

DIOGO SENA BAIERO

**CRESCIMENTO DE CLONES DE EUCALIPTO EM DIFERENTES DOSES DE
ADUBAÇÃO NA REGIÃO DO CERRADO**

Monografia apresentada ao
Departamento de Engenharia Florestal
da Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do curso de
graduação, para obtenção do título de
Engenheiro Florestal.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
JULHO - 2015

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade Federal de Viçosa - *Campus Viçosa*

M

B152c
2015

Baiero, Diogo Sena, 1990-

Crescimento de clones de eucalipto em diferentes doses de adubação na região do Cerrado / Diogo Sena Baiero. - Viçosa, MG, 2015.

xi, 30f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Geraldo Gonçalves dos Reis.

Monografia (graduação) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.25-30.

1. Eucalipto - Propagação. 2. Plantas florestais - Clonagem. 3. *Eucalyptus*. 4. Plantas e solo. 5. Solos - Adubos e fertilizante. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Florestal. Curso de Graduação em Engenharia Florestal. II. Título.

CDD 22. ed. 634.973766

DIOGO SENA BAIERO

**CRESCIMENTO DE CLONES DE EUCALIPTO EM DIFERENTES DOSES DE
ADUBAÇÃO NA REGIÃO DO CERRADO**

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do curso de graduação, para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

APROVADA: 02 de julho de 2015

Prof. Ph.D. Geraldo Gonçalves dos Reis
(Orientador)

Prof^a. Ph.D. Maria das Graças Ferreira Reis
(Coorientadora)

Dr. Felipe Coelho de Souza
(Membro da banca)

Aos meus pais,
Silvana do Carmo Sena Baiero
e José Luiz Baiero.
Dedico.

“Há quem fale
Que a vida da gente
É um nada no mundo
É uma gota, é um tempo
Que nem dá um segundo.”
Gonzaguinha

“O mundo é um livro,
e aqueles que não viajam
leem somente uma página.”
Santo Agostinho

AGRADECIMENTOS

A toda minha família, em especial, aos meus pais, Silvana e José Luiz, aos meus irmãos, Matheus e Murilo, aos meus avós, Maria Elza, Ci (*in memoriam*), Mariano (*in memoriam*) e Amábile (*in memoriam*), pelo gigantesco apoio e auxílio, estímulos e incentivos no decorrer do curso e vida pessoal.

A Deus pelo dom da vida e à N. S. Aparecida, padroeira do Brasil, por ser depositária de fé.

Aos meus amigos, em especial, Marcos Antônio da S. Miranda, Wagner D. Canal, Frederico Pozenato M. de Oliveira, Renato Augusto P. Damásio, José Henrique P. N. Caixeta, João Ramyller S. de O. Almeida, Vinicius G. T. Ayres, Jomar S. Magalhães, Tiago José F. de Oliveira, Alexandre G. Ferraz, Ricardo F. Pena, Vinícius N. de Sousa, Karin Hammes, Iara S. Sampaio e Carla A. O. Castro, pelo apoio, união e amizade.

Aos Professores Geraldo Gonçalves dos Reis e Maria das Graças Ferreira Reis, pela amizade, pela confiança, pelos ensinamentos e pela orientação, imprescindíveis em todas as fases do curso.

A toda equipe de estudantes de Pós-Graduação do Laboratório de Ecologia e Fisiologia Florestal (LEF) do Departamento de Engenharia Florestal, pela amizade, pelo convívio, pelo auxílio e pelo esforço na coleta de dados, em especial, Felipe C. de

Souza, Ronan S. Faria, Rodolfo A. Barbosa, Jônio P. Caliman, Junio S. Amorim e tantos outros que já passaram no laboratório.

À UFV Jr. Florestal, leia-se Florestal Jr., todos seus ex-membros e membros, pelo conhecimento aplicado às Ciências Florestais e fundamental espírito de equipe.

Ao Departamento de Engenharia Florestal (DEF), ao Centro de Ciências Agrárias (CCA) e à Universidade Federal de Viçosa (UFV), todos os seus professores e funcionários, pela formação pluralista e oportunidade de realização do curso.

Aos meus amigos de república e à “Lobo Mau”, pelo companheirismo e pela amizade no dia-a-dia, em especial, Lucas G. Dornelas, Everton de C. Marques, Renato M. Ferreira e Marcus R. Sad.

Aos amigos de intercâmbio na Austrália e à república “Dilmãe”, pela convivência e fraternidade, em especial, Thiago Pavan, Victor Queiroz, Daniel Souza, Filipe Medeiros, Filipe Vasconcelos, Paulo Xavier, Douglas Briske, Técio Sousa e Kevein Ruas.

À Votorantim Siderurgia S.A. (VS), pelo apoio e possibilidade de realização desta pesquisa.

Ao Professor Helio Garcia Leite, pela dúvidas sanadas e ensinamentos.

À Sociedade de Investigações Florestais (SIF) e ao Polo de Excelência em Florestas pela oportunidade de realização de estágio.

Ao ensino público brasileiro, em especial, à Escola Estadual “Barão de Jundiaí”, todos seus professores e funcionários pelos ensinamentos e formação.

Ao Centro Acadêmico de Engenharia Florestal “Arlindo de Paula Gonçalves” (CAEF) e à Secretaria de Órgãos Colegiados (SOC) da UFV, pela oportunidade de representatividade discente junto aos estudantes de graduação.

Ao 3º Ofício da Família e Sucessões de Jundiaí, SP, pela oportunidade de estágio e ensinamentos holísticos.

Aos órgãos financiadores de pesquisa e ensino, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior (Capes) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) pelo apoio financeiro.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

DIOGO SENA BAIERO, filho de Silvana do Carmo Sena Baiero e José Luiz Baiero, nasceu na cidade de Jundiaí, Estado de São Paulo, em 26 de abril de 1990.

Em fevereiro de 2005, iniciou o curso de Ensino Médio na Escola Estadual “Barão de Jundiaí”, no Estado de São Paulo e graduou-se em dezembro de 2007.

Em março de 2008, iniciou o curso de Física na Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, transferindo de curso em 2010.

Em março de 2010, iniciou o curso de Engenharia Florestal na Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, graduando-se em julho de 2015.

Durante a graduação realizou estágios no Laboratório de Ecologia e Fisiologia Florestal, na Sociedade de Investigações Florestais e no Polo de Excelência em Florestas, foi monitor de graduação da disciplina Silvicultura Geral e representante discente da graduação nos Colegiados da mesma Universidade, participou da Empresa Júnior de Engenharia Florestal e do Centro Acadêmico de Engenharia Florestal “Arlindo de Paula Gonçalves”, participou ainda, de mobilidade acadêmica e intercâmbio na *Curtin University of Technology* na Austrália nos quais adquiriu conhecimento e capacidade para desenvolver este trabalho de conclusão de curso.

SUMÁRIO

RESUMO	ix
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	4
2.1 Geral	4
2.2 Específicos	4
3. REVISÃO DE LITERATURA	5
3.1 Ecossistemas florestais e sua importância à sociedade	5
3.2 Crescimento e produção para plantios florestais.....	6
3.3 Fatores condicionantes da produção florestal	7
3.4 Silvicultura do eucalipto e suas características	8
4. MATERIAL E MÉTODOS	10
4.1 Descrição da área de estudo	10
4.2 Instalação do experimento.....	11
4.3 Coleta de dados	12
4.4 Análise de dados	12
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
6. CONCLUSÕES	24
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	25

RESUMO

BAIERO, Diogo Sena. Monografia de graduação. Universidade Federal de Viçosa, julho de 2015. **Crescimento de clones de eucalipto em diferentes doses de adubação na região do Cerrado**. Orientador: Geraldo Gonçalves dos Reis. Coorientadora: Maria das Graças Ferreira Reis.

A implantação de plantios florestais de alta produtividade é importante porque, além de suprir a demanda de madeira, tem contribuição efetiva na minimização de impactos ambientais negativos. Este estudo visou avaliar o crescimento das plantas e definir a dose de fertilizante mais adequada para cada um dos materiais genéticos (clones) de eucalipto utilizados. A área de estudo está localizada no município de Vazante, noroeste de Minas Gerais (17°36'S, 46°42'O), na região de Cerrado. O experimento foi constituído por 16 clones de eucalipto e cinco doses crescentes de NPK 10-28-06. O diâmetro e a altura total das plantas foram medidos até a idade de 64 meses. Para a grande maioria dos clones houve diferença ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos que receberam qualquer dosagem do adubo NPK e a testemunha (aplicação apenas de fosfato natural). O clone GG100 obteve a maior produção, seguido pelos clones 3487 e 58. A dosagem ótima para máxima produção, para cada clone, ficou acima da recomendada pelo Nutricalc. A aplicação de doses muito acima da recomendada não implicou em aumento de produção, sendo observado comportamento quadrático com a aplicação de doses crescentes do adubo. Os clones GG100, 3487 e 58 apresentam

grande potencial para serem estabelecidos na área de estudo, enquanto os clones 280, 62 e 10 apresentaram produção muito baixa e não são indicados para plantio na região.

