

JOSIMAR RODRIGUES OLIVEIRA

**CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E EFICIÊNCIA NUTRICIONAL DE
GENÓTIPOS DE EUCALIPTO EM DIFERENTES CONDIÇÕES
EDAFOCLIMÁTICAS DE MINAS GERAIS**

Tese apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Programa de Pós-
Graduação em Solos e Nutrição de
Plantas, para a obtenção do título de
Doctor Scientiae

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2017

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

T

O48c
2017

Oliveira, Josimar Rodrigues, 1989-

Crescimento, produção e eficiência nutricional de genótipos de eucalipto em diferentes condições edafoclimáticas de Minas Gerais / Josimar Rodrigues Oliveira. – Viçosa, MG, 2017.
xiv, 150f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui apêndices.

Orientador: Nairam Félix de Barros.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Eucalipto. 2. Déficit Hídrico. 3. Plantas - Nutrição.
4. Plantas - Crescimento. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Solos. Programa de Pós-graduação em Solos e
Nutrição de Plantas. II. Título.

CDD 22. ed. 634.973766

JOSIMAR RODRIGUES OLIVEIRA

**CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E EFICIÊNCIA NUTRICIONAL DE
GENÓTIPOS DE EUCALIPTO EM DIFERENTES CONDIÇÕES
EDAFOCLIMÁTICAS DE MINAS GERAIS**

Tese apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Programa de Pós-
Graduação em Solos e Nutrição de
Plantas, para a obtenção do título de
Doctor Scientiae

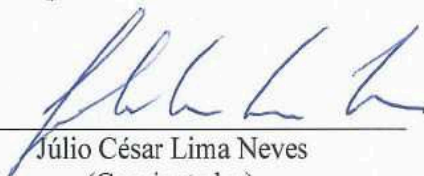
APROVADA: 23 de fevereiro de 2017



Guilherme Luiz de Jesus



Haroldo Nogueira de Paiva



Júlio César Lima Neves
(Coorientador)



Reynaldo Campos Santana



Nairam Félix de Barros
(Orientador)

(...) Lutar, Lutar, Lutar... Com toda a nossa raça pra vencer (...)

Vicente Motta

Dedico essa tese aos professores Dr. Liovando Marciano da Costa, Dr. Nairam Félix de Barros e Dr. Júlio César Lima Neves, que me deram a oportunidade e todo apoio para continuar realizando o curso de Doutorado, concomitantemente com as atividades laborais e não mediram esforços para ajudar-me no decorrer dessa caminhada. Dedico à minha família e à população da minha querida terra natal, Bambuí - MG.

AGRADECIMENTOS

À Deus, fonte de toda sabedoria e inspiração da mente humana, que está sempre ao meu lado, que levantou-me nos momentos mais difíceis dessa caminhada e mostrou que de fato, tudo posso naquele que me fortalece. À Nossa Senhora Aparecida que está sempre intercedendo ao Senhor e guiando meus passos.

Ao meu pai, João Batista Oliveira e minha mãe, Marluce Rodrigues Oliveira que me ensinaram desde cedo à importância de conquistar os nossos sonhos por meio do esforço próprio, com sabedoria, humildade e dedicação.

À minha irmã querida, pela amizade, companheirismo e por tornar meus dias mais alegres quando estamos juntos. Você é muito importante na minha vida!

Ao meu avô Geraldo Lopes Oliveira (*in memoriam*) e minha avó Terezinha Ferreira de Jesus. Principalmente pelos incentivos do meu avô, que apesar de não saber ler e escrever, criou dez filhos com dignidade e sempre nos incentivou a ter os estudos como o melhor caminho para a vida.

À minha esposa Thamara Júlia Santos Lopes Oliveira, que sempre aguentou minhas “lamúrias” nos momentos mais difíceis e tornou essa caminhada mais agradável pela sua positividade, pelas palavras e ações motivadoras para que pudesse superar os obstáculos.

À família da minha esposa, especialmente à Maria Aparecida Alves e José Daniel Lopes pela amizade e apoio.

Ao meu grande amigo de infância, Thiago de Souza Silva que mesmo estando longe faz os meus dias mais alegres com seu companheirismo, suas mensagens e ligações, dando a certeza de que no mundo em que vivemos ainda existem amizades verdadeiras.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV) e ao Departamento de Solos, pela oportunidade de realizar esse curso de pós-graduação em nível de Doutorado.

À Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), especialmente àqueles professores e servidores, que de alguma forma contribuíram para que conseguisse realizar esse curso concomitantemente às minhas atividades laborais.

Ao Programa de Extensão Universitária (PROEX) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior e ao portal Brasil Agrícola pelo auxílio financeiro a parte dos estudos.

Ao Professor Dr. Liovando Marciano da Costa, coordenador do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, pela compreensão, consideração, sabedoria compartilhada, por ter me ajudado nos momentos mais difíceis que passei e por mostrar-me um lado humano fantástico, ensinando-me princípios pessoais que levarei por toda a vida.

Ao Professor Dr. Rafael Bragança Alves Fernandes, que assumiu recentemente a coordenação do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, por todo o apoio e compreensão para que pudesse terminar o curso com sucesso.

Ao Professor Dr. Nairam Félix de Barros por ter me acolhido como orientando, pela paciência, parceria, paternalismo, positividade e confiança na realização desse projeto. Um verdadeiro exemplo de que os maiores sábios são aqueles que carregam a humildade consigo.

Ao Professor Dr. Júlio César Lima Neves pela coorientação deste trabalho e pela participação nas bancas de qualificação e defesa. Agradeço pela confiança, pelas verdadeiras aulas de estatística e engenharia florestal, pela amizade e apoio.

À amiga Prof. M.Sc. Ana Lúcia Coutinho Galvão, da Universidade Federal de Viçosa, por todo incentivo, pela amizade e pelas orações tão valiosas que certamente abençoaram de maneira especial essa minha caminhada.

À minha amiga e fiel escudeira Marcela Alves Reis de Freitas Leal que sempre contribuiu comigo na época que trabalhamos juntos na Universidade Federal de Viçosa, por tornar minha caminhada menos árdua e sempre me socorrer nos momentos de apuros que mais precisei.

Aos amigos do Departamento de Economia Doméstica da UFV, Daniel Inácio Vitor, Edu Rabello, Efigênia de Aguiar Ferreira Moreira, Francisco Carlos de Oliveira (Preguinho), Maria Helena Batista, Roberto Otaviano Alves de Lima, Rosimeire Veríssimo Nascimento e Rita de Cássia Bhering Ramos Pereira, por todo apoio, amizade e por trazerem um pouco mais de alegria aos meus dias.

À Professora Dr. Rita de Cássia Pereira Farias, da Universidade Federal de Viçosa por todo apoio, compreensão e amizade durante o tempo que convivemos.

Ao Médico Veterinário, M.Sc. Leandro Pereira de Assis, da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri que atuava como Chefe da Divisão

de Fazendas quando ingressei na instituição e nunca colocou impedimentos para que continuasse meus estudos de maneira conciliada com o trabalho.

Ao professor Dr. José Luiz Stape, Rafaela Lorenzato Carneiro e demais integrantes do Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF), pelas valiosas contribuições e por permitir o desenvolvimento do nosso estudo com dados gerados nas áreas do Programa Cooperativo sobre Tolerância de *Eucalyptus* Clonais aos Estresses Hídricos e Térmicos (TECHS).

Aos pesquisadores Dr. Nairam Félix Barros Filho e Marcos do Carmo, da empresa The Timber Group Brasil Investimentos Florestais LTDA pelo apoio em relação ao planejamento e equipamentos necessários para a coleta de dados no município de Coração de Jesus-MG.

Ao pesquisador Carlos Eduardo Afonso, da empresa Planejamento Técnico e Administrativo de Reflorestamentos (Plantar) que não mediu esforços para nos prestar apoio técnico e operacional para as avaliações e coleta de amostras realizadas em Coração de Jesus-MG.

Aos administradores e funcionários da empresa Carpelto Serviços Florestais, pelo apoio fundamental para as avaliações em campo e coleta de amostras, no município de Coração de Jesus-MG.

Ao pesquisador Dr. Fernando Palha Leite, da empresa Celulose Nipo-Brasileira S/A (Cenibra), pela oportunidade de trabalhar com dados das áreas experimentais de Belo Oriente e Guanhães e pelo apoio necessário.

Ao pesquisador Dr. Guilherme Luiz de Jesus, da Cenibra, pela valiosa colaboração, pelos contatos amigáveis, pela presteza em esclarecer as informações necessárias e pela participação e contribuição na banca de defesa.

Aos Professores Dr. Leonardus Vergütz e Dr. Reinaldo Bertola Cantarutti pela participação no exame de qualificação e pelas importantes contribuições por meio de críticas e sugestões para o desenvolvimento desse trabalho.

À Professora M.Sc. Laís Grazielle Silva pelo importante aprendizado que proporcionou-me na área de engenharia florestal, pela paciência, disponibilidade, dedicação e disposição em contribuir com a análise de dados do terceiro capítulo desta tese.

Ao Professor Dr. Haroldo Nogueira de Paiva, pela participação na banca de defesa, pelas importantes sugestões e contribuições.

Ao Professor Dr. Reynaldo Campos Santana pela participação nas bancas de qualificação e de defesa, pelas importantes contribuições e sugestões para o desenvolvimento desse trabalho.

À Doutoranda Nathália Faria da Silva pela amizade e ajuda nos momentos em que precisei de sua colaboração.

Aos técnicos de laboratório do Departamento de Solos (UFV) que foram fundamentais no apoio técnico-operacional das análises realizadas nesses experimentos, especialmente ao José Alberto Cardoso, José Roberto Valente e Poliana Gonçalves da Silva.

Aos técnicos administrativos da secretária da pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas: Luciana de Castro Freitas e Nayan Rodrigues Andrade pela excelente dedicação e atendimento prestado aos estudantes desta Universidade.

