anos		5 anos		6 anos	
K (g árvore ⁻¹)								
1	321,36	Abc	145,28	BCa	90,71	Ca	391,06	Ac
2	652,69	Bab	333,49	Ca	235,76	Ca	946,37	Aa
3	380,44	ABbc	267,54	Ba	197,19	Ba	588,92	Abc
4	706,34	Aa	412,72	Ba	155,33	Ca	800,82	Aab
5	852,13	Aa	308,23	Ba	169,55	Ba	968,52	Aa
Ca (g árvore ⁻¹)								
1	179,50	Bab	56,78	Ca	60,53	Ca	333,96	Ab
2	148,63	Bb	149,00	Ba	138,78	Ba	701,12	Aa
3	180,52	Bab	97,97	Ba	124,17	Ba	435,47	Ab
4	314,62	Bab	167,69	Ca	131,03	Ca	611,12	Aa
5	348,66	Ba	138,83	Ca	182,52	Ca	709,63	Aa
Mg (g árvore ⁻¹)								
1	57,76	Ac	11,68	Ba	11,68	Ba	69,11	Ac
2	75,90	Bbc	26,73	Ca	27,69	Ca	230,97	Aa
3	67,67	Bc	20,04	Ca	27,55	Ca	139,89	Ab
4	128,72	Ba	33,88	Ca	26,58	Ca	195,91	Aa
5	115,06	Bab	24,58	Ca	35,64	Ca	234,71	Aa

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$).

Os conteúdos dos nutrientes na casca apresentaram interação significativa entre clones e idades apenas para potássio e magnésio (Tabela 10). Para os conteúdos de N, P e Ca, o clone 5 foi superior ao clone 1, sendo a idade de 2,25 anos superior a todas as demais. Para os conteúdos de fósforo e cálcio, não houve diferenças entre os clones 2, 3, 4 e 5.

Tabela 10. Valores do teste “F” e coeficiente de variação (CV%) para conteúdo de N, P, K, Ca e Mg na casca de cinco clones de *E. grandis* x *E. urophylla* avaliados em 4 idades (2,25, 4, 5 e 6 anos) em Jaboticabal-SP.

Clones	(g árvore ⁻¹)				
	N	P	K	Ca	Mg
1	25,22 C	10,25 B	58,02	159,16 B	35,09
2	55,53 AB	14,98 AB	175,77	248,12 A	67,88
3	44,13 B	14,29 AB	88,83	177,52 AB	48,77
4	49,94 AB	14,14 AB	137,54	302,53 A	67,52
5	59,93 A	16,52 A	157,73	274,74 A	54,19
Idades					
2,25	81,45 A	28,90 A	227,62	535,50 A	119,40
4	48,14 D	6,23 C	72,99	85,77 C	27,03
5	23,26 C	11,79 B	83,07	99,08 BC	31,52
6	48,14 B	9,22 BC	110,64	209,29 B	40,80
Valor de “F” para clone	18,56**	5,66**	16,23**	17,62**	10,49**
Valor de “F” para idade	64,27**	82,37**	39,20**	80,73**	83,18**
Valor de “F” para Interação clone x idade	1,72 ^{ns}	1,84 ^{ns}	2,93**	1,56 ^{ns}	2,52*
CV	28,01	14,97	38,38	5,66	7,15

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$); ^{ns} - não significativo ($p \geq 0,05$); * e ** - significativos, respectivamente ($p < 0,05$) e ($p < 0,01$), pelo teste F.

Os clones 2, 4 e 5 apresentaram maiores conteúdos de K aos 2,25 anos (Tabela 11). Aos 4 e 5 anos não houve diferenças entre os clones e aos 6 anos, o clone 2 foi superior ao clone 1. Quanto às idades, para os clones 1 e 3 não ocorreram diferenças, já os clones 2, 4 e 5, apresentaram maiores teores aos 2,25 anos, em relação aos demais.

O conteúdo de magnésio na casca não apresentou diferenças entre os clones aos 2,25 anos (Tabela 11). Aos 4 anos o clone 4 se mostrou superior ao clone 1. Aos 5 anos, o clone 2 foi superior ao clone 4 e aos 6 anos, os clones 2 e 5 foram superiores aos clones 1 e 3. Com relação às idades, todos os clones apresentaram maior conteúdo de Mg aos 2,25 anos.

Tabela 11. Conteúdo de K e Mg na casca de cinco clones de *E. grandis* x *E. urophylla* avaliados em 4 idades (2,25, 4, 5 e 6 anos) em Jaboticabal-SP.

Clones	2,25 anos		4 anos		5 anos		6 anos	
	K (g árvore ⁻¹)							
1	96,17	Ab	38,33	Aa	47,26	Aa	50,32	Ab
2	328,17	Aa	82,45	Ba	139,90	Ba	152,54	Ba
3	140,43	Ab	60,47	Aa	80,89	Aa	73,51	Aab
4	254,53	Aa	102,27	Ba	45,73	Ba	147,63	Bab
5	318,77	Aa	81,40	Ba	101,57	Ba	129,17	Bab
	Mg (g árvore ⁻¹)							
1	78,41	Aa	19,06	Bb	24,13	Bab	18,76	Bc
2	160,41	Aa	23,27	Cab	45,49	BCa	65,69	Ba
3	110,44	Aa	22,87	Bab	32,87	Bab	28,89	Bbc
4	176,13	Aa	44,25	BCa	23,31	Cb	60,12	Ba
5	119,24	Aa	25,73	Bab	31,82	Bab	39,98	Bab

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$).

Todas as interações entre clones e idades para os conteúdos de N, P, K, Ca e Mg nos galhos foram significativas (Tabela 12).

Tabela 12. Valores do teste “F” e coeficiente de variação (CV%) para conteúdo de N, P, K, Ca e Mg nos galhos (g) de cinco clones de *E. grandis* x *E. urophylla* avaliados em 4 idades (2,25, 4, 5 e 6 anos) em Jaboticabal-SP.

	N	P	K	Ca	Mg
	(g árvore ⁻¹)				
Valor de “F” para clone	13,48*	10,27**	9,46**	9,75**	16,06**
Valor de “F” para idade	74,25**	106,48**	98,99**	66,75**	56,88**
Valor de “F” para Interação clone x idade	4,01**	2,51*	2,24*	2,93**	3,44**
CV	6,73	10,80	15,52	3,11	8,11

* e ** - significativos, respectivamente ($p < 0,05$) e ($p < 0,01$), pelo teste F.

Apenas aos 5 anos foi possível observar diferenças entre os clones para os conteúdos de N, P, K, Ca e Mg nos galhos (Tabela 13). Para o conteúdo de nitrogênio nos galhos, os clones 2 e 5 foram superiores ao clone 1 aos 5 anos. Aos 6 anos, os clones 2 e 5 apresentaram os maiores conteúdos de nitrogênio nos galhos e foram superiores aos clones 1, 3 e 4. Para o conteúdo de fósforo nos galhos, o clone 2 foi superior aos clones 1 e 4 aos 5 e 6 anos. Para o conteúdo de K, aos 5

anos o clone 5 foi superior ao clone 1. O clone 2 apresentou maior conteúdo de cálcio nos galhos que o clone 4 aos 5 anos. Quanto ao conteúdo de magnésio nos galhos, o clone 2 foi superior ao clone 1, aos 5 anos. Aos 6 anos, para os conteúdos de potássio, cálcio e magnésio nos galhos, os clones 2 e 5 foram superiores aos demais clones. De forma geral, os clones apresentaram maiores conteúdos de N, P, K, Ca e Mg nos galhos aos 2,25 anos.

Tabela 13. Conteúdo de N, P, K, Ca e Mg nos galhos de cinco clones de *E. grandis* x *E. urophylla* em 4 idades (2,25, 4, 5 e 6 anos) em Jaboticabal-SP.