PALAVRAS-CHAVE: Silvicultura; produção florestal; *Eucalyptus* spp.; clones

ABSTRACT

BAIERO, Diogo Sena. Monograph of graduation. Universidade Federal de Viçosa, July 2015. **Growth of eucalypt clones under different fertilization levels in the Cerrado.** Advisor: Geraldo Gonçalves dos Reis. Co-Advisor: Maria das Graças Ferreira Reis.

The establishment of high-productivity planted forests, besides supplying wood for different purposes, effectively contribute to minimize negative environmental impacts. This study aimed to evaluate the growth and the most adequate fertilizer to be applied for each eucalypt clone. The study site was located in Vazante, northwest of Minas Gerais, Brazil (17°36'S, 46°42'O), in the Cerrado biome. The experiment was set with 16 eucalypt clones and five increasing NPK 10-28-06 doses. The diameter and total height were measured up to the age of 64 months. For the vast majority of the clones there was difference ($p \leq 0.05$) between the treatments that received any dose of NPK fertilizer and the control (application of rock phosphate only). The GG100 clone had the highest production, followed by 3487 and 58 clones. The optimum dosage for maximum production, for each clone, was above the recommended by Nutricalc. The application of very high rates above the values recommended did not resulted in increased production, being observed quadratic pattern with the application of increasing fertilizer doses. The clones GG100, 3487 and 58 have great potential to be established in the study area, while the clones 280, 62 and 10 have very low productivity and are not suitable for planting in the region.

KEYWORDS: Forestry; forest production; *Eucalyptus* spp.; clones

1. INTRODUÇÃO

As florestas plantadas têm papel fundamental no desenvolvimento sustentável, sendo fonte de produtos e matérias primas renováveis, fonte de renda, de serviços ambientais (GATTO et al., 2010; BROCKERHOFF et al., 2012), geração de empregos diretos e indiretos, impostos, e ainda, fator de contribuição para minimizar a pressão extrativista sobre as florestas nativas (SOUSA et al., 2010; GROOT et al., 2012).

No Brasil, os plantios florestais suprem principalmente a demanda de madeira para celulose e carvão, mas, também, são estabelecidos com o intuito de produzir madeira para a serraria, painéis, compensados, postes, mourões de cerca, construção civil, dormentes, entre outras aplicações (NOCE et al., 2005; JACOVINE et al., 2009; CARVALHO et al., 2012). Em 2014, a receita bruta associada às florestas plantadas correspondeu a cerca de 61 bilhões de reais, a área plantada foi de sete milhões e seiscentos mil hectares¹ e, as exportações de produtos oriundos destas somaram oito bilhões e quatrocentos milhões de dólares americanos, o equivalente a 3,7% das exportações brasileiras. Ademais, 63% do total plantado em 2014 recebeu certificação de compatibilidade a critérios socioambientais de produção (IBÁ, 2015).

O setor florestal brasileiro tem sido impulsionado, principalmente, em razão de avanços na implantação e manejo das árvores plantadas. Sabe-se que mediante uso de

¹ Área ocupada por plantios florestais com eucalipto, pinos e demais espécies (acácia, araucária, paricá e teca) no Brasil.

modelos matemáticos de predição de crescimento e produção é possível o estudo de alternativas de manejo para diferentes condições de sítio, arranjos espaciais, idades de desbaste e níveis de intervenção (LEITE et al., 2006; PAULA et al., 2013; BINOTI et al., 2014; RAMOS et al., 2014; RODE et al., 2014). A resposta em crescimento e produção florestal é determinada, entre outros, por fatores climáticos e edáficos. Em uma situação tropical, onde radiação e temperatura são relativamente abundantes, a produção depende estritamente da disponibilidade de água e dos nutrientes do solo, especialmente para a região do Cerrado, onde há restrições naturais destes dois fatores (BARROS et al., 1981; SILVA et al., 2013a).

Entre os fatores condicionantes da produção florestal, a fertilização exerce papel fundamental no estabelecimento, na condução da floresta, nos custos de produção, dentre outros, uma vez que pode influenciar na taxa de crescimento das árvores, na qualidade da madeira e na idade de corte (BALLONI; SIMÕES, 1980; BARROS et al., 2005). A fertilização é, talvez a ferramenta que dispomos para melhorar a qualidade do sítio e, com isso, aumentar a taxa de crescimento (FARIA et al., 2013). A quantidade, o tipo e a época de aplicação dos fertilizantes podem ocasionar alterações na produção e qualidade da madeira, sendo que tais mudanças dependem da espécie e da fertilidade natural do solo (MELLO et al., 1970; BARROS et al., 2000).

A implantação da cultura do eucalipto visa à obtenção da produção máxima potencial, que teoricamente, pode ser conseguida com a escolha de material genético adequado para cada sítio. Este material genético deve ser eficiente na aquisição e utilização dos recursos de crescimento como água e nutrientes (RYAN et al., 2010; STAPE et al., 2010; SILVA et al., 2013b). Este entendimento é de elevada importância na região do Cerrado, pois existe deficiência de água no solo na estação de menor precipitação, grande parte dos solos é de baixa fertilidade natural e esta região tem sido amplamente utilizada para o reflorestamento e florestamento, predominantemente com espécies do gênero *Eucalyptus* (ALVES, 2011; SOUZA et al., 2012). A implantação de plantios florestais de alta produtividade contribuem efetivamente para a minimização de impactos ambientais negativos sobre os remanescentes florestais nativos (DIAS et al., 2005; FONTAN et al., 2011; PAULA et al., 2013). É dentro dessa perspectiva que se discute atualmente o uso sustentável dos recursos naturais, especialmente o uso de produtos florestais.

Nesse sentido, este estudo teve como objetivo avaliar o crescimento e definir a dose de fertilizante mais adequada, para cada um dos materiais genéticos de eucalipto utilizados, até a idade de 64 meses.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

O presente estudo teve como objetivo avaliar o crescimento de genótipos de eucalipto submetidos a diferentes doses de adubação, em solos do Cerrado de Minas Gerais.

2.2 Específicos

1. Avaliar o crescimento de 16 materiais genéticos (clones) de eucalipto;
2. Definir a dosagem de fertilizante mais adequada para cada material genético.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Ecossistemas florestais e sua importância à sociedade

Os ecossistemas florestais oferecem à sociedade uma variedade de benefícios ambientais (produtos e serviços). Os produtos ambientais (bens tangíveis), são materiais oferecidos pelos ecossistemas, como frutos, sementes, fibras ou madeira e constituem fonte de renda para a sociedade, facilmente regulados pelas leis de mercado. Os serviços ambientais (bens intangíveis) são serviços úteis oferecidos pelos ecossistemas, a produção de oxigênio e sequestro de carbono, as belezas cênicas, a biodiversidade, a proteção de solos e a regulação das funções hídricas e não são facilmente quantificáveis em termos econômicos (BROCKERHOFF et al., 2012; GROOT et al., 2012).

As florestas plantadas podem ser consideradas matérias-primas renováveis e recicláveis de acordo com sua utilização, além de terem aspectos positivos ao meio ambiente, à biodiversidade e à vida humana. Os indicadores de desenvolvimento do setor podem ser observados a curto e longo prazo, sendo R\$ 53 bilhões o valor planejado a ser revertido em projetos de investimento de 2012 a 2020 (IBÁ, 2014). No ano de 2014 foram gerados cerca de 4,2 milhões de empregos diretos, indiretos, e resultantes do efeito-renda e, a participação no Produto Interno Bruto (PIB) Industrial foi de 5,5% (IBÁ, 2015).

Os programas *Forest Stewardship Council* (FSC) e pelo Programa Nacional de Certificação Florestal (Cerflor), endossado pelo *Programme for the Endorsement of*

Forest Certification Systems (PEFC) atestaram que mais da metade do plantado em 2013 (63%) gerou o menor impacto possível e maximizou os benefícios socioambientais da produção. O objetivo das certificações, de acordo com Ibá (2014), é garantir melhoria contínua dos processos produtivos, eficiência nas atividades florestais e industriais e, conseqüentemente, redução de perdas e impactos negativos potenciais. Os investimentos em programas sociais totalizaram cerca de R\$ 177 milhões e beneficiaram aproximadamente 2 milhões de pessoas e aproximadamente 1.400 municípios também em 2014 (IBÁ, 2015).

De acordo com a ABRAF (2013), os cultivos para fins industriais são realizados de acordo com princípios de manejo florestal sustentável, visando a redução dos impactos ambientais [negativos] e promoção do desenvolvimento econômico e social das comunidades do entorno e das fábricas. Estes indicadores mostram o setor florestal brasileiro como facilitador de desenvolvimento, de boas práticas e de sustentabilidade. Os plantios florestais possuem elevada importância para um futuro sustentável, aplicando-se as técnicas conservacionistas de solo e de água e respeitando-se a legislação pertinente. Além de fornecer produtos, as florestas plantadas podem, majoritariamente, de forma indireta, favorecer a redução ao desmatamento, a recuperação de áreas degradadas e a conservação de importantes ecossistemas e espécies ameaçadas de extinção, dentre outros (CACAU et al., 2008).