Aqueles que, por ventura, deixei de citar nominalmente, mas sabem que foram fundamentais para que eu conseguisse chegar até aqui...Muito Obrigado de todo coração! Vocês me ajudaram a vencer essa etapa com louvor, o filho daquele pequeno comerciante e da dona de casa agora pode ser chamado de Doutor.

BIOGRAFIA

JOSIMAR RODRIGUES OLIVEIRA, filho de Marluce Rodrigues Oliveira e João Batista Oliveira, nasceu em 09 de fevereiro de 1989, no município de Bambuí, região centro-oeste de Minas Gerais.

Estudou no Centro Federal de Educação Tecnológica de Bambuí (CEFET) nos anos de 2004 a 2007, onde realizou o ensino médio e o curso profissionalizante de nível Técnico em Agricultura & Zootecnia.

No ano de 2007 iniciou a Graduação em Agronomia pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG) – *Campus* Bambuí, recebendo o título de Bacharel em Agronomia, em julho de 2011.

Ingressou no Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal de Viçosa (UFV) em agosto de 2011 e obteve o título de *Magister Science* em junho de 2013.

Trabalhou como Assistente Administrativo na Universidade Federal de Viçosa (UFV) entre junho de 2013 e outubro de 2014, tendo sido nomeado para exercer o cargo de Engenheiro Agrônomo a partir de outubro de 2014 na Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), no município de Diamantina-MG.

Nesse mesmo período foi aprovado para continuar seus estudos em nível de Doutorado, por meio do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas da UFV, defendendo a tese em fevereiro de 2017.

SUMÁRIO

RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUÇÃO GERAL.....	01
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	05
CAPÍTULO I - CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE GENÓTIPOS DE EUCALIPTO EM DIFERENTES CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS	08
RESUMO.....	08
ABSTRACT.....	09
INTRODUÇÃO.....	10
MATERIAL E MÉTODOS.....	11
RESULTADOS.....	21
DISCUSSÃO.....	29
CONCLUSÕES.....	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38
CAPÍTULO II - NUTRIÇÃO DE GENÓTIPOS DE EUCALIPTO É INFLUENCIADA PELAS CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS DOS SÍTIOS DE CULTIVO.....	43
RESUMO.....	43
ABSTRACT.....	45
INTRODUÇÃO.....	47
MATERIAL E MÉTODOS.....	49
RESULTADOS.....	57
DISCUSSÃO.....	83
CONCLUSÕES.....	88
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	90

CAPÍTULO III - CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E CONTEÚDO DE NUTRIENTES DE GENÓTIPOS DE EUCALIPTO SOB RESTRIÇÃO HÍDRICA.....	95
RESUMO.....	95
ABSTRACT.....	97
INTRODUÇÃO.....	99
MATERIAL E MÉTODOS.....	101
RESULTADOS.....	107
DISCUSSÃO.....	120
CONCLUSÕES.....	128
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	129
CONCLUSÕES GERAIS.....	134
APÊNDICE A.....	135
APÊNDICE B.....	141
APÊNDICE C.....	143
APÊNDICE D.....	149

RESUMO

OLIVEIRA, Josimar Rodrigues, D. Sc., Universidade Federal de Viçosa, Fevereiro de 2017. **Crescimento, produção e eficiência nutricional de genótipos de eucalipto em diferentes condições edafoclimáticas de Minas Gerais.** Orientador: Nairam Félix de Barros. Coorientador: Júlio César Lima Neves.

A presente tese foi redigida em três capítulos que abordam os efeitos das condições edáficas e ambientais sobre o crescimento, a produtividade e os aspectos nutricionais de clones de eucalipto. No primeiro capítulo foi analisado o crescimento e a produtividade de seis clones de eucalipto plantados nas regiões de Belo Oriente, Coração de Jesus e Guanhães. O segundo capítulo aborda os aspectos nutricionais dos seis materiais genéticos nos três sítios. No terceiro capítulo foi apresentado o estudo do crescimento, produtividade e estado nutricional de quatro clones de eucalipto que foram submetidos à duas condições de precipitação, no município norte mineiro de Coração de Jesus. Os três trabalhos foram desenvolvidos em áreas pertencentes a empresas do setor florestal e integram a rede experimental de Tolerância de Clones de Eucaliptos aos Estresses Hídricos e Térmicos, coordenada pelo Instituto de Estudos e Pesquisas Florestais (IPEF) de Piracicaba. Com a idade de 47 meses após o plantio, três árvores de cada parcela experimental com circunferência em torno da média foram abatidas para realizar avaliações dendrométricas e coleta de amostras para análise nutricional, que deram origem aos dados apresentados nos dois primeiros capítulos. Por meio das variáveis dendrométricas obtidas calculou-se o diâmetro a altura do peito (DAP), diâmetro quadrático, volume de lenho, volume de tronco, densidade do lenho, Incremento Médio Anual (IMA) e área basal. Foi avaliada a produção e partição de massa dos clones de eucalipto nas diferentes condições edafoclimáticas. Para avaliar os aspectos nutricionais desses clones nos diferentes locais em que foram cultivados, calcularam-se o conteúdo, a partição e a eficiência de utilização dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) nos compartimentos da parte aérea das árvores. No terceiro capítulo, considerando-se que no experimento, para cada clone estudado, existia uma parcela que recebia a precipitação normal e outra da qual se removia parcialmente a água advinda da chuva, para avaliar o efeito dessa exclusão no crescimento e nutrição de quatro clones de eucalipto. Foram realizadas análises de crescimento com base nos inventários florestais realizados no intervalo de 22 a 51 meses após o plantio e

estimativa de produtividade (volume e massa do tronco). A coleta de material vegetal para análise química dos teores de nutrientes na casca e no lenho foi realizada aos 52 meses, após o plantio, procedendo-se à estimativa de conteúdo de macronutrientes no tronco. O crescimento e a partição de massa dos componentes das árvores é influenciada pelas condições de clima e pelas características do solo, como CAD e nível de déficit hídrico. A alocação de massa na copa (folhas e galhos) aumentou à medida que a restrição hídrica tornou-se mais severa. Em áreas com altitude e precipitação similar, o tipo de solo, a distribuição de chuvas ao longo do ciclo, a localização geográfica (latitude, longitude e macroclima) e variáveis climáticas como o DPV, radiação solar média anual e insolação são definidoras do potencial de produção do eucalipto. O efeito da restrição hídrica se intensifica na idade de 40 meses após o plantio. Os clones apresentam ritmo e forma de crescimento, conteúdo e eficiência de utilização de nutrientes diferenciados, independentemente da disponibilidade de água. O acúmulo de K e Ca na copa, principalmente em condições de maior déficit hídrico e maior demanda evaporativa, também pode refletir os mecanismos fisiológicos que esses clones utilizam para manter o crescimento e a produção nas áreas estudadas. A eficiência no controle estomático, no uso da água e da luz solar pelos clones mais produtivos, além do espessamento das paredes celulares podem ser algumas das estratégias utilizadas.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Josimar Rodrigues, D. Sc., Universidade Federal de Viçosa, February 2017. **Growth, yield and nutritional efficiency of *Eucalyptus* genotypes in different edafoclimatic conditions of Minas Gerais State, Brazil.** Advisor: Nairam Félix de Barros. Co-Advisor: Júlio César Lima Neves.

The present thesis was written in three chapters that address the effects of edaphic and environmental conditions on the growth, productivity and nutritional aspects of *Eucalyptus* clones. In the first chapter the growth and productivity of six eucalyptus clones planted in the Belo Oriente, Coração de Jesus and Guanhães countries, State of Minas Gerais, Brazil, were analyzed. The second chapter addresses the nutritional aspects of the six genetic materials at the three different sites. In the third chapter was presented the study of the growth, productivity and nutritional status of four *Eucalyptus* clones that were submitted to two precipitation conditions, in the northern of Minas Gerais State. The three studies were developed in areas belonging to forestry companies and are part of the Experimental Network coordinated by Institute for Forest Studies and Research (IPEF). Forty seven months after planting, three trees with circumference around the mean, from each experimental plot, were harvested to perform dendrometric evaluations and sample collection for nutritional analysis. Diameter at breast height (DBH), quadratic diameter, wood volume, trunk volume, wood density, Mean Annual Increment in stem volume (MAI) and basal area were calculated by means of the dendrometric variables obtained. The biomass production and partitioning of *Eucalyptus* clones under different edaphoclimatic conditions was evaluated. In order to evaluate the nutritional aspects of these clones in the different sites, the content, the partition and the efficiency of utilization of nutrients (N, P, K, Ca, Mg and S) were calculated. In the third chapter, trees of four eucalypt clones were submitted to the normal rainfall of the region or to partial reduction of the rainfall during 51 months. Growth analyzes were carried out based on the forest inventories performed in the interval of 22 to 51 months after planting and estimated nutrient content in the stem at 52 months of age. The growth and mass partitioning of tree components is influenced by climate conditions and soil characteristics, such as CAD and water deficit level. The results showed the effect of climate (deficit of water vapor, mean annual solar

radiation) and soil characteristics (clay content, water holding capacity) on volume growth and biomass accumulation. Biomass allocation to canopy increased with water restriction intensity. The effect of water deficit on tree growth intensified as trees aged. Growth pattern and efficiency of nutrient utilization were more strongly affected by clones than by water availability. Potassium and calcium accumulation in the tree associated with stomatal control and water use efficiency may be related to strategies to mitigate water deficit.

INTRODUÇÃO GERAL

A disponibilidade de água e de nutrientes são fatores determinantes da produtividade dos plantios florestais na região tropical (Barros e Comerford, 2002). Por isso, o manejo racional da fertilidade dos solos e a maximização do aproveitamento da água das chuvas são preocupações permanentes nas empresas florestais. Barros et al. (1984) destacaram que as técnicas de adubação do eucalipto eram empíricas e muitas das vezes generalizadas para o plantio no Brasil, sem levar em consideração os tipos de solos, espécies e épocas de plantio. Atualmente, muitas empresas já adotam recomendações site-clone específicas que contribuem para a sustentabilidade florestal. Contudo, com o avanço dos plantios para novas regiões do país, há necessidade de melhor conhecimento das demandas nutricionais dos materiais genéticos cultivados, tendo em vista a forte interação que esses materiais têm com o ambiente de plantio (Stape et al., 2015), especialmente alguns fatores climáticos que determinam a taxa de crescimento das árvores. Este fato tem estimulado a parceria de empresas florestais com instituições de pesquisas para que conhecimentos gerados possam ser aplicados no campo e favorecer a obtenção do máximo potencial de crescimento dos materiais genéticos de *Eucalyptus*.