Clones	2,25 anos		4 anos		5 anos		6 anos	
N (g árvore ⁻¹)								
1	143,58	Aa	15,74	Ba	17,30	Bb	23,16	Bb
2	76,54	Aa	20,93	Ba	51,54	Aa	52,12	Aa
3	129,26	Aa	19,63	BCa	33,36	Bab	17,37	Cb
4	135,94	Aa	20,71	Ba	24,90	Bab	16,75	Bb
5	115,94	Aa	29,41	Ca	49,38	BCa	57,35	ABa
P (g árvore ⁻¹)								
1	39,32	Aa	3,24	BCa	5,55	Bb	3,22	Cc
2	73,81	Aa	4,85	Ca	16,02	Ba	8,33	BCa
3	39,94	Aa	5,45	BCa	10,96	Bab	3,17	Cbc
4	36,51	Aa	6,30	Ba	5,72	Bb	3,05	Cc
5	29,94	Aa	5,79	Ca	11,33	Bab	8,10	BCab
K (g árvore ⁻¹)								
1	217,74	Aa	36,04	Ba	31,72	Bb	38,42	Bb
2	185,46	Aa	53,43	Ca	84,67	BCab	105,40	Ba
3	140,18	Aa	62,67	Ba	79,95	Bab	40,33	Bb
4	139,20	Aa	67,18	Ba	51,41	Bab	35,70	Bb
5	197,13	Aa	82,74	Ba	94,76	Ba	101,57	Ba
Ca (g árvore ⁻¹)								
1	281,90	Aa	25,91	BCa	23,54	Cab	41,60	Bab
2	185,90	Aa	27,61	Ba	44,30	Ba	88,42	Aa
3	280,95	Aa	32,21	Ba	32,20	Bab	32,32	Bb
4	306,41	Aa	46,69	Ba	19,29	Cb	29,38	Cb
5	284,21	Aa	52,55	BCa	41,05	Cab	95,12	ABa
Mg (g árvore ⁻¹)								
1	49,72	Aa	7,36	Ba	8,09	Bb	10,32	Bb
2	47,77	Aa	9,06	Ca	21,49	Ba	27,34	Ba
3	42,96	Aa	8,35	Ba	11,23	Bab	8,32	Bb
4	70,18	Aa	13,69	Ba	10,43	Bab	9,41	Bb
5	45,37	Aa	11,56	Ca	15,34	BCab	24,48	ABa

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$).

Somente o conteúdo de nitrogênio nas folhas não apresentou interação significativa entre os clones e idades (Tabela 14). O clone 5 apresentou maior conteúdo de nitrogênio nas folhas em relação aos clones 1, 3 e 4, e a idade de 2,25 anos foi a que apresentou maior acúmulo do nutriente.

Tabela 14. Valores do teste “F” e coeficiente de variação (CV%) para conteúdo de N, P, K, Ca e Mg nas folhas de cinco clones de *E. grandis* x *E. urophylla* avaliados em 4 idades (2,25, 4, 5 e 6 anos) em Jaboticabal-SP.

Clones	N P K Ca Mg					
	(g árvore ⁻¹)					
1	222,13	B	19,06	143,08	119,07	45,46
2	336,64	AB	25,13	191,58	125,00	60,85
3	287,12	B	23,34	175,42	111,69	51,93
4	294,97	B	15,15	143,08	111,43	53,55
5	452,45	A	31,74	201,59	185,05	87,14
Idades						
2,25	899,16	A	72,87	422,57	364,37	163,06
4	173,81	B	12,94	136,47	72,11	36,62
5	113,72	B	8,48	71,85	41,74	22,50
6	87,96	B	5,25	53,67	43,58	16,96
Valor de “F” para clone	12,80**		16,97**	14,02**	11,19**	13,52**
Valor de “F” para idade	186,84**		221,48**	153,79**	128,92**	124,31**
Valor de “F” para Interação clone x idade	7,19 ^{ns}		2,34*	1,99*	2,53*	2,14*
CV	25,69		10,79	5,53	3,08	5,12

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$); ^{ns} - não significativo ($p \geq 0,05$); * e ** - significativos, respectivamente ($p < 0,05$) e ($p < 0,01$), pelo teste F.

Não houve diferenças entre os clones, aos 2,25 anos, para os conteúdos de P, K, Ca e Mg nas folhas (Tabela 15). Aos 4 anos, o clone 5 apresentou maior conteúdo de fósforo nas folhas que o clone 1; já aos 5 anos, o clone 2 foi superior aos clones 1 e 4. Aos 6 anos o clone 2 novamente foi superior aos clones 1, 3 e 4. Aos 4 e 5 anos, o clone 3 apresentou maior conteúdo de potássio nas folhas que o clone 1; aos 6 anos, o clone 2 foi superior aos clones 1 e 4. O clone 5 apresentou maiores conteúdos de Ca e Mg nas folhas, aos 4 anos, que o clone 1. Aos 5 e 6 anos, o clone 2 apresentou maiores conteúdos que os clones 1 e 4. Quanto as idades, de forma geral, os clones apresentaram os maiores conteúdos dos nutrientes nas folhas aos 2,25 anos.

Tabela 15. Conteúdo de P, K, Ca e Mg nas folhas de cinco clones de *E. grandis* x *E. urophylla* avaliados em 4 idades (2,25, 4, 5 e 6 anos) em Jaboticabal-SP.

Clones	2,25 anos		4 anos		5 anos		6 anos	
	P (g árvore ⁻¹)							
1	60,74	Aa	7,91	Bb	4,14	Cc	3,46	Cbc
2	69,43	Aa	9,98	Bab	12,34	Ba	8,79	Ba
3	64,38	Aa	14,95	Bab	10,27	Bab	3,77	Cbc
4	80,57	Aa	11,34	Bab	5,39	Cbc	3,33	Dc
5	89,25	Aa	20,52	Ba	10,28	BCab	6,92	Cab
	K (g árvore ⁻¹)							
1	404,92	Aa	95,88	Bb	38,69	Cc	36,65	Cbc
2	448,45	Aa	125,30	Bab	107,39	Ba	85,15	Ba
3	383,75	Aa	186,70	Ba	89,36	Ca	41,86	Dabc
4	369,88	Aa	123,97	Bab	42,98	Cbc	35,47	Cc
5	505,85	Aa	250,14	Bab	80,81	BCab	69,21	Cab
	Ca (g árvore ⁻¹)							
1	361,77	Aa	47,29	Bb	30,93	Bab	36,37	Babc
2	391,43	Aa	49,76	Bb	52,81	Ba	67,06	Ba
3	298,62	Aa	71,91	Bab	43,66	BCab	32,55	Cbc
4	337,36	Aa	56,80	Bab	25,24	Cb	26,30	Cc
5	527,32	Aa	134,79	Ba	56,12	Ba	55,57	Bab
	Mg (g árvore ⁻¹)							
1	134,44	Aa	22,62	Bb	13,24	BCb	11,53	Cc
2	160,89	Aa	25,50	Bab	30,51	Ba	26,48	Ba
3	132,28	Aa	37,34	Bab	25,15	Bab	12,97	Cbc
4	156,34	Aa	31,57	Bab	14,93	Cb	11,36	Cc
5	237,41	Aa	66,05	Ba	28,68	BCa	22,46	Cab

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$).

O acúmulo de nutrientes nos diferentes compartimentos da planta pode ser observado na Figura 3, em que, nota-se que os clones apresentam distribuição semelhante, sendo estes próximos ao observado por Rosim (2013) aos 2,25 anos. Apesar da madeira, em geral, apresentar os menores teores de nutrientes, pela maior participação na biomassa, esta torna-se um local com grande acúmulo; por outro lado, as folhas, mesmo com participação relativamente baixa na biomassa da parte aérea, pelos maiores teores observados neste componente, a mesma representa um local de grande acúmulo de nutrientes, exceção feita para o Ca e Mg, em que estes tendem a se acumular mais na casca, principalmente o Ca.