3.2 Crescimento e produção para plantios florestais

Manejo Florestal, segundo Campos e Leite (2013), é o gerenciamento dos recursos florestais a partir do desenvolvimento e aplicação de métodos quantitativos e conhecimentos ecofisiológicos, a fim de garantir produtos, serviços e, ou, benefícios, diretos e indiretos, com vistas à sustentabilidade (econômica, social e ambiental), a partir de uma floresta. Os três elementos do manejo florestal são: classificação de terras; prescrição de tratamentos silviculturais e predição (ou projeção) do crescimento (DAVIS; JOHNSON, 1987; DAVIS et al., 2005).

Crescimento pode ser entendido como a projeção da produção de madeira, obtida através do ajuste de modelos de crescimento e produção, entre os quais se destacam os do tipo povoamento (CAMPOS; LEITE, 2013). A previsão do crescimento

de uma floresta, por meio de curvas de projeção do crescimento em diâmetro, altura e volume, é fundamental para o planejamento florestal, a exemplo da determinação da idade ótima e econômica de corte (CAMPOS et al., 1986).

A dinâmica de um povoamento e a previsão de sua produção ao longo do tempo pode ser simulada por modelos de crescimento e produção florestal (VANCLAY, 1994), para diferentes condições de sítio, idades de desbaste e níveis de intervenção (LEITE et al., 2006; CASTRO et al., 2013; BINOTI et al., 2014). Os modelos de crescimento subsidiam o planejamento das empresas, ao possibilitar a estimativa de áreas, prever expansões, adquirir ou vender madeira no mercado, entre outros (MARCOLIN; COUTO, 1993).

3.3 Fatores condicionantes da produção florestal

Vários fatores têm influência na qualidade de sítio e interferem na capacidade produtiva do povoamento florestal (STAPE et al., 2010), incluindo as características físicas, químicas e mineralógicas do solo, características climáticas e fisiográficas, bem como fatores bióticos (RYAN et al., 2010). A disponibilidade de nutrientes, água e luz para as plantas pode ser influenciada por vários fatores, como o espaçamento, arranjo espacial, material genético, o que implica em diferentes condições de competição entre plantas (BERNARDO et al., 1998; ALVES, 2011; PAULA et al. 2013; SILVA et al., 2013b).

A produção de uma floresta depende da radiação solar interceptada pela copa e pela eficiência de sua conversão em biomassa (OLIVEIRA et al., 2008; GATTO et al., 2010). Essa eficiência de conversão é, principalmente, influenciada pela disponibilidade de água e de nutrientes. Aumentando o suprimento destes dois fatores e da interação entre eles, tende-se a aumentar a produção (EPSTEIN; BLOOM, 2006). Se as propriedades físicas do solo e a condição climática não variarem de uma rotação para outra, a redução de produtividade pode ser atribuída à deficiência de nutrientes (FARIA et al., 2002; BARROS et al., 2005).

A técnica de fertilização e a ciclagem de nutrientes são fundamentais para elevar e manter a produção dos plantios florestais. A sustentabilidade da produtividade de uma floresta é determinada pelo balanço de nutrientes no sistema solo-planta. A evidência da

fertilização influenciando a produção de biomassa é amplamente aceita (BALLONI; SIMÕES, 1980; BARROS et al., 1981) e tem sido confirmada para plantios de eucalipto no Brasil (BARROS; COMERFORD, 2002; STAPE, et al., 2006). Assim, espera-se que respostas à produção florestal dependam, de maneira crucial, da fertilização e de outras técnicas de manejo.

3.4 Silvicultura do eucalipto e suas características

O gênero *Eucalyptus*, que apresenta mais de 900 espécies e subespécies (BROOKER; KLEINIG, 2006), foi introduzido inicialmente no Brasil no século XX de populações oriundas da Austrália e da Indonésia e tem experimentado acentuado nível de melhoramento genético. No território brasileiro tem sido a árvore mais plantada e em 2014 correspondeu a 72% (5,56 milhões de hectares) das florestas plantadas no Brasil (IBÁ, 2015). As áreas plantadas com espécies desse gênero se destinam a produção de celulose e papel, geração de energia (na forma primária), biorredutor na siderurgia, manufatura de painéis à base de madeira reconstituída (aglomerados e chapas de fibra), obtenção de madeira roliça (postes, dormentes, estacas, escoras, etc.), produção de sólidos madeiráveis a partir de serrados (móveis, vigas, pisos, esquadrias, portas) e laminados (chapas de compensado) (NOCE et al., 2005; PALUDZYSZYN FILHO; SANTOS, 2011).

Nas últimas décadas os plantios clonais, mesmo estando altamente relacionados à localidade para sua plena adaptação, substituíram os seminais em razão da alta produtividade dos materiais genéticos e uniformidade (XAVIER et al., 2013). A utilização de híbridos contribuiu para avanços significativos agregando características de interesse econômico e social, como aumento de produtividade e maior capacidade de adaptação e resistência à algumas doenças e pragas, além de tolerância a condições de estresse (Paula et al., 2002; MARTINS et al., 2005). Porém, atualmente, grandes esforços têm sido realizados no sentido de obterem materiais seminais superiores, principalmente para a propagação vegetativa, mas também para sua propagação seminal (FONSECA et al., 2010).

No Brasil, grande parte dos plantios com o gênero *Eucalyptus* é estabelecida em espaçamentos variando de 6 a 12 m² (GONÇALVES et al., 2004) em diferentes arranjos

espaciais. Elevando a densidade de plantio, há maior competição entre plantas, havendo o surgimento de árvores dominadas (BINKLEY, 2004; LEITE et al., 2006). Diâmetros menores e maior área basal podem ser obtidos em espaçamentos estreitos onde ocorre, precocemente, a estagnação do crescimento; o contrário ocorre em espaçamentos amplos (CAMPOS; LEITE, 2013). O eucalipto apresenta elevada produtividade volumétrica, boa adaptação ecológica e boas características da madeira. As práticas silviculturais (fertilização, desbaste, desrama, dentre outras), podem melhorar o desempenho das florestas e gerar produtos diversos (POLLI et al. 2006; FARIA et al., 2008; FONTAN et al. 2011; RAMOS et al., 2014).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Descrição da área de estudo

O trabalho foi desenvolvido na Fazenda Barra Grande, área pertencente à empresa Votorantim Siderurgia S.A., município de Vazante, região noroeste do Estado de Minas Gerais (17°36' Sul, 46°42' Oeste, altitude média 550m). A região pertence ao domínio fitossociológico do Cerrado, com gradações de campos Cerrados a florestas ciliares subperenifólias, (GOLFARI, 1975). O relevo da área estudada é plano e o solo predominante é do tipo Latossolo Vermelho distrófico apresentando textura argilosa (VALE et al., 2002). O clima predominante é o subtropical úmido de savana “Aw”, segundo a classificação de Köppen.

As temperaturas médias anuais máxima e mínima são, respectivamente de 32 °C e 16 °C (PIAU, 2010), com temperatura média anual de 26,3°C (FONTAN, 2007). As precipitações pluviais médias anuais são de aproximadamente 1.450 mm, sendo a estação chuvosa bem definida, com aproximadamente sete meses de seca entre os meses de abril a outubro (PIAU, 2010) (Figura 1). Esta área está sujeita a déficit hídrico intenso (722 mm) na estação mais seca do ano (OLIVEIRA et al., 2008).

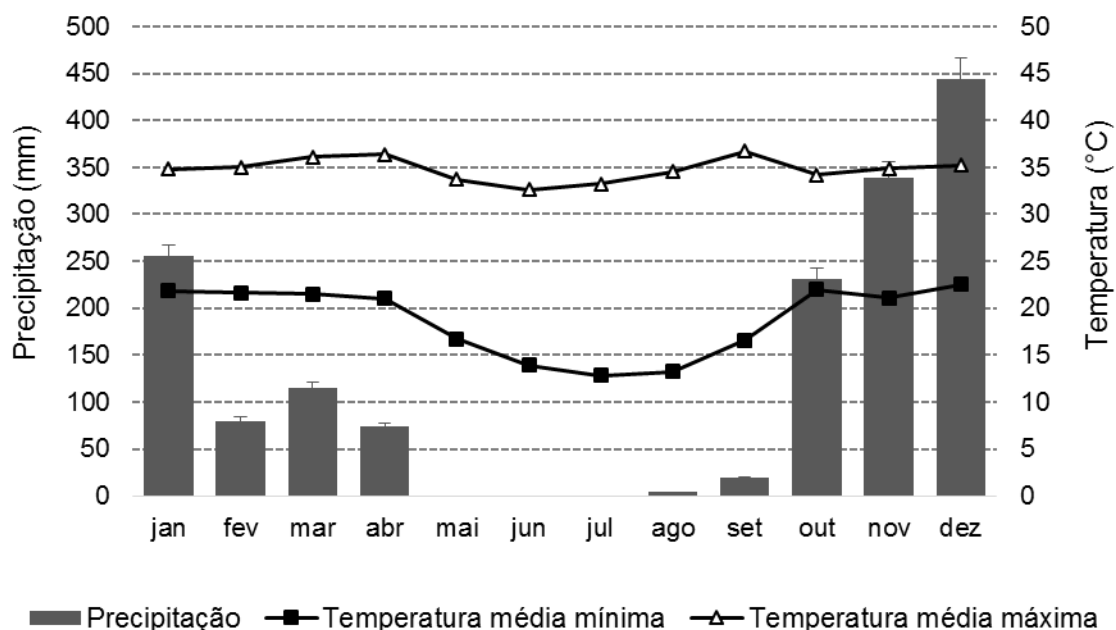


Figura 1 - Caracterização climática da área experimental, em Vazante, MG, no período de 2006 a 2012. Adaptado de Piau (2010).