O estado de Minas Gerais, devido a sua extensão territorial, apresenta grande diversidade de solos e de clima. Os plantios mais extensos se localizam em áreas do bioma Cerrado e na região do Vale do Rio Doce, onde o clima é estacional e a restrição hídrica varia em sua intensidade de acordo com a precipitação pluviométrica, textura do solo e altitude do local de plantio. Plantios em locais de baixa altitude sofrem mais a falta de água em razão da maior demanda evapotranspiracional, enquanto que aqueles situados em altitudes mais elevadas ficam menos submetidos ao estresse, em razão de temperaturas noturnas mais baixas. Da mesma forma, solos mais arenosos retêm menos água.

Stape (2002) relatou para um clone de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, plantado na região nordeste do Brasil, que a questão hídrica foi o principal fator controlador da produtividade. A precipitação pluviométrica, evapotranspiração e a temperatura (máximas e mínimas) foram as variáveis climáticas que mais interferiram no incremento corrente anual em altura de *Eucalyptus grandis* no norte do Espírito Santo e Sul da Bahia (Maestri, 2003).

Souza et al. (2006a) avaliaram o histórico da disponibilidade hídrica no Vale do Rio Doce, durante os anos de 1985 a 1998 e a influência na produtividade do eucalipto. Durante o período estudado, esses autores observaram uma deficiência hídrica média de 504, 147 e 194 mm anuais em Belo Oriente, Nova Era e Guanhães, respectivamente. Esse déficit hídrico afetou a produtividade de madeira, havendo uma correlação positiva entre a quantidade de chuvas em cada ano e o ganho de volume de tronco das árvores. Um segundo estudo realizado por Souza et al. (2006b) na região de Guanhães, utilizando os mesmos dados climáticos para avaliar a relação entre a disponibilidade hídrica e a produtividade do eucalipto em diferentes idades, confirmou que ocorre maior crescimento durante os períodos classificados como chuvosos ou muito chuvosos, em razão da maior precipitação pluviométrica em anos seguidos.

No município de Belo Oriente, foi conduzido experimento com clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* para calcular o consumo de água em plantios com dois anos de idade (Carneiro et al., 2008a; Carneiro et al., 2008b). No experimento, uma parcela foi conduzida com irrigação e a outra não irrigada. Os autores não encontraram diferença no crescimento das árvores em função do tratamento e não detectaram variação significativa em parâmetros de troca gasosa, como a condutância estomática. Devido a isso, levantou-se a hipótese de que o curto período de avaliação não permitiu que diferença significativa fosse detectada.

A condutância estomática geralmente reduz em horários mais quentes, o que evita que o potencial hídrico das folhas atinja um nível abaixo do considerado crítico para estabilidade do sistema de transporte de água (Oren et al., 1999). Fernandes et al. (2012) avaliaram durante cinco anos os efeitos da irrigação e da nutrição mineral em *Eucalyptus grandis* cultivado no Triângulo Mineiro. Os autores relataram que apesar das árvores irrigadas obterem maior incremento em altura e no diâmetro a altura do peito, o crescimento e desenvolvimento das plantas cultivadas em área não irrigada se assemelharam aos da área irrigada em razão da ocorrência de anos mais chuvosos que o normal para a região. Contudo, resposta positiva foi obtida para a fertilização mineral. Os resultados desses trabalhos indicam a necessidade de controle de vários fatores ao mesmo tempo para que se quantifiquem os efeitos da restrição hídrica no crescimento do eucalipto.

Santana et al. (2000), avaliando a produção de massa, conteúdo e uso de nutrientes e água pelo eucalipto em diferentes regiões do Brasil, indicaram três regiões de Minas Gerais onde as condições de déficit hídrico para a espécie foram classificadas como forte a moderada (1100 a 1400 mm – Altitude de 800 a 900 m), moderada (1000 a 1200 mm – Altitude de 300 a 700 m) e pequena a moderada (1200 a 1500 mm – Altitude de 600 a 1000 m). Apesar dos níveis de precipitação similares, as temperaturas médias, a demanda evaporativa e a textura do solo de cada região foram definidoras da produção. A menor produtividade foi constatada no sítio com déficit hídrico forte a moderado, onde obteve-se menos de $7 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de massa do tronco.

No Estado, há também, em geral, restrição nutricional, pois os solos onde o eucalipto é cultivado apresentam baixa fertilidade, requerendo emprego de corretivos e fertilizantes para elevar a produtividade florestal. O fato da cultura do eucalipto ser conduzida por vários anos até a idade de corte, requer uma boa base nutricional nos primeiros 18 a 24 meses após o plantio.

Do exposto até então, fica evidente que a base para a sustentabilidade da produção de eucalipto nas regiões tropicais está pautada na manutenção de bons níveis de nutrientes e a disponibilidade de água no solo (Neves, 2000; Barros e Comerford, 2002). Esta afirmativa foi comprovada por Santana et al. (2008) que, estudando a alocação de nutrientes em plantações de eucalipto, em diversas regiões do Brasil, observaram relação positiva entre a precipitação dos seis meses mais secos e a precipitação média anual com o conteúdo de nutrientes nas árvores.

A relação entre água e nutrientes é clara quando se trata de processos no solo, mas não tem sido muito estudada em plantas. Enquanto o emprego de materiais genéticos mais tolerantes à seca tem sido a estratégia utilizada pelas empresas florestais para reduzir os efeitos prejudiciais da restrição hídrica, estudos recentes (Nunes, 2010; Reis, 2011; Barros Filho, 2014; Hodecker et al., 2014; Hodecker, 2015) sinalizam a possibilidade de efeito mitigador da nutrição em plantas submetidas ao estresse hídrico. Morais (1999) já observou sintomas visuais de deficiência de boro, em Latossolos de textura arenosa do Norte e Noroeste de Minas Gerais, devido aos baixos teores desse elemento no solo associado ao déficit hídrico.

Nesse sentido, a aplicação de nutrientes como potássio e boro tem sido adotada também para mitigar os efeitos da seca (Reis, 2011). Portanto, conhecer as exigências nutricionais dos materiais genéticos de eucalipto cultivados na

região é de grande importância para viabilizar a condução de florestas comerciais em regiões com maior restrição hídrica. Considerando-se as regiões do Rio Doce e Norte de Minas Gerais, informações sistematizadas sobre as exigências nutricionais dos clones comerciais plantados e como períodos mais ou menos secos interferem na absorção e na alocação de nutrientes nas árvores não estão ainda disponíveis. Uma das hipóteses que podem ser levantadas é que materiais mais tolerantes à seca possam ser mais exigentes em potássio, porque uma das suas funções primordiais é o controle estomático das plantas (Taiz e Zeiger, 2009). Nutrientes envolvidos na morfologia de determinados órgãos da planta e na estabilidade de paredes celulares, como o cálcio e boro, podem também ser mais exigidos nessas condições.

Trabalhos recentes têm demonstrado diferenças nas exigências hídricas e nutricionais de genótipos de eucalipto. Barros Filho (2015) reportou diferenças de produtividade e de sobrevivência de clones de eucalipto no município de Coração de Jesus, MG, em resposta a períodos de seca mais ou menos prolongada. Mesmo nas áreas tradicionais de plantio, os efeitos de variações de regime hídrico e térmico intra- e inter-anual, devido às mudanças climáticas, demandam uma maior compreensão da sensibilidade de clones a esses estresses (Stape et al., 2015). Portanto, esse tipo de trabalho deve ser desenvolvido em várias condições de clima e solo para melhor entendimento da dinâmica desses fatores e sua interferência no estado nutricional de diferentes clones. Esse tipo de estudo, também permite avaliar aqueles materiais genéticos que se destacam em determinada região e apresentam maior potencial produtivo, mesmo em condições adversas. Além disso, estudos realizados no campo diferem de estudos realizados em condições controladas em razão, principalmente, da maior demanda evaporativa e maior variação climática em condições de campo (Otto et al., 2013; Hodecker, 2015), permitindo uma avaliação da diversidade de mecanismos (morfológicos, fisiológicos, nutricionais, entre outros) envolvidos na interação genótipo x ambiente.

Dentro desse contexto, nesta tese avaliaram-se o crescimento, produção e a eficiência nutricional de genótipos de eucalipto cultivados em três condições edafoclimáticas de Minas Gerais, sendo o tema motivo de três capítulos. No Capítulo I, analisaram-se o crescimento e a produção de seis clones de eucalipto plantados nas regiões de Belo Oriente, Coração de Jesus e Guanhães. A hipótese levantada nesse capítulo foi que um mesmo genótipo de eucalipto apresenta

produção e alocação de massa diferenciada, dependendo do local em que está sendo cultivado, em função dos mecanismos desenvolvidos frente às interações da árvore com as características de solo e as variações ambientais.

O Capítulo II abordou os aspectos nutricionais desses seis clones nos três sítios. As hipóteses desse capítulo foram que as condições ambientais mais restritivas interferem negativamente no acúmulo e eficiência de utilização dos nutrientes; o déficit hídrico no solo, associado aos maiores DPV's interferem no acúmulo de nutrientes, em cada ambiente de cultivo e que determinados clones apresentam eficiência nutricional diferenciada como reflexo dos mecanismos fisiológicos envolvidos na sua adaptação a ambientes mais restritivos.