Levando em consideração a colheita do fuste (madeira + casca) e deixando em campo os galhos e as folhas, o clone 4 é o que tem maior acúmulo dos

nutrientes aos 6 anos, com 41% N, 74% P e K, 75% Ca e 68% de Mg. E o clone que apresenta o maior acúmulo dos nutrientes no conjunto galhos + folhas, é o clone 1, com 71% N, 41% P, 43% K, 39% Ca e 47% de Mg. A colheita do fuste pode remover praticamente a metade dos macronutrientes existentes na biomassa, com destaque para o cálcio que podem chegar a mais de 70%, como foi o caso dos clones 2 (71%) e 4 (75%) neste experimento, concordando com os resultados relatados por Gomes, Pessotti e Pacheco (1997), Morais (1988), Cardenas (1987), Molica (1992), Viera et al. (2013). Mesmo as folhas representando 2,98% da biomassa total das árvores aos 6 anos, elas acumulam, na média dos cinco clones, 55,8% do nitrogênio total da parte aérea.

Estes resultados demonstram a necessidade de reposição dos nutrientes no ambiente florestal após o corte, tendo em vista a quantidade elevada de nutrientes exportados pela colheita e uma das formas de minimizar esses problemas advindos da exportação é o uso de genótipos eficientes em absorver e utilizar os nutrientes. O descascamento do tronco e a permanência da casca no campo, juntamente com folhas e galhos, reduziria a exportação de aproximadamente 73% de N, 45% de P, 47% de K, 64% de Ca e 64% de Mg, sendo uma prática recomendada, para garantir a sustentabilidade do próximo ciclo da cultura.

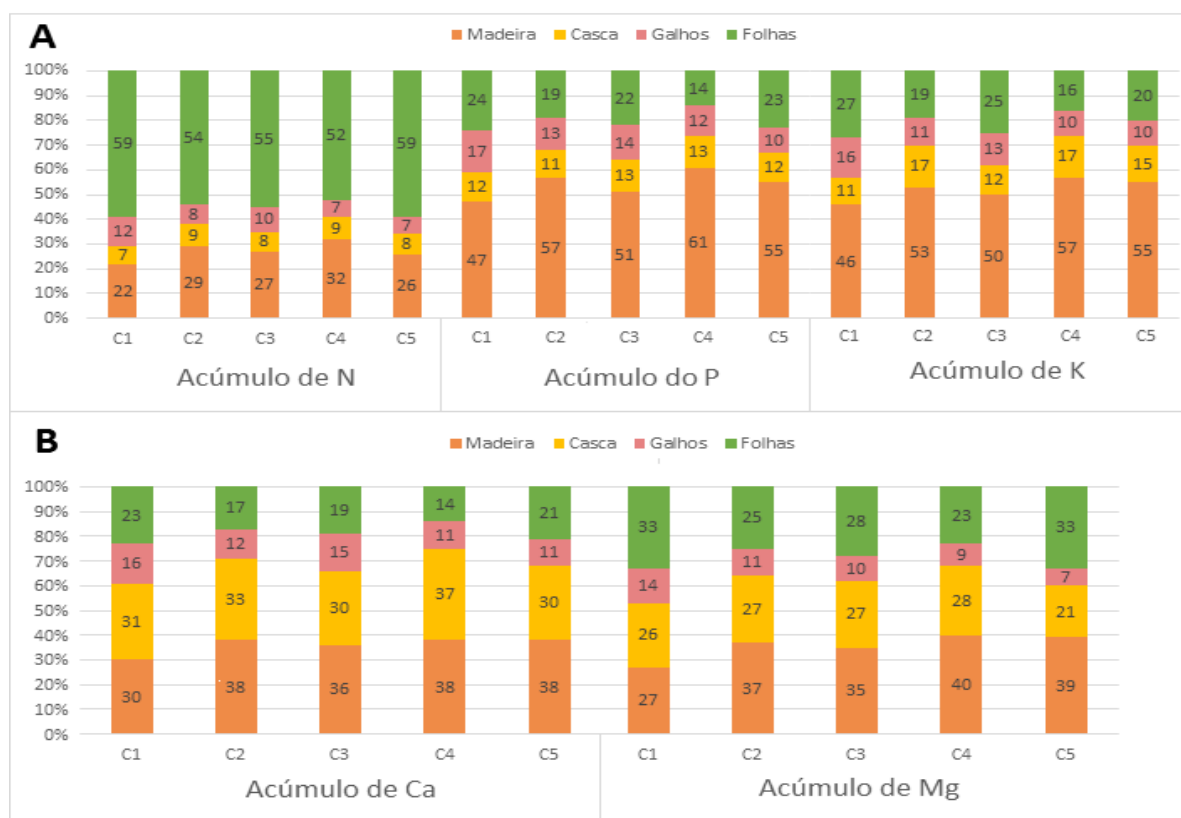


Figura 3. Acúmulo de N, P, K, Ca e Mg (%) na madeira, casca, galhos e folhas de cinco clones de *E. grandis* x *E. urophylla*, aos 6 anos de idade em Jaboticabal-SP.

4.4 Eficiência de Utilização de Nutrientes

Todas as eficiências de utilização de nutrientes na madeira apresentaram interação significativa para clones e idade (Tabela 16). A eficiência de utilização dos nutrientes na madeira aos 6 anos apresentou a seguinte ordem decrescente quanto aos nutrientes: $P > Mg > N > Ca > K$, contrastando com os resultados encontrados por Santana, Barros e Comford (2000) e Santana et al. (2008), em que a eficiência dos nutrientes, em ordem decrescente, foi $P > Mg > K > N > Ca$.

Tabela 16. Valores do teste “F” e coeficiente de variação (CV%) para eficiência de utilização (EU) de N, P, K, Ca e Mg na madeira de cinco clones de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* em 4 idades (2,25, 4, 5 e 6 anos) em Jaboticabal-SP.

	EUN	EUP	EUK	EUCa	EUMg
	(kg biomassa ² kg nutriente ⁻¹)				
Valor de “F” para clone	40,11**	35,02**	20,70**	26,06**	24,87**
Valor de “F” para idade	78,92**	227,82**	252,30**	325,39**	607,49**
Valor de “F” para Interação clone x idade	6,56**	8,53**	11,61**	4,02**	4,10**
CV	40,71	32,51	36,02	13,38	10,55

** - significativo ($p < 0,01$), pelo teste F.

Quanto a eficiência de utilização de nitrogênio na madeira, os clones apresentaram diferenças entre si apenas aos 4 anos, em que os clones 4 e 5 foram superiores ao clone 1 (Tabela 17). Já aos 5 e 6 anos, o clone 2 apresentou maior eficiência de utilização de nitrogênio na madeira que os clones 1, 3 e 4, e o clone 5 foi inferior ao clone 2 apenas aos 6 anos. Os clones, de forma geral, apresentaram aumento na eficiência de utilização de nitrogênio na madeira ao longo dos anos, com exceção dos clones 3 e 5 que tiveram uma diminuição da eficiência, da penúltima para a última avaliação. O aumento na eficiência de utilização de nutrientes com o avanço da idade indica maior aproveitamento dos nutrientes absorvidos, ou translocação desses nutrientes para os órgãos da planta de maior demanda nutricional.

Não houve diferenças significativas entre os clones aos 2,25 e 5 anos para a eficiência de utilização de fósforo na madeira (EUP), diferentemente do observado nas demais idades (Tabela 17), em que pode-se destacar aos 4 anos o clone 4 mais eficiente que os clones 1, 2 e 3 e, aos 6 anos os clones 2 e 5, como superiores aos demais clones. Ao longo das idades, o comportamento da EUP na madeira, para os cinco clones, foi variável com aumento na mesma de 2,25 para os 4 anos, com posterior redução aos 5 anos e aumento novamente aos 6 anos de idade, o que pode ser explicado pela baixa precipitação nesse período (Tabela 2), que ficou abaixo da média da região que é de 1424,6 mm. O fósforo é um elemento pouco móvel no solo e a maior parte de sua absorção pela planta se dá por difusão (BATISTA et al., 2010), sendo assim, a absorção desse nutriente do solo seria menor, mas com o tempo, o déficit hídrico faz com que a planta aumente sua

capacidade de remobilização e alocação interna do P (OLIVEIRA; CARVALHO, 2011). Com isto, a planta quando passa por um período de estresse e encontra dificuldades de absorver o P, esse nutriente pode ser armazenado no vacúolo das células da madeira como visto por Moura et al. (2001), aumentando o teor do nutriente na madeira e, conseqüentemente, diminuindo sua eficiência de utilização, o que justificaria a redução na utilização de fósforo na madeira observada aos 5 anos de idade.