4.2 Instalação do experimento

O plantio foi feito no arranjo 3,6 x 2,5 m, no início de outubro de 2006. Os tratamentos incluíram 16 clones e cinco doses de adubação (80 tratamentos). O delineamento foi o inteiramente casualizado, em parcelas subdivididas, em que as parcelas foram constituídas pelos clones e as subparcelas pelas doses de adubação, com seis repetições e 10 plantas por unidade experimental. Os clones E1, E2, E4, E5, E6, 19, 157, GG100 são híbridos artificiais de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*; os clones 2, 3487, I042 são provenientes de *E. urophylla*; os clones 10, 36, 62 e 280 de *E. camaldulensis*, e o clone 58 de *E. camaldulensis* x *E. grandis*.

Foi feita a aplicação de 4 t de calcário em área total e de 360 g planta⁻¹ de fosfato natural de Gafsa no sulco, simultaneamente à subsolagem realizada na profundidade de 30-40 cm, para todos os tratamentos. A adubação de implantação foi realizada imediatamente após o plantio, utilizando as seguintes dosagens crescentes do fertilizante NPK 10-28-06: 0 (testemunha), 78, 100, 130, 156 e 234 g planta⁻¹, em covetas laterais. A dose de 78 g planta⁻¹ foi a recomendada para a área utilizando o programa Nutricalc (BARROS et al., 2000), de modo a garantir a produtividade esperada do plantio. As

doses de 100 e 130 g planta⁻¹ eram, naquela ocasião, utilizadas nos plantios comerciais da empresa e 156 e 234 g planta⁻¹ correspondem a 2 e 3 vezes o recomendado através do Nutricalc. A adubação de cobertura (20 g planta⁻¹ de Borogram - 10% B), em círculo, superficialmente, e 169 g planta⁻¹ de NPK 20-0-20, em covetas laterais, foi realizada em abril de 2007, conforme relatado por Alves (2011).

4.3 Coleta de dados

Nas idades de 11, 19, 25, 31, 38, 44 e 64 meses, foram mensurados o diâmetro a 1,30 m de altura (dap) e a altura total (Ht) de 10 árvores por unidade experimental. Os dados coletados de 11 a 44 meses constituem parte do trabalho de Alves (2011) e, para o presente trabalho, foram acrescentados os dados obtidos aos 64 meses.

Para a quantificação do volume por árvore e posterior ajuste de modelo volumétrico, foi utilizado um banco de dados da Votorantim Metais, de povoamentos comerciais de cada material genético, com idades similares à do povoamento estudado. O volume de madeira com casca de cada árvore deste banco de dados foi determinado pelo método de Smalian:

$$V = \left(\frac{g_i + g_{i+1}}{2} \right) L$$

em que:

V = volume de madeira com casca, em m³;

g_i = área seccional da seção i ;

g_{i+1} = área seccional da seção $i+1$;

L = comprimento da seção.

4.4 Análise de dados

Para estimar o volume de madeira com casca foram ajustadas equações, com base na correlação entre valores observados e estimados e na distribuição dos resíduos, para os clones de eucalipto, conforme descrito em Alves (2011):

$$\begin{aligned}
I042: V_{cc} &= 0,0000677747 \text{ dap}^{1,665882} \text{ Ht}^{1,0881426}, \\
GG100: V_{cc} &= 0,0000347095 \text{ dap}^{1,583373} \text{ Ht}^{1,381895}, \\
62: V_{cc} &= 0,0000786025 \text{ dap}^{1,772312} \text{ Ht}^{0,909757}, \\
58: V_{cc} &= 0,0000185002 \text{ dap}^{1,551779} \text{ Ht}^{1,652543}, \\
19: V_{cc} &= 0,0000806560 \text{ dap}^{1,813596} \text{ Ht}^{0,887406}, \\
2: V_{cc} &= 0,0000453973 \text{ dap}^{1,646645} \text{ Ht}^{1,249505}, \\
\text{Demais: } V_{cc} &= 0,0000446713 \text{ dap}^{1,611160} \text{ Ht}^{1,274887}.
\end{aligned}$$

Para cada tratamento, de cada clone, foi avaliado o volume por hectare ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$) em função da idade, através da análise de regressão não linear, utilizando o modelo logístico:

$$V_{cc} = \left(\frac{\beta_0}{1 + \beta_1 e^{(-\beta_2 I)}} \right) + \varepsilon_i$$

em que:

V_{cc} = volume com casca ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$);

β_i = parâmetros do modelo;

e = função exponencial;

I = idade do povoamento, em meses;

ε_i = erro aleatório, $\mathcal{E} \sim \text{NID}(0, \alpha^2)$.

A partir dos dados de volume para cada uma das idades de medição, foram geradas curvas para descrever o crescimento em volume do povoamento em função da idade, com extrapolações aos 72 e 84 meses, para cada nível de adubação e cada clone. Foi empregado o teste L&O de identidade de modelos (LEITE; OLIVEIRA, 2002), no nível de 5% de probabilidade, comparando-se a média dos diferentes tratamentos de adubação de NPK à testemunha (aplicação apenas de fosfato natural).

O modelo quadrático foi empregado para definir a dose de fertilizantes aos 64 meses de idade mais adequada para se obter a maior produção para cada material genético. Esses dados de crescimento volumétrico do povoamento foram submetidos a análise de variância (ANOVA), aplicando-se o teste F, no nível de 5% de probabilidade. De acordo com o resultado da análise de variância, procedeu-se o teste de médias Tukey ($p \leq 0,05$) para diferenciação entre os valores de produção volumétrica.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os clones avaliados apresentaram tendência de estagnação de seu crescimento a partir de 72 meses (Figura 2) quando foi considerada a avaliação de crescimento até a idade de 64 meses. Porém, quando Alves (2011) utilizou dados até a idade de 44 meses poucos clones apresentaram tendência de estagnação de crescimento, independentemente do nível de adubação. Essa diferença em resultados pode indicar que equações com base em idades muito jovens, com o povoamento com potencial de elevado podem não refletir o comportamento ideal de crescimento das plantas. Vários autores têm relatado que a fertilização mineral proporcionou aumento da produtividade de madeira em plantios de eucalipto, quando estabelecidos em sítios com limitação de nutrientes (STAPE, 2005; FARIA et al., 2008; PAULA et al., 2013). Isto se deve provavelmente à limitação de nutrientes demandados para o crescimento das plantas.

Na análise do teste de identidade de modelos L&O, para os clones 10 e 280 (*E. camaldulensis*), 19, E1, GG100 e E2 (*E. urophylla* x *E. grandis*) não foi observada diferença ($p \leq 0,05$) entre as doses de adubação e a testemunha. Esta semelhança observada por Berger et al. (2002), verificando que o fator adubação não teve influência sobre o crescimento em altura, diâmetro e volume para *E. saligna*, até os 10 anos de idade. Alves (2011), nesta mesma área de estudo, também não observou diferença significativa entre alguns dos tratamentos de adubação e testemunha com idades jovens para estes mesmos clones. Assim, para esses clones, a adição do adubo pode não ser