No terceiro capítulo foi apresentado o estudo do crescimento, produção e estado nutricional de quatro clones de eucalipto, que foram submetidos à condição de precipitação normal ou à retirada parcial de água de chuva, em área experimental do município de Coração de Jesus. Este município se enquadra em uma área do Norte de Minas Gerais, que representa uma grande parte desse território onde a restrição hídrica é naturalmente mais severa. Portanto, as hipóteses levantadas foram que a restrição hídrica mais severa pode inviabilizar a produção de eucalipto em regiões com características edafoclimáticas similares à Coração de Jesus; as restrições hídricas em locais com altitude elevada causam menor prejuízo relativo ao crescimento e nutrição do eucalipto; a retirada parcial da água de chuva reduz o conteúdo de macronutrientes nas árvores; os genótipos apresentam diferentes comportamentos de produção e nutrição em função da disponibilidade de água e das variações ambientais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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. de; MELLO, J. W. V. de; COSTA, L. M. (Eds.). Tópicos em ciência do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS), 2002. v. 2, p. 487- 592.
- BARROS, N.F.; SILVA, O.M.; PEREIRA, A.R.; BRAGA, J.M.; LUDWIG, A. Análise do crescimento de *Eucalyptus saligna* em solo de cerrado sob diferentes níveis de N, P, e K no Vale do Jequitinhonha. IPEF, 26:13-17, abr.1984.
- BARROS FILHO, N.F. Discriminação isotópica do ¹³C e nutrição com cálcio e boro em clones submetidos ao déficit hídrico. UFV: Viçosa, 2014. (Tese de Doutorado).

- CARNEIRO, R.L.C.; RIBEIRO, A.; HUAMAN, C.A.M.; LEITE, F.P.; SEDIYAMA, G.C.; BARROS, N.F. Consumo de água em plantios de eucalipto: parte 1 Determinação da condutância estomática em tratamentos irrigados e não-irrigados. *Rev. Árvore*. 32:1-10, 2008a .
- CARNEIRO, R.L.C. RIBEIRO, A.; HUAMAN, C.A.M.; LEITE, F.P.; SEDIYAMA, G.C.; NEVES, J.C.L. Consumo de água em plantios de eucalipto: parte 2. Modelagem da resistência estomática e estimativa da transpiração em tratamentos irrigados e não-irrigados. *Rev. Árvore*. 32: 11-18, 2008b.
- FERNANDES, A.L.T.; THAILA DE M., F.; FARIA, M.F.. Análise biométrica de florestas irrigadas de eucalipto nos cinco anos iniciais de desenvolvimento. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.*, Campina Grande , 16: 505-513, 2012 .
- HODECKER, B.E.R.; BARROS, N. F.; SILVA, I. R.; DIOLA, V.; SARKIS, J.E.S.; LOUREIRO, M.E.. Boron delays dehydration and stimulates root growth in *Eucalyptus urophylla* (Blake, S.T.) under osmotic stress. *Plant and Soil (Print)*, 384: 185-199, 2014.
- HODECKER, B.E.R. Comparison of drought stress responses of tolerant and sensitive eucalypt genotypes. UFV: Viçosa, 2015. (Tese de Doutorado).
- MAESTRI, R. Modelo de crescimento e produção para povoamentos clonais de *Eucalyptus grandis* considerando variáveis ambientais. 2003. 143f. Dissertação (Doutorado em Engenharia Florestal) — Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.
- MORAIS, E.J. O uso do boro em plantios de eucalipto na região norte e noroeste de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO SOBRE O USO DO BORO EM FLORESTAS DE EUCALIPTO, 2., Piracicaba, 1999. Trabalhos... Piracicaba: IPEF, 1999. p.2-45.
- NEVES, J. C. L. Produção e partição de biomassa, aspectos nutricionais e hídricos em plantios clonais de eucalipto na região litorânea do Espírito Santo. 2000. 192 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF), Campos dos Goitacazes, 2000.
- NUNES, F.N. Crescimento e expressão génica em clones de eucalipto influenciados pelo boro e déficit hídrico. UFV: Viçosa, 2010. (Tese de Doutorado).
- OREN, R.; SPERRY, J.S.; KATUL, G.G.; PATAKI, D.E.; EWERS, B.E.; PHILLIPS, N.; SCHAFER, K.V.R. 1999. Survey and synthesis of intra- and interspecific variation in stomatal sensitivity to vapour pressure deficit. *Plant, Cell and Environment*, 22 (12): 1515-1526.
- OTTO, M.S.G.; VERGANI, A.R.; GONÇALVES, A.N.; VRECHI, A.; SILVA, S.R.; STAPE, J.L. Fotossíntese, condutância estomática e produtividade de clones de *Eucalyptus* sob diferentes condições edafoclimáticas. *Rev. Árv.*, 3: 431-439, 2013
- REIS, B.E. Expressão de genes relacionados à tolerância do eucalipto à seca influenciada pelo boro. Universidade Federal de Viçosa, 2011. (Dissertação de Mestrado).
- 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 Forestry Science*, v. 30, n. 1, p. 225-236, 2000.
- SANTANA, R.C.; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; LEITE, H.G.; COMERFORD, N.B. Alocação de nutrientes em plantios de eucalipto no Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32(spe), 2723-2733. 2008.
- SOUZA, M.J.H. de et al. Disponibilidade hídrica do solo e produtividade do eucalipto em três regiões da Bacia do Rio Doce. *Rev. Árvore*, 30: 399-410. 2006a.
- SOUZA, M.J.H. Et al. Relação entre disponibilidade hídrica e produtividade do eucalipto em diferentes idades, em Guanhães, Minas Gerais. *Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.* 10: 629-638. 2006b.
- STAPE, J. L. Production Ecology of clonal *Eucalyptus* Plantation in northeastern Brazil. Fort Collins: Post Doctoral Repost. Colorado University. 2002. 225p
- STAPE, J.L. et al. Programa Cooperativo sobre Tolerância de *Eucalyptus* Clonais aos Estresses Hídrico e Térmico (TECHS) – Relatório Anual. IPEF, 2015. p. 52-63.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819 p.

CAPÍTULO I

CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE GENÓTIPOS DE EUCALIPTO EM DIFERENTES CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento e a produção de seis clones de eucalipto (A1, C3, E5, G7, P7 e R9) cultivados em Belo Oriente, Coração de Jesus e Guanhães, Minas Gerais. No desenho experimental, cada parcela foi constituída por oito linhas de um clone, no espaçamento de plantio de 3 x 3 m. Cada linha era composta por dez plantas. Na idade de 47 meses após o plantio, três árvores, com circunferência em torno da média, de cada parcela experimental foram abatidas para avaliações dendrométricas e coleta de amostras. Calcularam-se o diâmetro à altura do peito (DAP), volume de lenho, volume de tronco, densidade do lenho, Incremento Médio Anual (IMA) e área basal. O crescimento e a produção de massa dos clones foram influenciados pelas condições ambientais, com forte influência das características do solo dos sítios estudados. As maiores produções foram obtidas em Guanhães e as menores em Coração de Jesus. A partição de massa dos componentes das árvores foi influenciada pelas condições de clima e pelas características do solo, como teor de argila, capacidade de armazenamento de água (CAD) e intensidade do déficit hídrico. A alocação de massa na copa (folhas e galhos) aumentou à medida que a restrição hídrica tornou-se mais severa. A quantidade de serapilheira variou em função do clone, local e da interação entre essas variáveis, acumulando maior massa em ambientes com temperaturas amenas e menor demanda evaporativa. A precipitação mais elevada e bem distribuída, em áreas com maior demanda evapotranspiracional, e maior teor de argila do solo, pode mitigar os efeitos adversos da restrição hídrica sobre a produção do eucalipto. Em áreas com altitude e precipitação similar, o tipo de solo, a distribuição de chuvas ao longo do ciclo, a localização geográfica (latitude, longitude e macroclima) e variáveis climáticas como DPV, radiação solar média anual e insolação foram definidoras do potencial de produção do eucalipto.

Palavras-Chave: altitude, área basal, massa seca, partição

CHAPTER I

GROWTH AND YIELD OF EUCALYPT GENOTYPES IN DIFFERENT EDAFOCLIMATIC CONDITIONS

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate growth and yield of six *Eucalyptus* clones (A1, C3, E5, G7, P7 and R9) cultivated in Belo Oriente, Coração de Jesus and Guanhães, Minas Gerais State, Brazil. In the experimental design, each plot consisted of eight lines of a clone, in the planting space of 3 x 3 m. Each line was composed of ten plants. At the age of 47 months after planting, three trees, with circumference around the mean, of each experimental plot were slaughtered for dendrometric evaluations and sample collection. Diameter at breast height (DBH), wood volume, trunk volume, wood density, Annual Mean Increment (MAI) and basal area were determined. The growth and mass production of the clones were influenced by the environmental conditions associated with the soil characteristics of the sites studied. The largest productions were obtained in Guanhães and the smallest in Coração de Jesus. The mass partition of the tree components was influenced by the climate conditions and soil characteristics, such as clay content, soil water holding capacity and site water deficit intensity. Mass allocation in the crown (leaves and branches) increased as the water restriction became more severe. The amount of litter varied according to the clone, local and the interaction between these variables, accumulating greater mass in an environment with mild temperatures and lower evaporative demand. Higher and well distributed precipitation in areas with higher evapotranspiration demand and higher clay content may mitigate the adverse effects on *Eucalyptus* yield. In areas with similar altitude and precipitation, the soil type, rainfall distribution along the cycle, geographic location (latitude, longitude and macroclimate) and climatic variables such as DPV, annual mean solar radiation and insolation defined the production potential of the eucalypt plantations.

Key-Words: altitude, basal area, dry mass, partition

INTRODUÇÃO

O plantio de eucalipto tem se expandido para várias regiões brasileiras e desempenhado importante papel social e econômico. Os últimos levantamentos do setor de florestas plantadas mostram que existe uma área de 7,60 milhões de hectares plantados com árvores no Brasil, sendo 72 % de plantios de eucalipto (Abraf, 2013; Ibá, 2014).