As eficiências de utilização de potássio (EUK), cálcio (EUCa) e magnésio (EUMg) na madeira apresentaram resultados bem similares, com os clones não diferindo entre si aos 2,25 anos. Aos 6 anos de idade, o clone 2 foi mais eficiente que os clones 1 e 3 (EUK e EUCa na madeira) e que os clones 1, 3 e 4 (EUMg na madeira) (Tabela 17). Quanto ao comportamento destas três características ao longo das idades, percebe-se aumento para a eficiência de utilização potássio, cálcio e magnésio na madeira até 5 anos, com redução aos 6 anos, sendo que os menores valores foram observados na idade mais jovem (2,25 anos de idade). As eficiências de utilização de N, K, Ca e Mg na madeira foram menores aos 6 anos em relação a 5 anos (Tabela 17).

O aumento de raízes finas, principalmente, na camada de 0-20 cm do solo é estimulado durante um período de déficit hídrico (GATTO et al., 2010). Assim, como os clones passaram por déficit hídrico por dois anos seguidos, é provável que tenha havido aumento de raízes finas neste período, e aos 6 anos de idade, em função da elevada precipitação (Tabela 2), aliada a intensificação da ciclagem de nutrientes houve aumento, em geral, nas estimativas de eficiência de utilização de nutrientes na madeira. De acordo com Vital (2007), a ciclagem de nutrientes começa a ocorrer por volta de um a dois anos, em que muitas folhas e galhos finos são depositados sobre o solo, com três a quatro anos a casca também começa a cair, formando a serapilheira. Como o processo de decomposição e liberação dos nutrientes é lento, o mesmo se intensifica principalmente a partir dos cinco anos, disponibilizando boa reserva de nutrientes absorvidos que retornam ao solo e pouco a pouco podem ser novamente absorvidos pelas plantas. Com isso, a quantidade absorvida de nutrientes pelas plantas pode ter aumentado proporcionalmente mais que o incremento em biomassa, diminuindo, por conseguinte, a eficiência no uso destes

nutrientes no período de baixa precipitação, o que ocorreu entre 4 e 5 anos de idade.

Tabela 17. Eficiência de utilização (EU) de N, P, K, Ca e Mg na madeira de cinco clones de *E. grandis* x *E. urophylla* em 4 idades (2,25, 4, 5 e 6 anos) em Jaboticabal-SP.

Clones	2,25 anos		4 anos		5 anos		6 anos	
EUN (kg biomassa ² kg nutriente ⁻¹)								
1	3454	Ba	29515	ABb	31045	ABd	40005	Ac
2	5971	Ca	59246	Bab	146264	Aa	171289	Aa
3	3412	Ca	59494	Bab	100477	Abc	58390	Bbc
4	3535	Ba	89315	Aa	94605	Ac	87135	Ab
5	8127	Ca	92711	Ba	141200	Aab	101075	Bb
EUP (kg biomassa ² kg nutriente ⁻¹)								
1	4405	Ba	252563	Ad	70245	Ba	297153	Ac
2	7619	Ca	354306	Bcd	224215	Ba	785814	Aa
3	4246	Ca	416180	Abc	152333	Ba	489408	Ab
4	7325	Ca	628048	Aa	154589	Ba	606369	Ab
5	12033	Da	566849	Bab	229426	Ca	886143	Aa
EUK (kg biomassa ² kg nutriente ⁻¹)								
1	1085	Ba	17733	ABa	30044	Ad	13439	ABc
2	1752	Ca	20048	BCa	84241	Ab	38584	Ba
3	1144	Ca	24190	Ba	65152	Ac	18470	BCbc
4	1218	Ca	31786	Ba	83738	Ab	22164	BCabc
5	2036	Ca	35224	Ba	121440	Aa	32930	Bab
EUCa (kg biomassa ² kg nutriente ⁻¹)								
1	2048	Ca	45249	Ab	43692	Ac	15788	Bc
2	7984	Ca	51975	Bab	195156	Aa	50552	Ba
3	2444	Ca	66100	Aab	103889	Aab	24986	Bbc
4	2146	Ca	77708	Aa	91125	Ab	29255	Babc
5	4997	Da	76654	Ba	134730	Aa	45339	Cab
EUMg (kg biomassa ² kg nutriente ⁻¹)								
1	6210	Ca	225769	Ac	227286	Ac	37257	Bc
2	15492	Ca	262968	Bbc	997718	Aa	157896	Ba
3	6302	Ca	323916	Aabc	463653	Ab	77762	Bb
4	6655	Ca	385740	Aab	436275	Ab	87492	Bb
5	15475	Da	444654	Ba	691624	Aa	135791	Cab

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$).

Apenas a eficiência de utilização de fósforo na casca (EUP-c) não apresentou interação significativa entre clones e idades (Tabela 18). Os clones 2, 4 e 5

apresentaram maior EUP-c que os clones 1 e 3; por outro lado maior a utilização de fósforo na casca foi observada na idade de 6 anos em relação às demais idades. A ordem decrescente da eficiência de utilização dos nutrientes na casca foi $P > N > Mg > K > Ca$. Segundo Braña, González-Rio e Merina (2000), a baixa eficiência de utilização de cálcio na casca pode ser explicada pois para a formação da casca utiliza-se muito cálcio, assim como o potássio, que apresenta cerca de 15 a 20% de seu total na casca (FOELKEL, 2005). Também evidencia que o fósforo é pouco requerido na casca, o que faz com que a pequena quantidade absorvida seja muito bem utilizada, gerando uma grande eficiência.

Ao longo dos anos, para quatro dos cinco clones, não houve grandes variações na eficiência de utilização de nitrogênio na casca, apenas para o clone 5 que apresentou aos 2,25 anos maior eficiência de utilização de nitrogênio na casca (Tabela 19). O clone 2 apresentou maiores eficiências de utilização de N, K, Ca e Mg na casca aos 6 anos em comparação aos clones 1 e 3. O clone 1 apresentou menor eficiência de utilização de N, K, Ca e Mg que os clones 2, 4 e 5, aos 6 anos.

Houve interação significativa entre clones e idades para todas as eficiências de utilização de nutrientes nos galhos (Tabelas 20 e 21). De uma forma geral, os clones apresentaram variações nos valores das eficiências de utilização de nutrientes nos galhos, com tendência de menores valores nas idades mais avançadas, mas sem grandes diferenças entre clones.

Na eficiência de utilização de nitrogênio nos galhos, os clones diferiram entre si apenas a partir dos 4 anos, com os clones 3, 4 e 5 apresentando maior eficiência que o clone 1. Já aos 5 e 6 anos, o clone 2 foi mais eficiente que os clones 3 e 4 (Tabela 21). Aos 6 anos foram encontradas as menores eficiências de utilização de nitrogênio nos galhos. A eficiência de utilização de fósforo nos galhos apresentou o melhor desempenho nos clones 2 e 5, sendo estes mais eficientes que os clones 1 e 4, aos 5 e 6 anos. Com exceção do clone 2, que apresentou a maior eficiência aos 4 anos, os demais clones não apresentaram diferenças entre as idades avaliadas para a eficiência de utilização do fósforo nos galhos. Apenas aos 5 anos houve diferenças estatística entre os clones para a eficiência de utilização de potássio nos galhos, com o clone 2 apresentando maior eficiência que os clones 1 e 4. Os clones 1 e 5 não apresentaram diferenças entre as idades de avaliação, já os clones 2, 3 e 4, de

maneira geral, obtiveram maiores eficiências de utilização de potássio nos galhos aos 2,25 anos. Apenas aos 5 anos de idade, houve diferenças entre os clones quanto às eficiências de utilização de cálcio e magnésio nos galhos, com os clones 2, 4 e 5 mostrando-se superiores aos clones 1 e 3. Para a eficiência de utilização do cálcio nos galhos, o clone 1 não diferiu quanto às idades, os demais clones (2, 3, 4 e 5) apresentaram maior eficiência aos 5 anos. Na eficiência de utilização de magnésio nos galhos, os clones 1, 2 e 5 apresentaram os piores resultados aos 4 e 6 anos, o clone 2 apresentou o melhor aos 2,25 anos e o clone 3, mostrou menor eficiência apenas aos 6 anos.