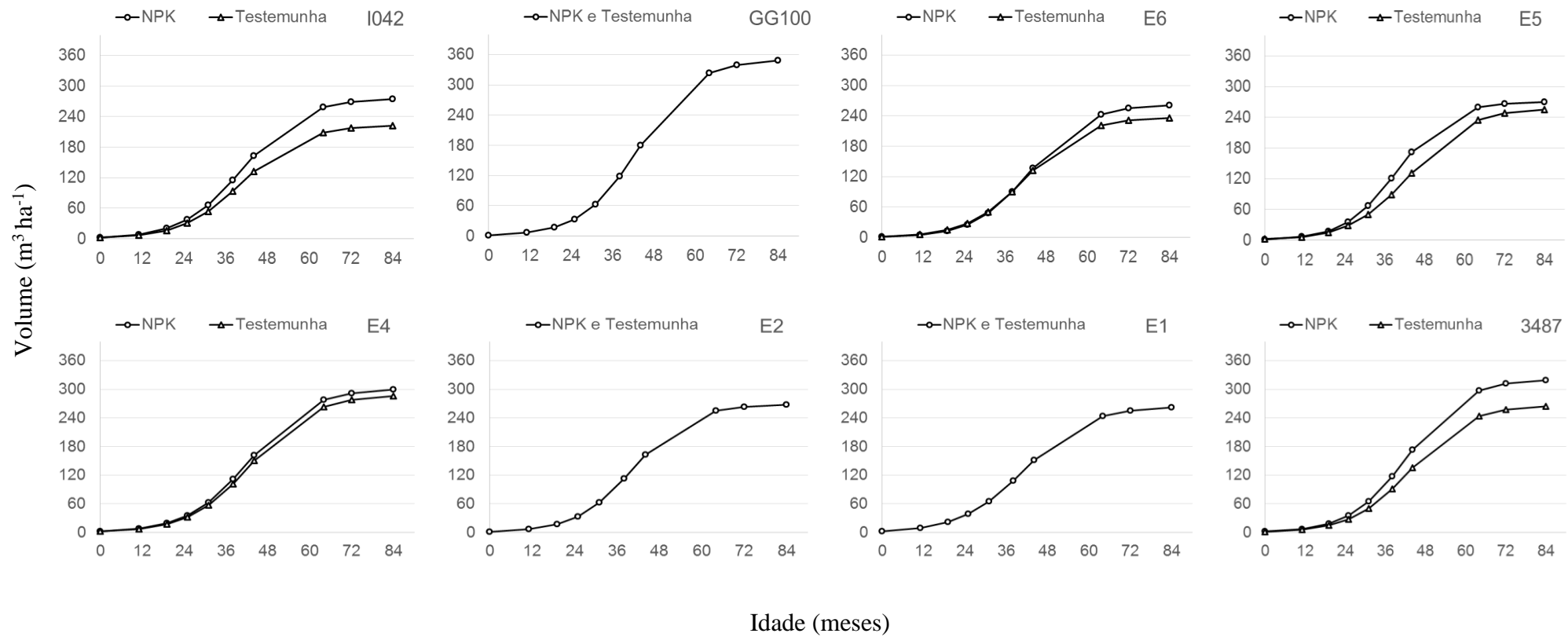
efetiva em promover incrementos significativos de produção em madeira, na área de estudo.

O polinomial de segundo grau apresentou o melhor ajuste para definir a dosagem ótima de fertilizante para máxima produtividade, por clone conforme, também, relatado por Alves (2011). A dosagem para a produção máxima de madeira foi obtida a partir da sua primeira derivada (Figura 3), com valores entre 97 g planta⁻¹ (108 kg ha⁻¹) para o clone 10 até 264 g planta⁻¹ (293 kg ha⁻¹) para o clone 2, sendo estes valores maiores do que a recomendação indicada pelo Nutricalc (Alves, 2011).

As dosagens ótimas do fertilizante estimadas nesse trabalho foram superiores às recomendadas pelo Nutricalc (Tabela 1), para todos os clones. Este fato pode ser explicado pela severa deficiência hídrica do solo, visto que, na calibração do programa de recomendação de adubação, foram utilizados ambientes variáveis de disponibilidade hídrica. Nesta condição hídrica deficiente, mesmo com uma adubação na faixa considerada de luxo, as necessidades das plantas não serão inteiramente atendidas. Essa generalização da recomendação através do Nutricalc pode não considerar fatores como a deficiência hídrica acentuada no solo induzindo à subestimação da dosagem. Este comportamento pode ser recorrente em plantios florestais em locais com deficiência hídrica no solo (GONÇALVES et al., 2013). Morais et al. (1990) constataram que a deficiência hídrica é o fator mais limitante ao crescimento de várias espécies de eucalipto (*E. grandis*, *E. saligna*, *E. cloeziana*, *E. citriodora* e *E. brassiana*), em duas regiões de Minas Gerais, sendo mais acentuado na região de Cerrado. Assim, recomendações específicas de adubação devem ser realizadas para cada material genético, devido as exigências marcantes e diferenciadas por nutrientes, assim como, a variação expressiva nas dosagens ótimas.

A elevada produtividade dos clones pode ser evidenciada pela sua tendência de manutenção ou aumento de sua produção, aos 72 e 84 meses. Quando Alves (2011) avaliou os dados de crescimento até os 60 meses, os clones 19, 62, 280, E6 e 2 foram os que apresentaram tendência de estagnação e o mesmo autor concluiu que, possivelmente, esses clones deveria ser indicados para a produção de biomassa na região de estudo. Apesar de todos os clones nesse estudo apresentarem tendência de estagnação na curva de crescimento aos 72 meses, isso não ocorreu com a medição aos 64 meses. Pressupõe-se que a demanda nutricional não seria um fator limitante em

idades mais avançadas, devido a adubação mineral e a ocorrência de ciclagem de nutrientes (bioquímica e biogeoquímica) auxiliarem na suplementação de nutrientes às plantas (SILVA et al., 2013a; VERSINI et al., 2014). Miller (1995) concluiu que após o estabelecimento da ciclagem bioquímica, até 66% da demanda dos nutrientes considerados móveis poderia ser suprida pela retranslocação. O declínio da taxa de crescimento, com o avanço da idade, pode ser esclarecido pela deficiência hídrica no solo, que reduziria, de maneira significativa, a aquisição de nutrientes.



Continua ...

Continuação (...)

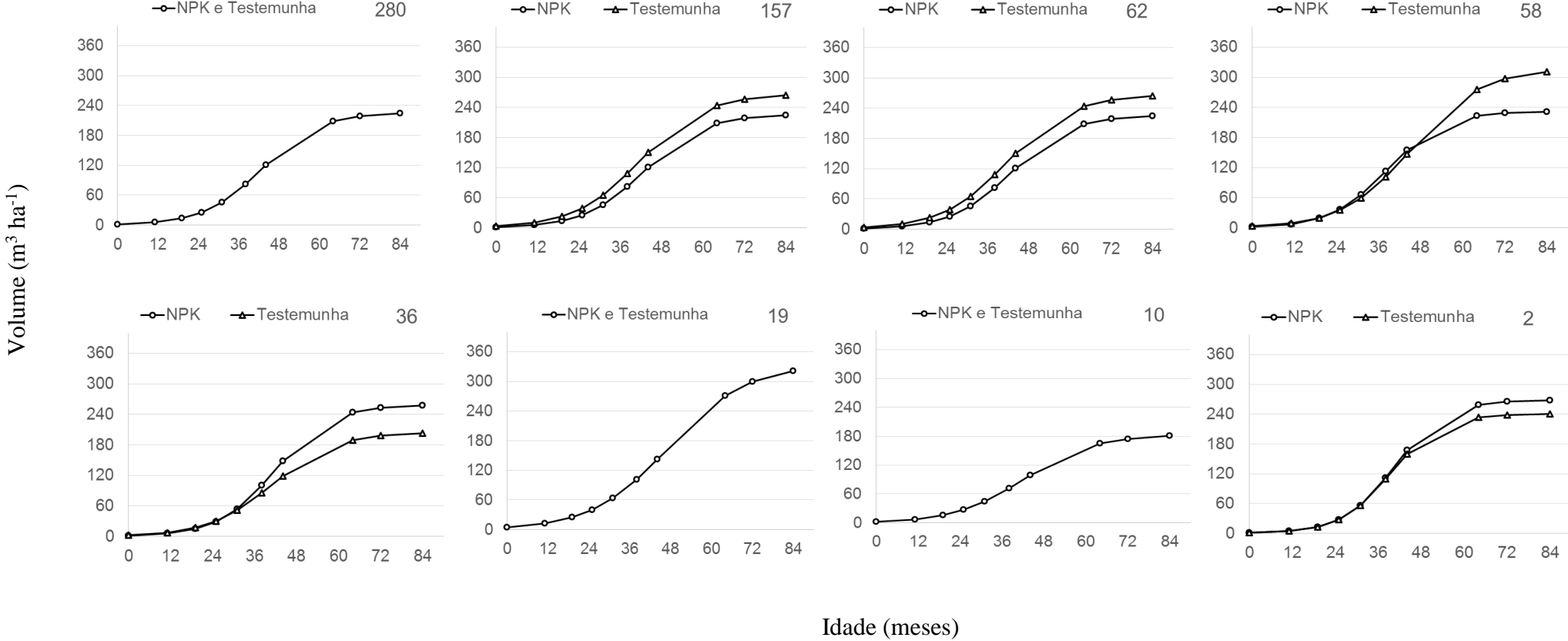
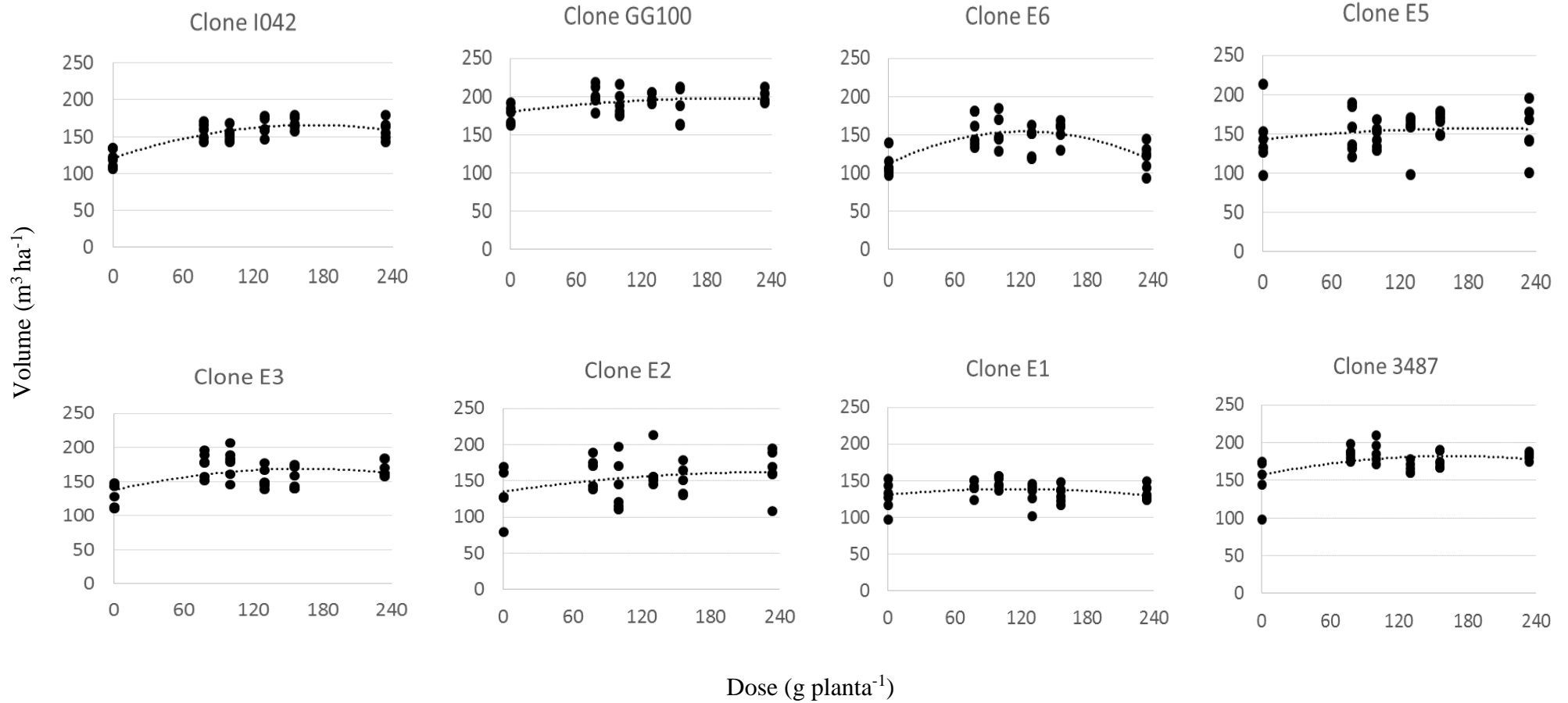