A maior área de plantios de eucalipto no Brasil está situada em Minas Gerais, sendo superior a 1,4 milhões de hectares. A principal utilização da madeira é para carvão vegetal, já que 80 % das indústrias de ferro-gusa, ferro-ligas e aço que utilizam carvão vegetal no seu processo de produção estão neste Estado (Ibá, 2014). Nas regiões dos Vales do Jequitinhonha, Rio Doce e Norte de Minas, o cultivo da essência constitui uma alternativa econômica de grande importância em função da geração de renda em pequenas e médias cidades, que antes não tinham muitas alternativas de emprego para a população.

No entanto, a diversidade climática, geográfica, geológica e, conseqüentemente, de tipos de solos, interfere diretamente no desenvolvimento e expressão do máximo potencial produtivo do eucalipto nessas regiões. Estudos que consideram a ação e a interação desses fatores são importantes para entender mecanismos e processos e para definir técnicas que mitiguem os efeitos estressantes, permitindo o cultivo de materiais genéticos que se mostrem mais adaptados às condições edafoclimáticas limitantes e entender as estratégias utilizadas por clones de eucalipto para se adaptarem a determinadas condições ambientais. Silva e Castro (2008) destacam que as características edafoclimáticas associadas aos elevados índices de radiação solar e altas temperaturas possibilitam intensa atividade biológica e conduzem a altas taxas de crescimento do eucalipto. Porém, uma porção considerável dos plantios dessa essência encontra-se localizada em regiões onde acontecem períodos secos que podem se prolongar e, além disso, os solos apresentam baixa fertilidade (Barros et al., 1981; Gonçalves et al., 1996).

O estado de Minas Gerais tem regiões em que o potencial produtivo estimado, aos sete anos, para *Eucalyptus* varia de 10 a mais de 50 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, em sistema de produção de alto nível tecnológico e de 6 até pouco mais de 20 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ em sistema de médio nível tecnológico (Guimarães et al., 2007). Nos últimos anos, tem-se registrado um decréscimo natural do regime pluviométrico em todo país, levando a uma restrição hídrica acentuada para o cultivo do eucalipto, com consequentes reduções de produtividades, mesmo em manejo de alto nível tecnológico. Rocha et al. (2008) destacam que locais onde a precipitação seja inferior a 900 mm anuais, com elevado déficit hídrico, devem ser evitados para o cultivo do eucalipto. No entanto, torna-se importante avaliar a adaptabilidade dos materiais genéticos disponíveis no mercado, de modo a selecionar aqueles que sejam mais produtivos mesmo em condições adversas.

O objetivo deste capítulo foi avaliar os efeitos das variáveis climáticas e edáficas sobre o crescimento, produção e partição de massa seca de seis clones de eucalipto cultivados em três locais no estado de Minas Gerais.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição edafoclimática das áreas experimentais

A coleta de dados foi realizada em experimentos que compõem o Programa Cooperativo de Tolerância de Clones de *Eucalyptus* aos Estresses Hídricos e Térmicos (TECHS), instalados em áreas da Celulose Nipo-Brasileira (Cenibra) e da The Timber Group Brasil Investimentos Florestais (TTG Brasil).

Neste trabalho, foram selecionados três locais representativos de regiões edafoclimáticas de Minas Gerais nas quais a atividade de reflorestamento com eucalipto é intensa (Quadro 1).

Quadro 1. Localização geográfica e caracterização climática das áreas experimentais em Minas Gerais

Município	Coordenadas Geográficas	Altitude (m)	Tipo Climático ^{1/}	T. Média (°C) ^{1/}	Precipitação Méd. (mm) ^{1/}	Índice de Seca ^{2/}
Belo Oriente	19°18.27'04" S; 42°25'14.06" W	269	Aw	23,7	1165	1,0 a 1,25
Coração de Jesus	16°46'43.40 S; 44°18'33.97" W	926	Aw	21,8	1296	1,5 a 1,75
Guanhães	18°34'41.16 S; 42°55'35.85" W	882	Cwa	19,9	1497	1,0 a 1,25

1/Médias históricas obtidas em Climate-Data (2016); 2/Stape et al. (2011).

O município de Belo Oriente está inserido no Vale do Rio Doce, em região de baixa altitude e com vegetação pertencente ao bioma Mata Atlântica. Coração de Jesus está localizado em região de altitude elevada no Norte de Minas Gerais e apresenta vegetação representativa do bioma Cerrado. Guanhães está localizado no Vale do Rio Doce, em região de elevada altitude e com vegetação pertencente ao bioma Mata Atlântica (Figura 1).



Figura 1. Localização das áreas experimentais em Minas Gerais. Foto: Adaptado de Google Earth, 2017.

As informações das estações meteorológicas instaladas próximas às áreas experimentais foram disponibilizadas pelas empresas parceiras (Figuras 2 a 4). As estações climatológicas de Belo Oriente e Guanhães apresentam as informações completas referentes aos anos de 2011 a 2016.

Para o sítio de Coração de Jesus (Figura 3), as informações meteorológicas do período entre dezembro de 2011 a julho de 2013 foram estimadas por meio dos dados obtidos na estação climatológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) em Montes Claros, que se encontra a uma distância de aproximadamente 75 km da área experimental, em uma altitude de 652 m e dentro do mesmo tipo climático (Aw) de Köppen-Geiger. Os demais dados foram obtidos por meio de estação meteorológica local que foi instalada em agosto de 2013.

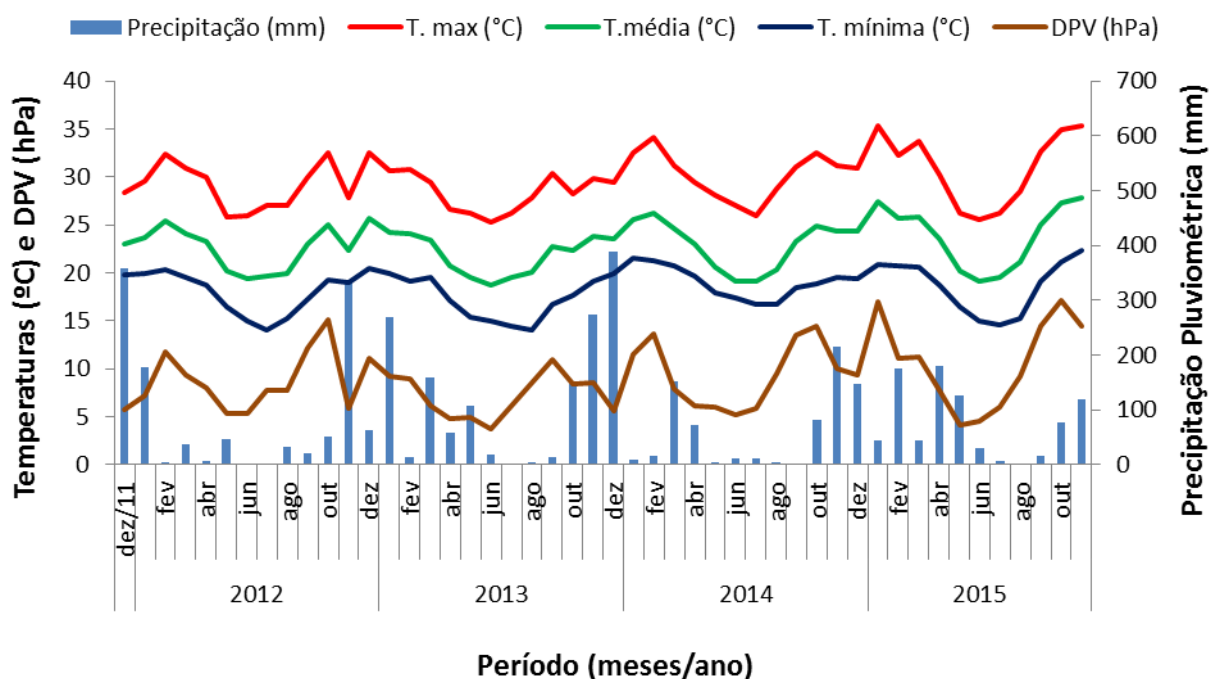


Figura 2. Precipitação pluviométrica e temperatura da área experimental de Belo Oriente-MG. Fonte: Estação Meteorológica local da Cenibra, 2016.