Tabela 18. Valores do teste “F” e coeficiente de variação (CV%) para eficiência de utilização (EU) de N, P, K, Ca e Mg na casca de cinco clones de *E. grandis* x *E. urophylla* avaliados em 4 idades (2,25, 4, 5 e 6 anos) em Jaboticabal, SP.

Clones	EUN	EUP	EUK	EUCa	EUMg	
	(kg biomassa ² kg nutriente ⁻¹)					
1	1881	3712	B	644	737	2404
2	4294	13504	A	1501	2379	6130
3	1677	7778	B	1027	1211	3467
4	3678	14576	A	1457	1349	4592
5	3950	14408	A	1557	2064	6973
Idades						
2,25	4380	7126	B	1447	3456	8736
4	2535	10345	B	811	704	2264
5	2923	9788	B	1254	1242	3750
6	3347	16191	A	1437	790	4140
Valor de “F” para clone	15,63**	10,56**	11,81**	16,52**	20,82**	
Valor de “F” para idade	13,49**	6,45**	12,67**	98,09**	57,53**	
Valor de “F” para Interação clone x idade	2,97**	1,45 ^{ns}	2,21*	3,24**	2,66**	
CV	29,17	42,45	30,34	7,33	6,27	

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$); ^{ns} - não significativo ($p \geq 0,05$); * e ** - significativos, respectivamente ($p < 0,05$) e ($p < 0,01$), pelo teste F.

Tabela 19. Eficiência de utilização (EU) de N, K, Ca e Mg na casca de cinco clones de *E. grandis* x *E. urophylla* avaliados em 4 idades (2,25, 4, 5 e 6 anos) em Jaboticabal, SP.

Clones	2,25 anos	4 anos			5 anos		6 anos	
EUN (kg biomassa ² kg nutriente ⁻¹)								
1	3454	Ab	1446	ABb	1173	Bb	1452	ABc
2	5066	Aab	2771	Bab	4759	ABa	4580	ABa
3	3412	Ab	2383	Aab	2719	Ab	2195	Abc
4	3535	Ab	3395	Aa	3100	Aab	4682	Aa
5	6431	Aa	2678	Bab	2864	Bab	3826	Bab
EUK (kg biomassa ² kg nutriente ⁻¹)								
1	1085	Ab	475	Aa	440	Ab	575	Ac
2	1752	Aab	675	Ba	1704	Aa	1873	Aa
3	1144	Ab	763	Aa	1134	Aab	1067	Abc
4	1218	Ab	1150	Aa	1550	Aa	1910	Aa
5	2036	Aa	991	Ba	1443	ABa	1758	ABab
EUCa (kg biomassa ² kg nutriente ⁻¹)								
1	2048	Ab	331	Bb	292	Bb	275	Bc
2	7984	Aa	780	Ba	1999	Ba	1094	Ba
3	2444	Ab	709	Ba	1161	ABa	532	Bb
4	2146	Ab	900	Aa	1415	Aa	934	Aab
5	4997	Aa	800	Ba	1341	Ba	1116	Ba
EUMg (kg biomassa ² kg nutriente ⁻¹)								
1	6210	Ab	991	Bb	860	Bc	1555	Bc
2	15492	Aab	2385	Ba	5950	ABa	5850	ABa
3	6302	Ab	2025a	Ba	2819	ABb	2723	ABb
4	6655	Ab	2601	Aa	4403	Aab	4708	ABab
5	15475	Aa	3317	Ba	4717	Bab	5681	ABa

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$).

Tabela 20. Valores do teste “F” e coeficiente de variação (CV%) para eficiência de utilização (EU) de N, P, K, Ca e Mg nos galhos (g) de cinco clones de *E. grandis* x *E. urophylla* avaliados em 4 idades (2,25, 4, 5 e 6 anos) em Jaboticabal, SP.

	EUN	EUP	EUK	EUCa	EUMg
	(kg biomassa ² kg nutriente ⁻¹)				
Valor de “F” para clone	10,73**	3,75**	6,43**	13,05**	12,15**
Valor de “F” para idade	11,60**	0,92 ^{ns}	11,18**	35,11**	15,27**
Valor de “F” para Interação clone x idade	3,69**	3,57**	2,21*	3,51**	2,55*
CV	19,52	27,03	18,08	29,05	25,73

^{ns} - não significativo ($p \geq 0,05$); * e ** - significativos, respectivamente ($p < 0,05$) e ($p < 0,01$), pelo teste F.

Tabela 21. Eficiência de utilização (EU) de N, P, K, Ca e Mg nos galhos de cinco clones de *E. grandis* x *E. urophylla* avaliados em 4 idades (2,25, 4, 5 e 6 anos) em Jaboticabal, SP.

Clones	2,25 anos		4 anos		5 anos		6 anos	
EUN (kg biomassa ² kg nutriente ⁻¹)								
1	2612	Aa	1780	Ab	1852	Ac	1254	Aab
2	2858	Ba	2152	Bab	4426	Aa	2922	Ba
3	3238	Aa	3557	Aa	2676	Abc	969	Bb
4	3270	Aa	3743	Aa	1668	Bc	950	Bb
5	3129	ABa	3621	ABa	3867	Aab	2236	Bab
EUP (kg biomassa ² kg nutriente ⁻¹)								
1	9573	Aa	8661	Aa	5738	Ab	6260	Ab
2	5647	Ca	9386	BCa	15970	ABa	17627	Aa
3	10230	ABa	12635	Aa	10814	ABab	5452	Bb
4	11855	Aa	11924	Aa	6968	Ab	5337	Ab
5	12018	Aa	14970	Aa	17977	Aa	16140	Aa
EUK (kg biomassa ² kg nutriente ⁻¹)								
1	1332	Aa	781	Aa	1034	Abc	740	Aa
2	1821	Aa	844	Ba	2087	Aa	1388	ABa
3	1987	Aa	1101	BCa	1487	ABabc	416	Ca
4	1958	Aa	1119	Ba	783	Bc	434	Ba
5	1353	Aa	1361	Aa	2011	Aab	1245	Aa
EUCa (kg biomassa ² kg nutriente ⁻¹)								
1	1369	Aa	1090	Aa	1429	Ab	730	Aa
2	1654	Ba	1636	Ba	5131	Aa	1653	Ba
3	1563	BCa	2121	Ba	3698	Aa	520	Ca
4	1425	ABa	1611	ABa	2121	Ab	526	Ba
5	1299	Ba	2412	Ba	3798	Aa	1334	Ba
EUMg (kg biomassa ² kg nutriente ⁻¹)								
1	7941	Aa	4056	Ba	4056	ABb	2781	Ba
2	6565	ABa	5029	Ba	9919	Aa	5353	Ba
3	7909	Aa	8385	Aa	10620	Aa	2022	Ba
4	6487	Aa	5444	ABa	3939	ABb	1644	Ba
5	8478	Ba	6845	Ba	12526	Aa	5169	Ba

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$).

Assim como para as eficiências de utilização na madeira, todos os nutrientes apresentaram interação significativa entre clones e idades nas eficiências de utilização dos nutrientes para folhas (Tabela 22).