Figura 2 – Curvas de crescimento em volume (m³ ha⁻¹) para 16 clones de eucalipto submetidos a doses crescentes de NPK 10-28-06 (78, 100, 130, 156 e 234 g) e testemunha (aplicação apenas de fosfato natural), em Vazante, MG.



Continua ...

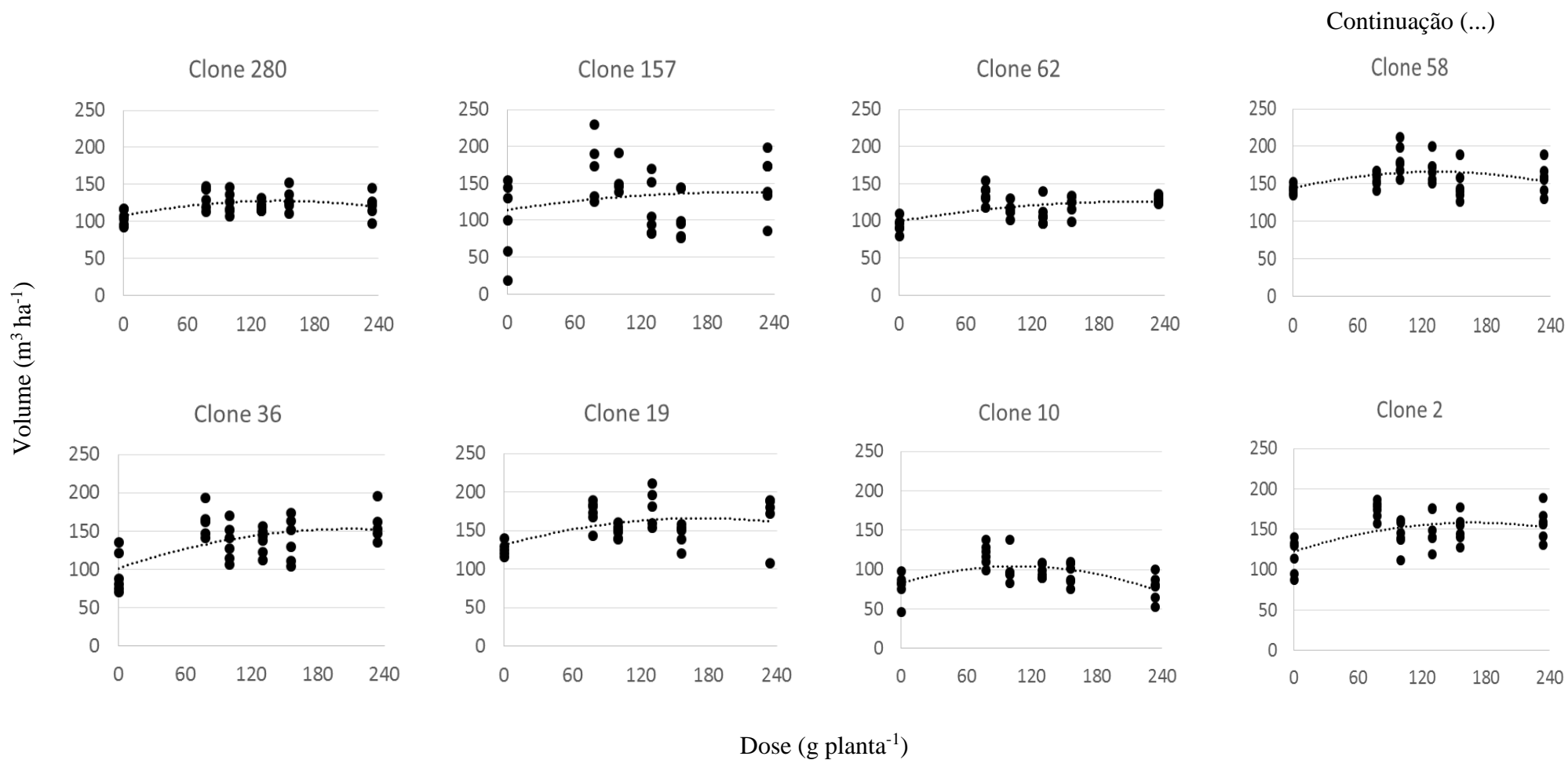


Figura 3 – Produção volumétrica de madeira ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) em resposta à aplicação de doses crescentes de NPK 10-28-06 (78, 100, 130, 156 e 234 g), no estabelecimento do plantio, para clones de eucalipto, aos 64 meses, em Vazante, MG.

A análise de variância foi significativa ($p \leq 0,05$) quanto aos níveis de adubação avaliados, exceto para os clones E1 e 58 em que os não foram verificadas diferenças entre os níveis de adubação, portanto não existe dosagem de máxima produtividade de NPK 10-28-06 no plantio (Tabela 1).

Aos 64 meses de idade, o clone mais produtivo foi o GG100 ($317,09 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) (Tabela 1), com incremento médio anual (IMA) de aproximadamente $59 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. O segundo (58) e o terceiro (3478) clones mais produtivos, nesta idade, apresentaram volume 8% inferior ao GG100. O clone que apresentou a menor produção foi o clone 10, com ($157,15 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) e IMA de $29,47 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, 49% inferior ao GG100.

Os clones GG100, 3487, 58, E4, 19, E5, I042, E2 e 2 apresentaram IMA superior a $45 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e os clones E1, E6, 36, 157, 280, 62 e 10, produtividade inferior a $45 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Tabela 1). No entanto, somente o clone GG100 apresentou produtividade superior a $55 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Alves (2011) constatou que dentre os clones que apresentaram estagnação de crescimento até a idade de 60 meses (19, 62, 280, E6 e 2), a maioria se encontrava entre aqueles de menor produção. Esta tendência, exceto para o clone 19, foi mantida aos 64 meses de idade, sendo que apenas os clone 2 e E6, que tiveram a sétima e décima maiores produções, respectivamente, mantiveram-se no grupo de IMA superior a $45 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Isto indica que os clones que iniciaram estagnação de crescimento aos 60 meses apresentariam baixa produtividade aos 64 meses. Resultado também corroborado nesse estudo, pois nenhum dos clones com produtividade inferior a $45 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ apresentaram previsão de produção superior a $247 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ na projeção de crescimento para 72 e 84 meses.