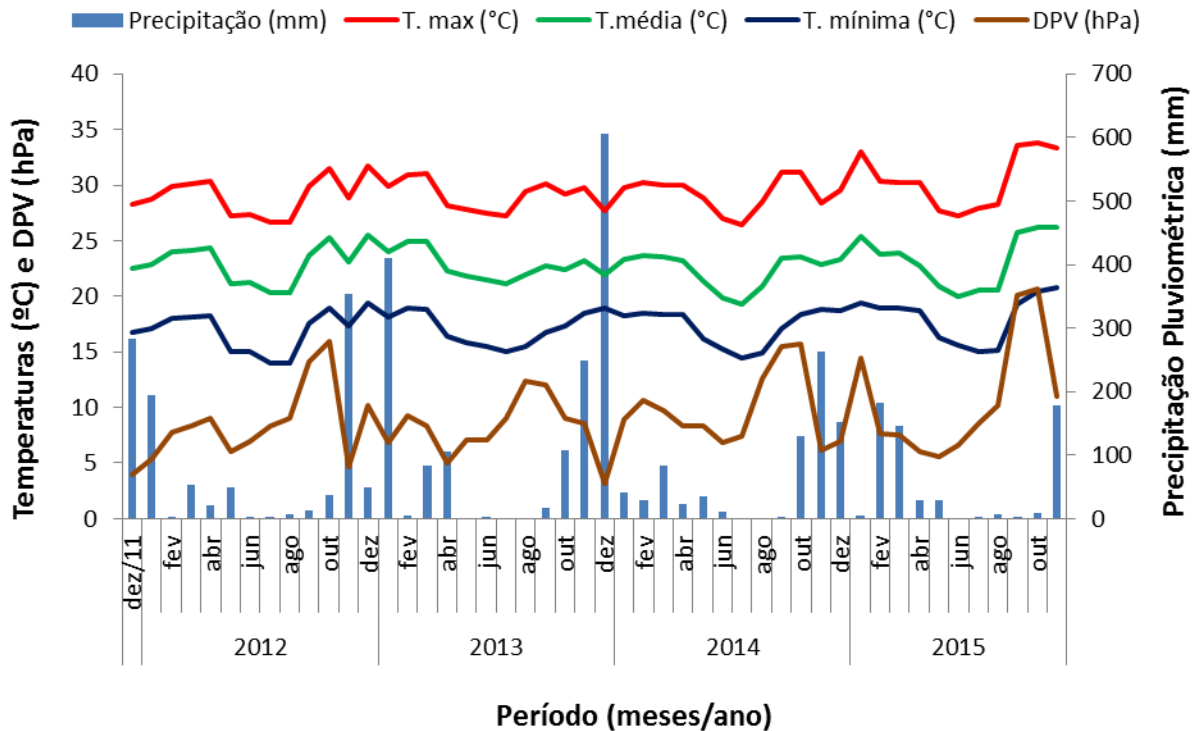
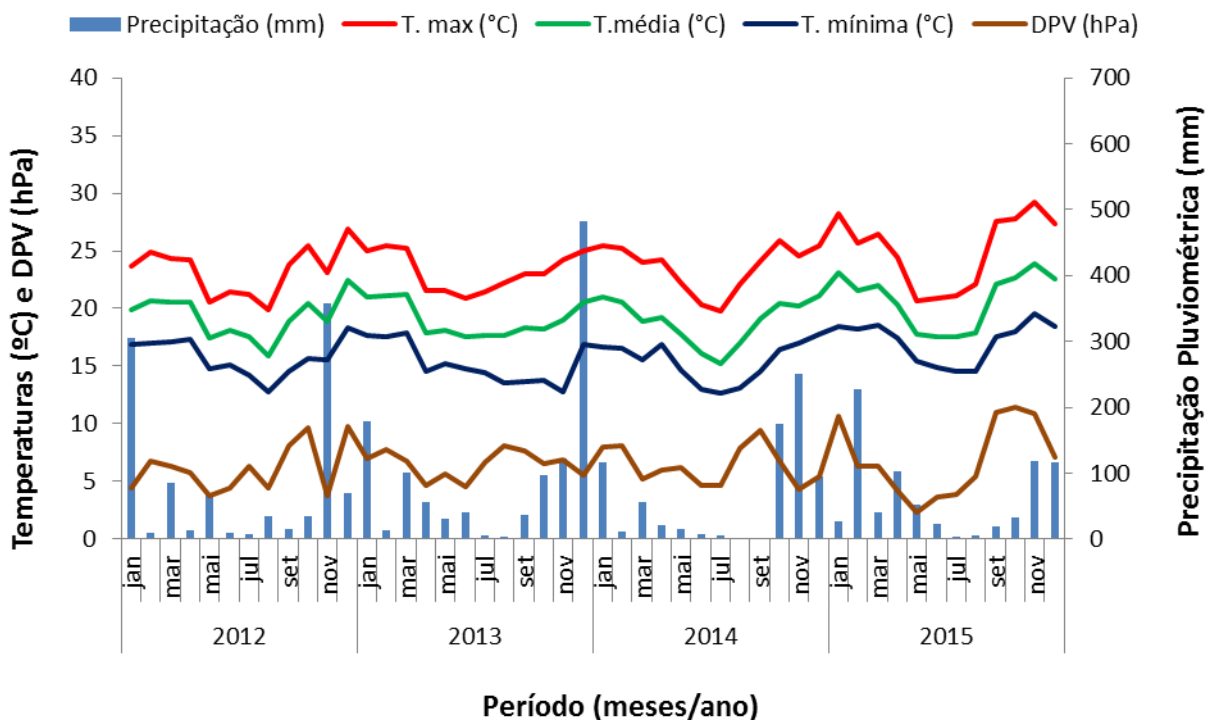


Figura 3. Precipitação pluviométrica e temperatura da área experimental de Coração de Jesus-MG. Fonte: Estimativa da Estação INMET – Montes Claros e Dados da Estação Meteorológica local da Plantar, 2016.

Figura 4. Precipitação pluviométrica e temperatura da área experimental de



Guanhães-MG. Fonte: Estação Meteorológica local da Cenibra, 2016.

Os solos das áreas foram classificados como Latossolo Amarelo distrófico (Belo Oriente), Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (Coração de Jesus) e Latossolo Vermelho Amarelo Ácrico típico, em Guanhões (Embrapa, 2013). Amostras de solo foram coletadas antes da instalação dos experimentos em duas profundidades (0-20 cm e 20-40 cm) para caracterização química e granulométrica (Quadro 2).

Quadro 2. Análises química¹ e granulométrica² dos solos das áreas experimentais amostrados às profundidades de 0-20 e de 20-40 cm

Prof. cm	pH CaCl ₂	P ----- mg dm ⁻³	K ----- mg dm ⁻³	S ----- mg dm ⁻³	Ca ²⁺ ----- cmol _c dm ⁻³	Mg ²⁺ ----- cmol _c dm ⁻³	Al ³⁺ ----- cmol _c dm ⁻³	H+Al ----- cmol _c dm ⁻³
Belo Oriente								
0-20	4,10	3,00	50,70	12,50	0,60	0,15	0,62	6,10
20-40	3,75	0,00	42,90	41,00	0,35	0,10	1,51	6,80
Coração de Jesus								
0-20	3,90	2,00	195,00	3,70	6,60	0,90	0,95	6,40
20-40	3,90	1,00	202,80	3,00	3,10	0,60	1,86	5,50
Guanhões								
0-20	3,8	1,00	40,95	12,65	0,10	0,10	1,76	11,2
20-40	3,95	0,00	27,30	12,20	0,15	0,10	1,11	6,40
Prof. cm	V %	MO dag kg ⁻¹	T cmol _c dm ⁻³	Areia ----- dag kg ⁻¹	Silte ----- dag kg ⁻¹	Argila ----- dag kg ⁻¹	Classe Textural	
Belo Oriente								
0-20	12,60	3,65	6,98	32,35	9,70	57,95	Argila	
20-40	7,60	2,60	7,36	27,40	11,15	61,45	Muito argilosa	
Coração de Jesus								
0-20	55,50	3,00	14,40	60,5	6,70	32,8	Franco-Argilo-arenoso	
20-40	43,40	3,40	9,72	58,3	5,20	36,4	Argilo-arenoso	
Guanhões								
0-20	2,65	3,90	11,50	43,05	14,20	42,75	Argila	
20-40	4,76	3,10	6,72	42,70	12,70	44,60	Argila	

¹Raij et al. (2001); ²Camargo et al.(2009).

Para estimar o conteúdo volumétrico de água disponível no solo (CAD), conforme proposto por Costa (1994), foi utilizado um valor padrão de 2 metros para a profundidade efetiva do sistema radicular do *Eucalyptus* (Alfonsi et al., 1990). A densidade aparente média considerada para os cálculos foi a de um solo de textura média (1,30 mg dm⁻³) para Coração de Jesus e de textura argilosa (1,0 mg dm⁻³) para os outros dois sítios (Correia et al., 2004). Desta maneira, o CAD estimado para os solos de Belo Oriente e Guanhões (textura argilosa) foi 440 mm e para Coração de Jesus (textura média) foi 280 mm.

A evapotranspiração potencial e o déficit hídrico anual do solo foram calculados conforme metodologia proposta por Thornthwaite (1948) e são apresentados no Quadro 3.

Quadro 3. Evapotranspiração potencial (ETP) média mensal e Déficit Hídrico (DH) anual no solo das três regiões edafoclimáticas de Minas Gerais

Ano/Local	¹ /ETP (mm mês ⁻¹)			² /DH (mm ano ⁻¹)		
	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN
2012	92	99	71	465	514	223
2013	85	104	70	126	385	136
2014	95	79	70	447	431	270
2015	105	85	79	348	458	174
Média	94	92	72	346	447	201

¹/ETP = Evapotranspiração Potencial Média mensal (Média dos doze meses); ²/Déficit Hídrico anual do solo; BO = Belo Oriente; CJ = Coração de Jesus e GN = Guanhães.

Desenho experimental e coleta de amostras

Seis clones comuns às três áreas experimentais foram avaliados, medindo-se a altura, o diâmetro a altura do peito e coletando amostras de tecidos para quantificar a biomassa e sua partição. Para análise estatística adotou-se o arranjo fatorial, composto por três locais, seis clones e três repetições (Quadro 4).

Quadro 4. Codificação e cruzamentos utilizados na obtenção dos clones e a classe que foi atribuída dentro do Programa Cooperativo TECHS

Clone	Espécies (Híbrido = mãe x pai)	Classe
A1	<i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus</i> sp.	Plástico
C3	<i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i>	Plástico
E5	<i>Eucalyptus urophylla</i>	Tropical
G7	<i>Eucalyptus urophylla</i>	Tropical
R9	<i>Eucalyptus urophylla</i>	Tropical
P7	<i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i>	Tropical

Fonte: Stape et al. (2011).

O preparo de solo seguiu o padrão de cada empresa. De acordo com Stape et al. (2015), a correção do solo foi feita antes do plantio e a fertilização seguiu o padrão tradicional e dividida em adubação de plantio, de cobertura e de manutenção. As áreas também foram mantidas livres de competição com plantas espontâneas.

A calagem do solo em Coração de Jesus foi constituída pela aplicação de 1500 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico (36 % de CaO e 12 % de MgO – PRNT 85 %) em pré-plantio, no sulco de plantio e aplicação de 300 kg ha⁻¹ de gesso agrícola (17 % de Ca e 14 % de S). Foram aplicados também 300 kg ha⁻¹ de superfosfato simples amoniado (17 % de P₂O₅; 3 % de N; 16 % de Ca e 10 % de S), antes da época de plantio. O plantio da área experimental de Coração de Jesus foi realizado no dia 13 de dezembro de 2011, utilizando 150 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado NPK 06-30-06 + 1 % de B, 1 % de Cu e 1 % de Zn. Três meses após o plantio foi realizada uma adubação de cobertura com 150 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio (52 % de K₂O e 1 % de B) e 150 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio (20 % de N e 22 % de S). Com nove meses após o plantio foi realizada adubação complementar de crescimento com 150 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio, 200 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio e 25 kg ha⁻¹ de Borogran (10 % de B).