Tabela 22. Valores do teste “F” e coeficiente de variação (CV%) para eficiência de utilização (EU) de N, P, K, Ca e Mg nas folhas (f) de cinco clones de *E. grandis* x *E. urophylla* em avaliados em 4 idades (2,25, 4, 5 e 6 anos) em Jaboticabal, SP.

	EUN	EUP	EUK	EUCa	EUMg
	(kg biomassa ² kg nutriente ⁻¹)				
Valor de “F” para clone	15,06**	11,76**	15,01**	14,14**	15,80**
Valor de “F” para idade	31,86**	22,11**	6,94**	22,11**	17,00**
Valor de “F” para Interação clone x idade	2,28*	1,99*	2,60*	2,01*	2,27*
CV	22,71	24,18	25,99	28,48	25,77

* e ** - significativos, respectivamente ($p < 0,05$) e ($p < 0,01$), pelo teste F.

Para todos os nutrientes, as eficiências de utilização nas folhas, aos 2,25, 4 e aos 6 anos não apresentam grandes diferenças entre os clones (Tabela 23). Aos 5 anos, é possível diferenciar os clones entre si, em que o clone 2 foi mais eficiente que os clones 1 e 4, de uma forma geral.

Os resultados aqui obtidos demonstram as diferenças no desempenho e comportamento dos clones estudados em relação às características avaliadas. Genótipos diferentes podem apresentar diferenças nas eficiências de absorção de nutrientes do solo e na sua utilização para produção de biomassa (BARROS; NOVAIS; NEVES, 2004). É importante ressaltar que dificilmente um genótipo terá ótima eficiência de utilização em todos os nutrientes e uma distribuição ótima entre as partes da planta. Neste estudo, é possível observar que os clones 2 e 5 foram os mais eficientes nos nutrientes avaliados e que produziram maior quantidade de biomassa. Pesquisas mostram variações entre espécies e clones de eucalipto quanto à eficiência nutricional, como em híbridos de *E. urophylla* em que os mais eficientes na utilização de nutrientes também foram mais produtivos (FARIA et al., 2008). Pinto et al. (2011) afirmam que clones de eucalipto, mesmo na fase de mudas, já diferem quanto a produção de biomassa e eficiência nutricionais.

De maneira geral, aos 6 anos de idade, a madeira se caracterizou como a componente da árvore com maiores valores de eficiência na utilização dos nutrientes, seguida pela casca, galhos e, por último pelas folhas, com pequenas alterações quanto aos nutrientes.

Tabela 23. Eficiência de utilização (EU) de N, P, K, Ca e Mg nas folhas de cinco clones de *E. grandis* x *E. urophylla* avaliados em 4 idades (2,25, 4, 5 e 6 anos) em Jaboticabal, SP.

Clones	2,25		4		5		6	
EUN (kg biomassa ² kg nutriente ⁻¹)								
1	244	ABa	403	Ab	202	Bc	159	Ba
2	249	Ba	573	Aab	545	Aa	407	ABa
3	201	Ca	800	Aa	544	Ba	237	Ca
4	248	Ba	581	Aab	256	Bbc	175	Ba
5	314	Ba	611	Aab	485	ABab	315	Ba
EUP (kg biomassa ² kg nutriente ⁻¹)								
1	2732	Aa	5138	Ab	2695	Ac	2556	Aa
2	2771	Ba	7156	Aab	7661	Aa	6228	Aa
3	2484	Ca	10644	Aa	6116	Babc	4035	BCa
4	3191	Ba	8073	Aab	3375	Bbc	3147	Ba
5	4289	Ba	8606	Aab	7163	ABab	5984	ABa
EUK (kg biomassa ² kg nutriente ⁻¹)								
1	409	Aa	426	Ab	295	Ac	241	Ab
2	552	Aa	569	Aab	880	Aa	643	Aa
3	417	BCa	845	Aa	703	ABab	355	Cab
4	692	Aa	730	Aab	424	ABbc	281	Bab
5	759	Aa	375	Aab	911	Aa	597	Aab
EUCa (kg biomassa ² kg nutriente ⁻¹)								
1	459	ABa	870	Ab	368	Abc	245	Ba
2	660	Ba	1461	Aab	1794	Aa	819	Ba
3	553	Ba	1982	Aa	1439	Aab	453	Ba
4	769	Ba	1631	Aab	731	Bbc	379	Ba
5	741	Ba	1371	Aab	1323	ABab	744	Ba
EUMg (kg biomassa ² kg nutriente ⁻¹)								
1	1234	Aa	1816	Ab	843	Ac	764	Aa
2	1541	Ba	2821	Aab	3101	Aa	2066	ABa
3	1209	Ca	4285	Aa	2526	Bab	1195	Ca
4	1648	Ba	2903	Aab	1217	Bbc	875	Ba
5	1611	Ba	1363	Aab	2570	ABab	1841	ABa

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$). Letras maiúsculas análise na horizontal, letra minúscula análise na vertical.

5 CONCLUSÕES

Os clones apresentam comportamento variável ao longo da idade, quanto ao crescimento, produção de madeira e quanto ao acúmulo e eficiência de utilização de nutrientes nos diferentes compartimentos da parte aérea.

Os clones 2 e 5 destacaram-se por apresentarem desempenho superior na região de Jaboticabal, SP.

O clone 2, aos 6 anos de idade, apresentou as maiores eficiências de utilização de P, K, Ca e Mg nos quatro componentes da parte aérea e de N na madeira, galhos e folhas.

O clone 5, juntamente com o clone 2, apresentou as maiores eficiências de utilização de fósforo nos quatro componentes da parte aérea, de cálcio e magnésio na casca e folhas, de magnésio nos galhos e folhas, de potássio nos galhos e de nitrogênio nas folhas.

6 REFERÊNCIAS

ABICHEQUER, A. D. **Eficiência de absorção e utilização de fósforo por variedade de trigo**. 1995. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995.

ALMEIDA, J. C. R. **Nutrição, crescimento, eficiência de uso de água e de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus grandis* fertilizados com potássio e sódio**. 2009. 112 f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais: Área de concentração em Silvicultura e Manejo Florestal) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

ANGELI, A.; BARRICHELO, L. E. G.; MÜLLER, P. H. **Indicações para escolha de espécies de *Eucalyptus***. Disponível em: <<http://www.ipef.br/identificacao/eucalyptus/indicacoes.asp>>. Acesso em: 05 jan. 2017.

ARAÚJO, E. F.; SOUZA, A. J.; SILVEIRA, R. L. V. A. Método da matriz para avaliação nutricional de clones de *Eucalyptus* na região sul da Bahia. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO – FERTBIO, 3.; 2000, Santa Maria, RS. Santa Maria: SBCS, 2000. 1 CD-ROM.

BARROS N. F.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F. de. Nutrição de adubação mineral do eucalipto. In: VALE, A. B. do; PIRES, J. M. M.; VILAR, M. B.; COSTA, C. B.; NACIF, A. de P. (Ed.). **Eucaliptocultura no Brasil: Silvicultura, manejo e ambiência**. Viçosa: UFV, 2013. p. 187-208.

BARROS, N. F. Classificação nutricional de sítios florestais - Descrição de uma metodologia. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 10, n. 2, p. 112-120, 1986.

BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L. Fertilização e correção do solo para o plantio de eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (Ed.). **Relação solo eucalipto**. Viçosa: Folha de Viçosa, 1990. p. 127-186.

BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L.; NOVAIS, R.F. Mineral fertilizer recommendations for eucalypt plantations. In: GONÇALVES, J.L.M., ed. **Forest nutrition and fertilization**. Piracicaba, IPEF, 2004. p. 269-284.

BARROS, N. F.; COMERFORD, N. B. Sustentabilidade da produção de florestas plantadas na região tropical. In: ALVAREZ V., V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R.; BARROS, N. F.; MELLO, J. W. V. & COSTA, L. M. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. v.2. p. 487-592.