Tabela 1 – Volume de madeira com casca (Vcc) ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$), para 16 clones de eucalipto, incremento médio anual (IMA) ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) e dose de NPK 10-28-06 (g planta^{-1}), para máxima produção, aos 64 meses de idade, em Vazante, MG

64					
Clone	Vcc	IMA	Dose		
			g planta^{-1}	kg ha^{-1}	
GG100	317.09	a	59.45	205*	228
3487	289.55	ab	54.29	166*	184
58	286.86	ab	53.79	n/s	n/s
E4	266.94	bc	50.05	164*	182
19	264.49	bc	49.59	230*	256
E5	264.45	bc	49.58	194*	173
I 042	257.46	bc	48.27	166*	184
E2	251.08	bcd	47.08	230*	216
2	247.09	bcd	46.33	264*	293
E1	238.03	cde	44.63	n/s	n/s
E6	233.27	cde	43.74	208*	231
36	228.32	cde	42.81	210*	233
157	211.99	de	39.75	208*	231
280	203.15	e	38.09	146*	162
62	195.78	ef	36.71	214*	238
10	157.15	f	29.47	97*	108

(*) Significância ($p \leq 0,05$) quanto aos níveis de adubação pelo teste F. As médias seguidas por mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

A aplicação de uma dose quase três vezes a recomendada pelo Nutricalc do fertilizante ($230 \text{ g planta}^{-1}$) não foi a que promoveu maior produção em volume de madeira das plantas. A aplicação de fertilizantes acima de doses adequadas e requeridas pelas plantas pode não promover incrementos significativos em produção volumétrica, especialmente, em ambiente com deficiência hídrica acentuada no solo (STAPE et al. 2010; SILVA et al., 2013a). A tendência de efeito quadrático da produção para as doses crescentes de adubação indica que existe a estagnação do crescimento com dosagens muito elevadas. Parte da variação observada, poderia ser atribuída a concentração de fertilizante muito próxima às mudas, que poderia causar fitotoxicidade e, ou salinização (ALVES, 2011). Também, a aplicação de doses elevadas do fertilizante pode ter promovido forte estresse osmótico às mudas, acentuada pela deficiência hídrica.

A superioridade do clone GG100 (*E. urophylla* x *E. grandis*) para a produção de madeira, também, foi comprovada por Souza (2011) e Alves (2011) em estudos

realizados na mesma região. Os clones GG100, 3487 e 58, por apresentarem produtividades elevadas (superiores a $53 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), aos 64 meses de idade, são recomendados para plantio na região do estudo. Os clones 280, 62 e 10 não devem ser implantados na região. Porém, os clones 2, 19 e GG100, apesar de apresentarem produção elevada (IMA maior que $45 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), requerem alta demanda de nutrientes para alcançá-la. Ou seja, além de avaliar a produção, deve-se levar em conta, além da eficiência na utilização dos recursos de crescimento, uma análise econômica. Dois fatores devem ser considerados na análise econômica, basicamente, custo e retorno do capital. O custo é revertido principalmente no custo do fertilizante mineral, já que os custos de implantação, condução e manutenção do plantio nesse experimento foram iguais. Outro fator é o uso para o qual o clone é destinado, pois impacta diretamente a rentabilidade.

6. CONCLUSÕES

Para a maioria dos clones de eucalipto avaliados, incrementos em produção foram observados aos 64 meses quando aplicada a fertilização mineral, no entanto, a eficiência de utilização dos recursos de crescimento poderia ser considerada na decisão do material genético a ser utilizado.

As doses de fertilizante requeridas para atingir a máxima produção variou substancialmente entre os clones (97 e 264 g planta⁻¹), indicando a necessidade de recomendação de adubação específica para cada clone.

Os clones GG100, 3487 e 58, por apresentarem produtividades elevadas (superiores a 53 m³ ha⁻¹ ano⁻¹), aos 64 meses de idade, são recomendados para plantio na região do estudo. Os clones 280, 62 e 10 não devem ser implantados na região.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF - Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. 2013. **Anuário estatístico da ABRAF 2013 ano base 2012**. ABRAF, Brasília. 142 pp.

ALVES F.F. **Seca de ponteiros e crescimento de clones de eucalipto em diferentes doses de adubação**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

BARROS, N.F.; BRAGA, J.M.; BRANDI, R.M.; DEFELIPO, B.V. Produção de eucalipto em solos de Cerrado em resposta à aplicação NPK e de B e Zn. **Revista árvore**, v. 5, p. 90-103. 1981.

BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L.; NOVAIS, R.F. Recomendação de fertilizantes minerais em plantios de eucalipto. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (Eds.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. 427p. p. 269-286. il.

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., eds. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. v.2. p.487-592.

BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L.; NOVAIS, R.F. **Fertilidade de solos, nutrientes e produção florestal**. Visão Agrícola 4 (2005): 76-79.

BERGER, R.; SCHNEIDER, PR.; FINGER, C.A.G.; HASELEIN, C.R. Efeito do espaçamento e da adubação no crescimento de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.12, n.2, p.75-87, 2002.

BERNARDO, A.; REIS, M.G.F.; REIS, G.G.; HARRISON, R.B.; FIRME, D.J. Effect of spacing on growth and biomass distribution in *Eucalyptus camaldulensis*, *E. pellita*

and *E. urophylla* plantations in southeastern Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 104, n. 1 - 3, p. 1 - 3, 1998.

BINOTI, D.H.B.; BINOTI, M.L.M.S.; LEITE, H.G.; GLERIANI, J.M.; RIBEIRO, C.A.A.S. Inclusion and effect of spatial characteristics on models of forest regulation. **CERNE**, Lavras, v. 20, n. 1, p. 157-164, mar. 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-77602014000100019>.

BROCKERHOFF, E.G.; JACTEL, H.; PARROTTA, J.A.; FERRAZ, S.F.B. (2012) Role of eucalypt and other planted forests in biodiversity conservation and the provision of biodiversity-related ecosystem services. **Forest Ecology and Management**, 2012. <http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.foreco.2012.09.018>.

BROOKER, M.H.I.; KLEINIG, D.A. **Field guide to Eucalypts**. 3. ed. v.1 Melbourne: Booming books. 2006. 355p.

CACAU, F.V.; REIS, G.G.; REIS, M.G.F.; LEITE, H.G.; ALVES, F.F.; SOUZA, F.C. Decepa de plantas jovens de eucalipto e manejo de brotações, em um sistema agroflorestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 43, p. 1457-1465, 2008.

CAMPOS, J.C.C.; TREVISOL JUNIOR; T.L., TORQUATO, M.C. et al. Aplicação de um modelo compatível de crescimento e produção de densidade variável em plantações de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 10, n. 2, p. 121-134, 1986.

CAMPOS, J.C.C.; LEITE, H.G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 4rd ed. rev. e ampl., Viçosa, MG. Ed. UFV. 2013. 605p.

CARVALHO, K.H.A.; SILVA, M.L.; SOARES, N.S. Efeito da área e da produtividade na produção de celulose no Brasil. **Revista Árvore** [online]. 2012, vol.36, n.6, pp. 1119-1128. ISSN 0100-6762. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622012000600012>.

CASTRO, R.V.O.; SOARES, C.P.B.; MARTINS, F.B.; LEITE, H.G. Growth and yield of commercial plantations of eucalyptus estimated by two categories of models. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 48, n. 3, p. 287-295, mar. 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2013000300007>.

DAVIS, L.S.; JOHNSON, K.N.; BETTINGER, P.; HOWARD, T.E. **Forest management: to sustain ecological, economic, and social values**. 4 ed. Illinois: Waveland, 2005. 804p.

DAVIS, L.S.; JOHNSON, K.N. **Forest management**. 3. ed. New York: MacGraw-Hill Book Company, 1987. 790 p.

DIAS, A.N.; LEITE, H.G.; SILVA, M.L.; CARVALHO, A.F. de. Avaliação financeira de plantações de eucalipto submetidas a desbaste. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.3, p.419-429, 2005.

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

FARIA, G.E.; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.D.; 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**, 26(5), 577-584, 2002.

FARIA, G.E.; BARROS, N.F.; CUNHA, V.L.P.; MARTINS, I. S.; MARTINS, R.C.C. 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.

FONTAN, I.C.I. **Dinâmica de copa e crescimento de clones de eucalipto submetidos a desrama, em sistema agroflorestal**. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

FONTAN, I.C.I.; REIS, G.G.; REIS, M.G.F.; LEITE, H.G.; MONTE, M.A.; RAMOS, D.C.; SOUZA, F.C. Growth of pruned eucalypt clone in an agroforestry system in southeastern Brazil. **Agroforestry Systems**, v. 83, p. 121-131, 2011.

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. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 1069-1079, Aug. 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832010000400007>.

GOLFARI, L. **Zoneamento ecológico do Estado de Minas Gerais para reflorestamento**. Belo Horizonte: PRODEPEF/PNUD/FAO/IBDF, 1975. 65 p. (Série Técnica, 3).

GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L. L.; LACLAU, J.P.; SMETHURST, P.; GAVA, J.L. Silvicultural effects on the productivity and wood quality of eucalypt plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 193, n. 1-2, p. 45-61, 2004.