O plantio da área em Belo Oriente foi realizado em 20 de dezembro de 2011 e em Guanhães no dia 03 de janeiro de 2012. Em ambas as áreas foram aplicados 2000 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico (40 % de CaO e 8,5 % de MgO – PRNT 85 %) em pré-plantio. No momento da subsolagem foram aplicados 500 kg ha⁻¹ do fertilizante NPK 06-10-29 + 0,8 % B + 0,5 % de Zn e 0,5 % de Cu. No plantio foram utilizados 111 kg ha⁻¹ do fertilizante NPK 06-30-06 + 0,25 % de B + 1 % de Zn e 1 % de Cu. Em setembro de 2012 realizou-se uma adubação complementar com 500 kg ha⁻¹ do fertilizante NPK 06-10-29 + 0,8 % de B + 0,5 % de Zn e 0,5 % de Cu. A quantidade de macronutrientes aplicada por meio dos corretivos e fertilizantes utilizados nas três áreas de estudo é apresentada no Quadro 5.

Quadro 5. Quantidade de nutrientes aplicados por meio dos corretivos e fertilizantes utilizados por cada empresa nas áreas de Belo Oriente, Coração de Jesus e Guanhães

Época de Aplicação/Insumo	Macronutrientes					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S
<i>Belo Oriente e Guanhães</i>						
----- kg ha ⁻¹ -----						
Pré-Plantio						
Calcário Dolomítico	-	-	-	571,8	102,6	-
Subsolagem						
NPK 06-10-29 +Micros	30,0	50,0	145,0	-	-	-
Plantio						
NPK 06-30-06 + Micros	6,7	33,0	6,7	-	-	-
Pós-Plantio (Set 2012)						
NPK 06-10-29 + Micros	30,0	50,0	145,0	-	-	-
Adubação Total	66,7	133,0	296,7	514,6	144,8	-
<i>Coração de Jesus</i>						
----- kg ha ⁻¹ -----						
Pré-Plantio						
Calcário Dolomítico	-	-	-	385,95	108,60	-
Gesso Agrícola	-	-	-	51,0	-	42,0
Plantio						
Superfosfato Simples amoniado	9,0	51,0	-	48,0	-	30,0
NPK 06-30-06 + Micros	9,0	45,0	9,0	-	-	-
Pós-Plantio (3 meses)						
Cloreto de Potássio	-	-	78,0	-	-	-
Sulfato de Amônio	30,0	-	-	-	-	33,0
Pós-Plantio (9 meses)						
Cloreto de Potássio	-	-	78,0	-	-	-
Sulfato de Amônio	40	-	-	-	-	44,0
Adubação Total	88,0	96,0	165,0	484,95	108,60	149,0

Cada parcela experimental era constituída por oito linhas de dez plantas de um mesmo clone, no espaçamento de 3 x 3 m, representando uma densidade populacional de 1111 plantas ha⁻¹. No extremo da parcela, foi plantada uma miniparcela de oito linhas com cinco plantas para ser utilizada em avaliações destrutivas, aumentando a área para 1080 m². As parcelas com cada clone foi alocados de forma casualizada em cada local de cultivo (Figura 5).



Figura 5. Croqui apresentando a distribuição dos clones nas áreas experimentais nos município de Belo Oriente, Coração de Jesus e Guanhães, Minas Gerais. Fonte: Adaptado de IPEF, (2011) e Cenibra (2016).

Nos meses de novembro de 2015, para os sítios de Belo Oriente e Coração de Jesus, e no mês de dezembro de 2015, para o sítio de Guanhães (47 meses após o plantio), foi realizado o abate de árvores para coletar as amostras de material vegetal. Três árvores com diâmetro em torno da média de cada material genético foram escolhidas em cada sítio. Folhas, galhos secos, galhos verdes e tronco (casca e lenho) foram pesados no campo para obter a massa verde total. Amostras compostas de cada componente das árvores abatidas foram coletadas. As amostras frescas foram pesadas no campo, em balança de precisão e posteriormente encaminhadas para estufa de circulação forçada de ar, em temperatura de 65±5 °C, para obtenção da massa seca. Foram coletados discos na base da árvore abatida, em 25, 50, 75 e 100 % da altura comercial. Os discos foram pesados em campo (com e sem casca) e também foram submetidos a secagem em estufa de circulação de ar. Com base no inventário florestal realizado anteriormente ao abate de árvores de cada localidade, foi realizado o levantamento da porcentagem de sobrevivência de árvores de cada clone estudado.

Com as variáveis dendrométricas obtidas nas três árvores abatidas de cada parcela, calculou-se o volume de lenho, volume de tronco, densidade do lenho e Incremento Médio Anual (IMA) em volume. O cálculo do volume de lenho e tronco para todos os sítios foi realizado pela fórmula de Smalian (1804). Foi calculada a área seccional de cada árvore com base no DAP (Veiga, 1970), que foi multiplicada pela densidade populacional para estimar a área basal em metros quadrados por hectare.

Três amostras da serapilheira foram coletadas com auxílio de um gabarito que foi lançado aleatoriamente dentro de cada parcela experimental. O gabarito utilizado nas áreas de Belo Oriente e Guanhães foi de 0,50 x 0,50 m, enquanto em Coração de Jesus foi utilizado um gabarito com as dimensões de 0,30 x 0,30 m. Todo o material vegetal que estava dentro do gabarito foi coletado.

Os valores de massa seca de cada parte da copa (folhas + galhos), lenho, casca e serapilheira foram obtidos por meio da relação entre peso seco e peso fresco das amostras coletadas, multiplicando-se o quociente pelo peso total determinado em campo. Para obter o valor da massa seca por hectare de cada compartimento, os valores encontrados para cada árvore foram multiplicados pela densidade populacional real, isto é, descontando-se a porcentagem de árvores mortas proporcionalmente ao observado na parcela.

A partição de massa seca dos clones em cada parcela foi obtida com base na proposta do trabalho de Neves (2000), utilizando a equação 1.

(1)

$$\text{Partição} = \frac{\text{MS}_C \times 100}{(\text{MSPA} + \text{MSSer})}$$

Onde:

Partição = alocação percentual de massa seca (%);

MS_C = Massa seca do componente (folha, galho, casca, lenho, tronco ou serapilheira), em Mg ha^{-1} ;

MSPA = Massa seca total da parte aérea (copa + tronco), em Mg ha^{-1} ;

MSSer = Massa seca de serapilheira, em Mg ha^{-1} .

Análise de dados

Os dados foram analisados individualmente para cada região, considerando-se como fonte de variação para modelo de Análise de Variância apenas os clones. As três árvores com circunferência próxima ao da árvore média de cada clone foram consideradas para efeito de repetição. A relação entre o maior e o menor quadrado médio do resíduo (QMR) de cada variável foi analisada para avaliar a possibilidade de agrupar os dados das diferentes regiões e realizar uma análise conjunta, a qual possibilita o estudo da interação clone x local.

A análise de variância e das médias conjuntas foram realizadas após verificar se a magnitude das relações das variáveis encontrava-se entre 4 a 7:1, o que indica homogeneidade das variâncias residuais e permite a realização de tal análise sem restrição (Box, 1954; Box e Meyer, 1986; Banzato e Kronka, 1989).

As análises conjuntas de variância das áreas experimentais foram realizadas considerando como fonte de variação clones, locais e interação clone x local, sendo desdobrada independentemente da significância da interação para as variáveis avaliadas. As diferenças entre as médias foram detectadas por meio do Teste de Tukey a 5 % de significância, com auxílio do software Sisvar 5.6 (Ferreira, 2011). Para a área basal foram realizadas comparações entre médias por meio de estatísticas descritivas.

RESULTADOS

Os clones não apresentaram mortalidade em razão das condições edafoclimáticas dos três locais estudados. As características que expressam crescimento, desenvolvimento, produção e produtividade apresentaram diferença significativa ($p < 0,01$) para a interação clone x local (Quadro 6). De modo geral, os menores incrementos médios em altura, circunferência a altura do peito (CAP), volume de lenho, volume de tronco e Incremento Médio Anual aos 3,9 anos (IMA_{3,9}) foram observados na região de Coração de Jesus.

Analisando os valores médios dessas características nas três regiões, os clones A1 e E5 apresentaram os maiores valores de CAP, volume de lenho, volume de tronco e IMA_{3,9}. Apesar do material genético C3 ser apontado como plástico, considerando-se as médias gerais de clones nas três regiões, ele mostrou melhor desempenho apenas em relação ao P7.