BRAÑAS, J.; GONZÁLEZ-RIO, F.; MERINA, A. Contenido y distribución de nutrientes en plantaciones de *Eucalyptus globulus* del noroeste de la Península Ibérica. **Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales**, [s.i.], v. 9, n. 2, p. 317-336, 2000.

BATISTA, C.H.; AQUINO, L.A. de; SILVA, T.R.; SILVA, H.R.S. Crescimento e produtividade da cultura do algodão em resposta a aplicação de fósforo e métodos de irrigação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 4, n. 4, p.197-206, 2010.

BOX, G.E.P.; COX, D.R. An analysis of transformations. **Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Statistical Methodological)**, New York. v.26, n.2, p. 211-252, 1964.

CARDENAS, A.C. **Exportação de nutrientes e produtividade de povoamento de eucalipto no Litoral Norte do Espírito Santo**. 1987. 98f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1987.

CAMARGO, E. L. O. **Influência do nitrogênio na formação e qualidade da madeira de eucalipto**. 2013. 121 f. Tese (Doutorado em Biologia Funcional e Molecular) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.

CAMARGO, M. L. P.; MORAES, C. B.; MORI, E. S.; GUERRINI, I. A.; MELLO, E. J.; ODA, S. Considerações sobre eficiência nutricional em *Eucalyptus*. **Científica**, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 191-196, 2004,

COELHO, F. S.; VERLENGIA, F. Fertilidade do solo. 2 ed. Instituto Campineiro de Ensino Agrícola. 1973.

CRUZ, C.D. Programa GENES: Análise Multivariada e Simulação. Viçosa: UFV, p. 175, 2006.

DoVALE, J. C. **Herança e correlação entre caracteres associados à eficiência do uso de nitrogênio e fósforo em milho tropical**. 2011. 60 p. Tese (doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Viçosa, 2011.

ESTAÇÃO AGROCLIMATOLÓGICA. Departamento de Ciências Exatas. **Dados meteorológicos mensais do ano de 2016 em Jaboticabal**. Disponível em: <<http://www.fcav.unesp.br/#1244,1912>>. Acesso em: 11 dez. 2012.

FAGERIA, N.K. Eficiência do uso de potássio pelos genótipos de arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 10, p. 2115-2120, 2000.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; LI, Y. C. The role of nutrient efficient plants in improving crop yields in the twenty first century. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 31, n. 6, p. 1121–1157, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/01904160802116068>>.

FAO. **Se o atual ritmo de consumo continuar, em 2050 mundo precisará de 60% mais alimentos e 40% mais água**. 2015. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/fao-se-o-atual-ritmo-de-consumo-continuar-em-2050-mundo-precisara-de-60-mais-alimentos-e-40-mais-agua/>>. Acesso em 02 jan. 2017.

FAO. El eucalipto en la repoblación florestal. Roma, 1981. 723 p. (Colección FAO: Montes, 11).

FARIA, G. E.; BARROS, N.F. de B.; CUNHA, V.L.P. MARTINS, I.S.M.; MARTINS, R. de C.C.M. Avaliação da produtividade, conteúdo e eficiência de utilização de nutrientes em genótipos de *Eucalyptus* spp. No vale do Jequitinhonha, MG. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 3, p. 363-373, 2008.

FARIA, G. E.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; LIMA, J. C.; TEIXEIRA, J. L. Produção e estado nutricional de povoamentos de *Eucalyptus grandis*, em segunda rotação, em resposta à adubação potássica. **Revista Árvore**, v. 26, n. 5, p. 577-584, 2002.

FÁVARO, E. A. **Boro e magnésio na produção de óleo essencial de *Eucalyptus citriodora* e avaliação de teor de clorofila**. 2008. 54 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade da Grande Dourados, Dourados, 2008.

FERNANDES, L. V. **Normas e determinação de faixas de suficiência para diagnose foliar com base no crescimento relativo de eucalipto**. 2010. 81 f. Dissertação (Mestrado em Solo e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

FERNANDES, J. B. **Crescimento, características nutricionais e fisiológicas de progênies de *Eucalyptus grandis* w. Hill. Ex maiden sob diferentes doses de fósforo**. 2015. 57 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2015.

FOELKEL, C. **Minerais e nutrientes das árvores dos eucaliptos: Aspectos ambientais, fisiológicos, silviculturais e industriais acerca dos elementos inorgânicos presentes nas árvores**. 2005. Disponível em: <http://www.eucalyptus.com.br/capitulos/capitulo_minerais.pdf>. Acesso em: 10/12/2016.

GATTO, A.; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; SILVA, I.R.; LEITE, H.G.; LEITE, F.P.; VILLANI, E.M.A. **Estoques de carbono no solo e na biomassa em plantações de eucalipto**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, [s.i.], v. 34, n. 4, p. 1069-1079, 2010.

GOMES, F.S.; PESSOTTI, J.E.S.; PACHECO, R.M. **Exportação de nutrientes por clones de *Eucalyptus urophylla*, em três unidades de solo na vale do Rio Jari**. In: IUFRO Conference on Silviculture and Improvement of *Eucalyptus*. **Proceedings...** Colombo: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas Florestais. Salvador, v.3. p. 209-214, 1997.

GONÇALVES, J. **Recomendações de Adubação para Eucalyptus, Pinus e Espécies Típicas da Mata Atlântica**. Piracicaba: USP Documentos Florestais, v. 15, p. 1-23, 1995.

GRAHAM, R. D. **Breeding for nutritional characteristics in cereals**. In: TINKER, P. B.; LAUCHI, A. (Ed.). **Advances in plant nutrition**. New York: Praeger, 1984. p. 57-102.

IBÁ – INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Ibá 2016**. Brasília: Indústria Brasileira de Árvores. 2016. 96p. Disponível em: <http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2016_.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2016.

IBGE. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2016. Brasília. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/emprego/default.asp?t=2&z=t&o=6&u1=26674&u2=26674&u3=26674&u4=26674&u5=26674&u6=26674>. Acesso em: 26 nov. 2016.

LACLAU, J. P.; RANGER, J.; De MORAES GONÇALVES, J. L.; MAQUÈRE, V.; KRUSCHE, A. V.; THONGO, M'BOU A.; NOUVELLON, Y., SAINT-ANDRÉ, L.; BOUILLET, J. P.; De CASSIA PICCOLO, M.; DELEPORTE, P. Biogeochemical cycles of nutrients in tropical *Eucalyptus* plantations Main features shown by intensive monitoring in Congo and Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 259, p. 1771-1785, 2010.

LADEIRA, B. C. **Crescimento, produção de biomassa e eficiência nutricional de *Eucalyptus* spp., sob três espaçamentos, em uma seqüência de idades**. Viçosa-MG: UFV, 1999. 132 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 1999.

LOPES, J. L. W. **Qualidade de mudas clonais do híbrido de *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla*, submetidas a diferentes regimes hídricos**. 2008. 181 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2008.

MACHADO, C. T. T.; FURLANI, A. C.; MACHADO, A. T. Índices de eficiência de variedades locais de melhoradas de milho ao fósforo. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 3, p. 225-238, 2001.

MALAVOLTA, E. A.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Editora Potafós, 1997. 304 p.

MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo, Ceres, 1980. 251 p.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2009. 451 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. London, Academic Press, 1997. 889 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1986. 647 p.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. Bern: International Potash Institute, 1987. 687 p.

MOLICA, S.G. **Produção de biomassa e eficiência nutricional de híbridos interespecíficos de eucalipto, em duas regiões bioclimáticas de Minas Gerais**. 1992. 84 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1992.

MONTANARI, R.; JUNIOR, J.M.; CAMPOS, M.C.C.; SOUZA, Z.M. de S.; CAMARGO, L.A.C. Caracterização mineralógica de Latossolos em diferentes feições do relevo na região de Jaboticabal, SP. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 2, p.191-199, 2010.

MOURA, W.M.; LIMA, P.C.; CASALI, V.W.D.; PEREIRA, P.R.G.; CRUZ, C.D. Eficiência nutricional para fósforo em linhagens de pimentão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 3, p. 174-180, 2001.