GONÇALVES, J.L.M.; ALVARES, C.A.; HIGA, A.R.; SILVA, L.D.; ALFENAS, A.C., et al. Integrating genetic and silvicultural strategies to minimize abiotic and biotic constraints in Brazilian eucalypt plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 301, n. 1-2, p. 6-27, 2013.

GROOT, R.; BRANDER, L.; VAN DER PLOEG, S.; COSTANZA, R.; BERNARD, F.; BRAAT, L.; CHRISTIE, M.; CROSSMAN, N.; GHERMANDI, A.; HEIN, L.; HUSSAIN, S.; KUMAR, P.; McVITTIE, A.; PORTELA, R.; RODRIGUEZ, L.; TEN BRINK, P.; VAN BEUKERING, P. (2012) Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. **Ecosystem Services**, v.1, p.50-61, 2012.

IBÁ - Indústria Brasileira de Árvores. **Anuário Estatístico da Indústria Brasileira de Árvores**: ano base 2013. Brasília, DF: IBA, 2014. 97p. Disponível em: <http://www.bracelpa.org.br/shared/iba_2014_pt.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2015.

IBÁ - Indústria Brasileira de Árvores. **Anuário Estatístico da Indústria Brasileira de Árvores**: ano base 2014. Brasília, DF: IBA, 2015. 97p. Disponível em: <http://www.iba.org/shared/iba_2015.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2015.

JACOVINE, L.A.G. VIANA, W.D.; ALVES, R. R.; WALTER, M.K.C.; SILVA, M.L.; VALVERDE, S.R. Environmental approach of companies within the pulp/paper, metallurgical and sugar/alcohol sectors. **Scientia agricola**. (Piracicaba, Braz.) [online]. 2009, vol.66, n.1, pp. 1-7. ISSN 0103-9016. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162009000100001>.

LEITE, H.G.; OLIVEIRA, F.H.T. Statistical procedure to test the identity of analytical methods. **Communications in soil science plant analysis**, v. 33, n. 7/8, p. 1105-1118, 2002.

LEITE, H.G.; NOGUEIRA, G.S.; MOREIRA, A.M. Efeito do espaçamento e da idade sobre variáveis de povoamento de Pinus Taeda L. **Revista Árvore**, v.30, n.4, p.603-612, 2006.

MARCOLIN, M., COUTO, H.T.Z. Modelos de produção e crescimento de Pinus taeda desbastado na região de Telêmaco Borba-PR. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1., 1993. Curitiba, PR. **Anais...** São Paulo: SBS/SBEF, 1993.

MARTINS, I.S.; CRUZ, C.D.; ROCHA, M.G.B.; REGAZZI, A.J.; PIRES, I.E. Comparação entre os processos de seleção entre e dentro e o de seleção combinada em progênies de Eucalyptus grandis. **CERNE** (UFLA), Lavras, MG, v. 11, p. 16-24, 2005.

MILLER, H.G. The influence of stand development on nutrient demand, growth and allocation. **Plant Soil**, 168-169:225- 232, 1995.

NOCE, R.; SILVA, M.L.; SOARES, T.S.; CARVALHO, R.M.M.A. Análise de risco e retorno do setor florestal: produtos da madeira. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 77-84, 2005.

NOGUEIRA, C.A.S. **Estado nutricional e produtividade de plantios de clones híbridos de Eucalyptus grandis e E. urophylla submetidos a diferentes níveis de adubação no vale do Rio Jarí, Pará e Amapá**. 2005. 60f.:il. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém.

OLIVEIRA, C.H.R.; REIS, G.G.; REIS, M.G.F.; XAVIER, A.; STOCKS, J.J. Área foliar e biomassa de plantas intactas e de brotações de plantas jovens de clone de eucalipto em sistemas agrossilvopastoris. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 59-68, 2008.

PALUDZYSZYN FILHO, E.; SANTOS, P.E.T. Programa de melhoramento genético de eucalipto da Embrapa Florestas: resultados e perspectivas. Colombo, PR: EMBRAPA Florestas, 2011. 63p.

PAULA, R.C.; PIRES, I.E.; BORGES, R.C.G.; CRUZ, C.D. Predição de ganhos genéticos em melhoramento florestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, p. 159-165, 2002.

PAULA, R.R.; REIS, G.G.; REIS, MARIA G.F. ; OLIVEIRA NETO, S.N. ; LEITE, H.G.; MELIDO, R.C.N.; LOPES, H.N.S.; SOUZA, F.C. Eucalypt growth in

monoculture and silvopastoral systems with varied tree initial densities and spatial arrangements. **Agroforest Syst**, v. 87, n. 6, p. 1295-1307, 2013.

PIAU, A.M. Mudanças na matéria orgânica do solo causadas pelo tempo de adoção de um sistema agrossilvopastoril com eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 34(1), 43-57. 2010.

POLLI, H.Q.; REIS, G. G.; REIS, M.G.F.; VITAL, B.R.; PEZZOPANE, J.E.M.; FONTAN, I.C.I. Qualidade da madeira em clone de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden submetido a desrama artificial. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n.3, p. 557-566, 2006.

RAMOS, D.C.; REIS, G.G.; REIS, M.G.F.; LEITE, H.G.; STOCKS, J.J.; LIMA, A.P.L.; FARIA, R.S. Thinning effect on plant growth of pruned eucalypt clone. *Rev. Árvore*, Viçosa , v. 38, n. 3, p. 495-503, June 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622014000300012>.

RODE, R.; LEITE, H.G.; SILVA, M.L.; RIBEIRO, C.A.A. S.; BINOTI, D.H.B. The economics and optimal management regimes of eucalyptus plantations: A case study of forestry outgrower schemes in Brazil. **Forest Policy and Economics**, v. 44, p. 26-33, 2014.

RYAN, M.G.; STAPE, J.L.; BINKLEY, D.F.R.A.; LOOS, E.N. Factors controlling *Eucalyptus* productivity: How water availability and stand structure alter production and carbon allocation. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 259, p. 1695 - 1703, 2010.

SILVA, P.H.M.; POGGIANI, F.; LIBARDI, P.L.; GONÇALVES, A.N. Fertilizer management of eucalypt plantations on sandy soil in Brazil: Initial growth and nutrient cycling. **Forest Ecology and Management**, v.301, p.6778, 2013a.

SILVA, W.C.M.; RIBEIRO, A.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F.; LEITE, F.P. Water balance model and eucalyptus growth simulation in the Rio Doce basin, Brazil. **Acta Scientiarum. Agronomy** (Online), v. 35, p. 403-412, 2013b. <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v35i4.16955>

SOUSA, E.P.; SOARES, N.S.; SILVA, M.L.; VALVERDE, S.R. Performance of the forest section for brazilian economy: an approach of the input-output matrix. **Revista Árvore** [online]. 2010, vol. 34, n.6, pp. 1129-1138. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622010000600019>.

SOUZA, F.C. **Crescimento e potencial energético de plantas intactas e de brotações de plantas jovens de clones de eucalipto**. 2011. 54p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SOUZA, F.C.; REIS, G.G.; REIS, M.G. F.; LEITE, H.G.; ALVES, F.F.; FARIA, R.S.; PEREIRA, M.M. Sobrevivência e Diâmetro de Plantas Intactas e Brotações de Clones de Eucalipto. *Floresta e Ambiente*, v. 19, p. 44-54, 2012.

STAPE, J.L. Modelos ecofisiológicos têm aplicação ampliada. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v.4, p.108-109, 2005.

STAPE, J.L.; BINKLEY, D.; JACOB, W.S.; TAKAHASHI, E.N. A twin-plot approach to determine nutrient limitation and potential productivity in eucalyptus plantations at landscape scales in Brazil. **Forest Ecology and Management.**, 223, p. 358-362, 2006.

STAPE, J.L.; BINKLEY, D.; RYAN, M.G.; FONSECA, R.A.; LOOS, R.A. The Brazil eucalyptus potential productivity project: influence of water, nutrients and stand uniformity on wood production. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 259, p. 1684 - 1694, 2010.

VALE, R.S.; MACEDO, R.L.G.; VENTURINI, N.; MORI, F.A.; MORAIS, A.R. Efeito da desrama artificial na qualidade da madeira de clones de eucalipto em sistema agrosilvipastoril. **Revista Árvore**, v. 26, n.3, p. 285-297, 2002.

VANCLAY, J.K. **Modelling forest growth and yield**: applications to mixed tropical forests. Copenhagen: CAB International, 1994. 312p.

VERSINI, A.; ZELLER, B.; DERRIEN, D.; MAZOUIMBOU, J.C.; MARESCHAL, L.; SAINT-ANDRÉ, L.; RANGER, J.; LACLAU, J.P. The role of harvest residues to sustain tree growth and soil nitrogen stocks in a tropical *Eucalyptus* plantation. **Plant Soil** v. 376, p. 245-260, 2014.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R.L. **Silvicultura Clonal** - Princípios e Técnicas. 2. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2013. v. 1. 279p.