MORAIS, E.J. **Crescimento e eficiência nutricional de espécies de eucalipto em duas regiões bioclimáticas de Minas Gerais**. 1988. 56f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1988.

OLIVEIRA, F. A; MEDEIROS, J.F.M.; LIMA, C.J.G. de S.; DUTRA, I.; OLIVEIRA, M.K.T. de O. Eficiência agrônômica da fertirrigação nitrogenada e potássica na cultura do meloeiro nas condições do semi-árido nordestino. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 5, p. 05-11, 2008.

OLIVEIRA, P. C.; CARVALHO, C. J. R. Estratégias de sobrevivência de espécies arbóreas em ambientes deficientes por fósforo na Amazônia. **Holos**, [s.l.], v. 2, p.2-14, 11 maio 2011. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN). <http://dx.doi.org/10.15628/holos.2011.441>.

ONU. **População mundial deve atingir 9,6 bilhões em 2050, diz novo relatório da ONU**. 2013. Disponível em: < <https://nacoesunidas.org/populacao-mundial-deve-atingir-96-bilhoes-em-2050-diz-novo-relatorio-da-onu/>>. Acesso em: 02 jan. 2017.

PALUDZYSZYN FILHO, E.; SANTOS, P. E. T. Programa de melhoramento genético de eucalipto da Embrapa Florestas: resultados e perspectivas. Colombo: Embrapa Florestas. 2011. 64 p. (Séries Documentos. 214).

PARENTONI, S. N.; MENDES, F. F.; GUIMARÃES, L. J. M. Melhoramento para eficiência no uso de fósforo. In: FRITSCHÉ-NETO, R.; BORÉM, A. **Melhoramento de plantas para condições de estresses abióticos**. Visconde do Rio Branco: Editora Suprema, 2011. p. 101-126.

PINTO, S. I. C.; NETO, A.E.F.; NEVES, J.C.L.; FAQUIN, V.; MORETTI, B. da S. Eficiência nutricional de clones de eucalipto na fase de mudas cultivados em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 523-533, 2011.

PRETTY, K. M. O potássio na qualidade dos produtos agrícolas. In: YAMADA, T.; IGUE, K.; MUZILLI, O.; USHERWOOD, N.R. **Potássio na Agricultura Brasileira**. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato (EUA), 1982. p.177-194.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres; Potafos, 1991. 343 p.

REIS, M. das G. F.; KIMMINS, J. P.; REZENDE, G. C. de; BARROS, N. F. de. Acúmulo de biomassa em uma sequência de idade de *Eucalyptus grandis* plantado no Cerrado, em duas áreas com diferentes produtividades. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 9, n. 2, p. 149-162, 1985.

ROCHA, J. H. T.; PIETRO, M. R.; BORELLI, K.; BACKES, C.; NEVES, M. B. Produção e desenvolvimento de mudas de eucalipto em função de doses de fósforo. **Cerne, Lavras, v. 19, n. 4, p. 535-543, 2013.**

ROCHA, M.G.B.; PIRES I.E.; ROCHA, R.B.; XAVIER, A.; CRUZ, C.D. Seleção de genitores de *Eucalyptus grandis* e de *Eucalyptus urophylla* para produção de híbridos interespecíficos utilizando REML/BLUP e informação de divergência genética. **Revista Árvore**, [s.l.], v. 31, n. 6, p. 977-987, 2007.

ROSIM, C. C. **Eficiência de utilização de nutrientes em híbridos interespecíficos de eucalipto**. 2013. 51 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2013.

ROSIM, C. C.; HSING, T. Y.; PAULA, R. C. Eficiência de utilização de nutrientes em híbridos interespecíficos de eucalipto. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 47, n. 3, p.540-547, 2016.

RUY, O. F. **Variação da madeira em clones de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake da Ilha de Flores, Indonésia**. 1998. 69 p. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia da Madeira), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

SANTANA, R. C.; BARROS, N. F. NEVES, J. C. L. Eficiência de utilização de nutrientes e sustentabilidade da produção em procedências de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em sítios florestais de estado de São Paulo. *Revista Árvore*. v. 26, n.4, p. 447-457, 2002.

SANTANA, R. C.; BARROS, N. F. COMERFORD, N. B. Aboveground biomass, nutrient content, and nutrient use efficiency of eucalypt plantations growing in different sites in Brazil. **New Zealand Journal of Forest Science**, New Zealand, v. 30, n. 1/2, p. 225-236, 2000.

SANTANA, R. C.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; LEITE, H. G.; 730 COMERFORD, N. B. Alocação de nutrientes em plantios de eucalipto no 731 Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n. especial 732, p. 2723-2733, 2008.

SANTANA, R. C.; BARROS, N. F. 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 Florestalis**, Piracicaba, v. 56, p. 155-169, 1999.

SANTOS, L.D.T. FERREIRA, F.A.; FERREIRA, L.R.; DUARTE, W.M.; TIBURCIO, R.A.S.; SANTOS, M.V. Intoxicação de espécies de eucalipto submetidas à deriva do glyphosate. **Planta Daninha**, [s.l.], v. 24, n. 2, p. 359-364, 2006.

SCHUMACHER, M. V.; WITSCHORECK, R.; CALIL, F. N. Biomassa em povoamentos de *Eucalyptus* spp. de pequenas propriedades rurais em Vera Cruz, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 1, p.17-22, 2011.

SCHUMACHER, M. V.; HOPPE, J.; WITSCHORECK, R.; SALVADEGO, M. **Quantificação do carbono e dos nutrientes em florestas de eucalipto em diferentes idades**. Santa Maria: Fatec, 2003. 112 p. (Relatório técnico).

SIDDIQUI, M.Y.; GLASS, A.D.M. Utilization index: A modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. **Journal of Plant Nutrition**, v. 4, p. 289-302, 1981.

SILVEIRA, R.L.V.A.; MOREIRA, A.; TAKASHI, E.N.; SGARBI, F. & BRANCO, E.F. Sintomas de deficiência de macronutrientes e de boro em clones híbridos de *Eucalyptus grandis* com *Eucalyptus urophylla*. **Cerne**, 8:108-117, 2002.

SILVEIRA, R. L. V. A.; GAVA, J. L. Nutrição e Adubação Fosfatada em *Eucalyptus*. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. **Fósforo na Agricultura Brasileira**. Piracicaba: Ed. Potafós, 2004. p. 1-17.

SOARES, C.P.B.; PAULA N., F.P.; SOUZA, A.L. **Dendrometria e Inventário Florestal**. 2. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, p. 272, 2011.

TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T. Eficiência Nutricional em Plantas. In: POLANCZYK, R. A.; CECÍLIO R. A.; MATTA, F. P.; SOARES, T. C. B.; PEZZOPANE, J. E. M; CAMPANHARO, W. A. **Estudos Avançados em Produção Vegetal**. Alegre: UFES/CCA, v. 1, p. 23-42, 2008.

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

VITAL, B.R. Métodos de determinação da densidade da madeira. **SIF - Sociedade de Investigações Florestais**. Boletim Técnico nº 01, 21 p. Viçosa, 1984.

VITAL, M.H.F. Impacto Ambiental de Florestas de Eucalipto. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 28, p. 235-276, 2007.

XAVIER, A.; DA SILVA, R. L. Evolução da silvicultura clonal de *Eucalyptus* no Brasil. *Agronomia Costarricense*, San Pedro de Montes de Oca, v. 34, p. 93-98, 2010. Disponível em: <<http://doczz.com.br/doc/105380/evolu%C3%A7%C3%A3o-da-silvicultura-clonal-de-eucalyptus-no-brasil>> Acesso em: 08 jan. 2017.

WINK, C.; MONTEIRO, J. S.; REINERT, D. J.; LIBERALESSO, E. Parâmetros da copa e a sua relação com o diâmetro e altura das árvores de eucalipto em diferentes idades. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 93, p. 57-67, 2012.