Quadro 6. Características dendrométricas de clones de *Eucalyptus* aos 47 meses de idade, cultivados em três regiões edafoclimáticas de Minas Gerais

1,2/ Clones/ Locais	Características Dendrométricas								
	Altura Total (m)			7/CAP (cm)			Volume de lenho (m ³ ha ⁻¹)		
	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN
A1	22,7Ab	17,7Ac	24,0Aa	45,7Ab	38,0Ac	48,3Aa	184,3Ab	83,5Ac	208,7Aa
C3	20,3Ba	15,7Bb	20,3Ba	41,3Bb	32,7Bc	46,7Aa	132,8Cb	54,1Bc	149,4Ba
E5	22,7Aa	17,7Ac	21,0Bb	43,0Bb	37,3Ac	46,0BCa	161,4Ba	79,8Ab	164,3Ba
G7	21,7Aa	15,0CBb	21,0Ba	43,7BCb	33,3Bc	47,7Aa	154,1Ba	55,7Bb	167,1Ba
R9	22,3Aa	18,3Ac	21,0Bb	41,3Bb	37,3Ac	43,7Ba	153,4Ba	88,8Ab	161,9Ba
P7	19,7Ba	14,0Cb	19,0Ca	36,0Cb	29,0Cc	38,3Ca	97,4Da	40,5Bb	108,7Ca
3/ Média	21,6	16,4	21,0	41,8	34,6	45,1	147,2	67,1	160,0
4/ F clone		*			*			*	
4/ F local		*			*			*	
4/ F clone x		*			*			*	
5/ DMS clone		1,11			2,34			18,56	
5/ DMS local		0,90			1,90			15,08	
6/ CV (%)		2,29			2,35			6,05	
	Volume de tronco (m ³ ha ⁻¹)			8/ IMA _{3,9} (m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹)			Densidade do lenho (kg m ⁻³)		
A1	217,6Ab	113,3Ac	245,1Aa	55,5Ab	28,9Ac	60,5Aa	446Db	508Ca	470Bb
C3	160,4Ca	68,9BCb	178,1Ca	40,9Ca	17,6BCb	45,4Ca	469ABb	509Ca	485Bab
E5	191,2Ba	103,4Ab	196,8BCa	48,8Ba	26,4Ab	50,2BCa	466ABc	541Ca	502Bb
G7	182,3BCb	76,3Bc	203,5Ba	46,5BCb	19,5Bc	51,9Ba	502BCc	647Aa	549Ab
R9	178,7BCb	114,3Ac	188,7BCa	45,6BCa	29,1Ab	48,1BCa	530Cb	594Ba	584Aa
P7	120,4Da	53,4Cb	139,7Da	30,7Db	13,7Cc	35,6Da	588Ab	649Aa	562Ab
3/ Média	175,1	88,2	192,0	44,7	22,5	48,6	500	575	525
4/ F clone		*			*			*	
4/ F local		*			*			*	
4/ F clone x		*			*			*	
5/ DMS clone		22,73			5,80			37,59	
5/ DMS local		18,47			4,71			30,54	
6/ CV (%)		6,09			6,10			2,87	

1/ Média das três árvores abatidas de A1 (*E.urophylla* x *Eucalyptus* sp.), C3 (*E. grandis* x *E.camaldulensis*), E5, G7 e R9 (*E. urophylla*), P7 (*E. urophylla* x *E.tereticornis*); 2/ BO = Belo Oriente, CJ = Coração de Jesus e GN = Guanhães, Valores seguidos por uma mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; Valores seguidos por uma mesma letra minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; 3/ Média dos clones em cada sítio; 4/ns = não significativo, * significativo a 1%, **significativo a 5% e *** significativo a 10%; 5/Diferença Mínima Significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e 6/Coefficiente de variação de médias de clones; 7/CAP - Circunferência a Altura do Peito com casca (1,30 m); 8/IMA_{3,9} - Incremento Médio Anual aos 3,9 anos (47 meses).

O menor volume e IMA_{3,9} foi apresentado pelo clone P7 nas três regiões estudadas (Quadro 5). Em termos relativos, quando comparado ao material genético mais produtivo, o P7 produziu um volume de lenho 47 % menor em Belo Oriente, 51 % menor em Coração de Jesus e 48 % menor em Guanhães. O volume de tronco do P7 em relação ao clone mais produtivo de cada área (A1 ou R9) foi cerca de 45 % menor em Belo Oriente, 53 % em Coração de Jesus e 43 % menor em Guanhães.

Quando essa comparação é realizada para o IMA_{3,9}, o clone A1 apresenta um incremento de 41 e 45 % em Guanhães e Belo Oriente comparado ao clone menos produtivo (P7). Em Coração de Jesus, o IMA_{3,9} do clone P7 chega a ser 53 % menor em relação ao clone R9, que apresentou os maiores valores nesse sítio para todas as características relacionadas a produção (Quadro 6).

Os valores da densidade do lenho também foram variáveis e diferiram tanto entre clones quanto entre locais. Os maiores valores de densidade do lenho foram observados na região de Coração de Jesus. Pouca diferença foi observada na altura e no diâmetro das árvores entre clones e locais. A relação H/DAP em Guanhães foi de 1,46, muito similar à relação observada em Coração de Jesus (1,49). Apenas no sítio de Belo Oriente que essa relação média se elevou para 1,63.

A área basal (Figura 6) foi, em média, 18,09 m² ha⁻¹ em Guanhães que representa uma superioridade de 17 % em comparação com Belo Oriente e 70 % a mais do que a média observada em Coração de Jesus. Na média dos três locais de cultivo, o clone A1, E5 e G7 foram aqueles que apresentaram os maiores valores de área basal, enquanto o P7 segue como o de menor desempenho também para essa característica.

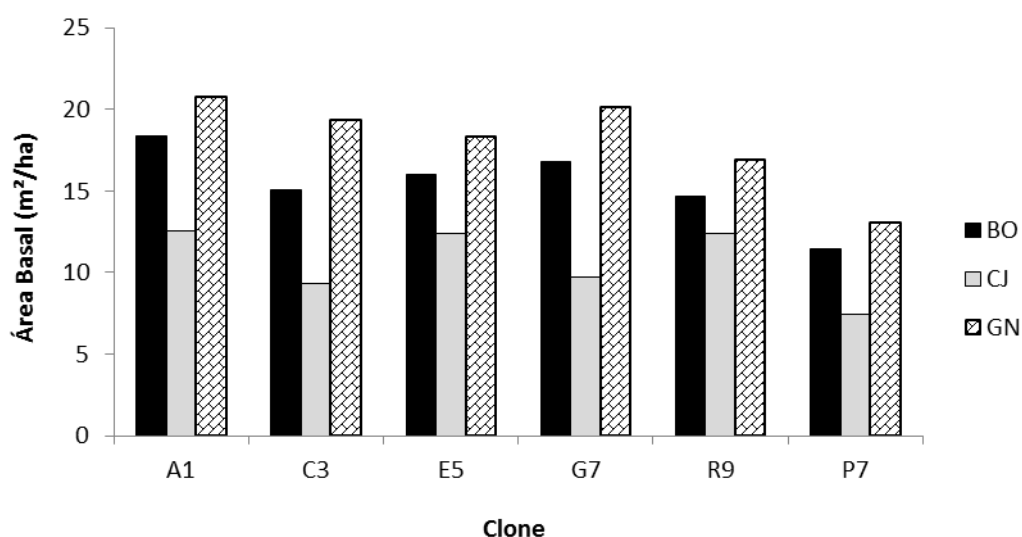


Figura 6. Área basal dos clones nas três áreas experimentais. BO = Belo Oriente; CJ = Coração de Jesus e GN = Guanhães.

A produção de massa seca dos componentes da copa (folhas e galhos), do tronco (casca e lenho) e do total da parte aérea da árvore (Quadro 7) apresentou diferença significativa ($p < 0,01$) para a interação entre clone e local. Os coeficientes de variação foram relativamente baixos, tendo em vista que os resultados apresentados são a média das três árvores abatidas em cada parcela dos clones de eucalipto. Esses resultados das três árvores abatidas foram representativos da parcela, tendo em vista que a análise da variância conjunta realizada com os dados do inventário florestal de referência mostra mesmo nível de significância para as fontes de variação clone, local e para a interação. No entanto, tal análise de variância não será utilizada em termos comparativos uma vez que existe uma diferença na época de medição em cada local (44 meses em Guanhães, 45 meses em Belo Oriente e 46 meses em Coração de Jesus).

Os clones cultivados em Guanhães apresentaram em média 14 % a mais de produção tanto para tronco quanto para lenho comparado a Belo Oriente. Os clones cultivados em Belo Oriente, em média, mostraram menor quantidade de matéria seca de folhas e galhos comparado aos outros dois locais, indicando uma menor formação de copa. No entanto, a matéria seca de lenho e tronco que é a parte de interesse comercial para o mercado foi cerca de 93 e 86 % superior ao obtido na região de Coração de Jesus. Isso indica que mesmo com uma menor quantidade de folhas produzidas, os clones desenvolveram estratégias para converter os fotoassimilados e nutrientes absorvidos em massa do produto comercial, ou seja, a eficiência do aparelho fotossintético foi maior. A média de produção total da parte aérea dos clones em Belo Oriente foi 64 % maior em relação ao cultivo em Coração de Jesus e 20 % menor comparado àquela obtida em Guanhães (Quadro 7).

De modo geral, a produção de lenho e tronco dos materiais genéticos nas três áreas assumiu a sequência $R9 > A1 > G7 > E5 > C3 > P7$ (Quadro 7). No sítio de Belo Oriente, os dois clones que apresentaram maior massa de lenho e tronco foram A1 e R9, respectivamente, sendo que tais clones não diferiram estatisticamente pelo Teste de Tukey a 5 % de significância dos clones E5 e G7. No sítio de Coração de Jesus, o clone que apresentou maior massa de lenho e tronco foi o E5, seguido pelo R9, e não diferiram entre si para lenho, mas foram significativamente distintos dos demais clones estudados nessa região.

Quadro 7. Massa seca de componentes da parte aérea (copa e tronco) de clones de *Eucalyptus* aos 47 meses de idade, cultivados em três regiões edafoclimáticas de Minas Gerais

Massa Seca (Mg ha ⁻¹)									
1,2/ Clones /Locais	Folhas			Galhos			Casca		
	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN
A1	2,4Ab	3,6BAa	3,6Ba	5,7ABCc	7,9ABb	13,1ABa	10,4Aa	6,9Ab	10,5Aa
C3	1,1Bb	1,1Cb	2,4Ca	4,1BCb	4,4Cb	7,1Da	6,9Ca	4,8Bb	7,4Ca
E5	1,1Bc	2,7Bb	4,2ABa	3,2Cc	6,6BCb	10,1Ba	8,8ABa	7,0Ab	9,2BCa
G7	2,5Ac	4,1Ab	5,2Aa	7,7Ab	9,7Ab	14,4Aa	8,3BCc	5,9ABb	10,3Aa
R9	3,3Ab	4,6Aa	4,2ABa	6,1ABb	7,3ABb	11,4BCa	7,2BCa	5,8ABb	8,2ABa
P7	2,9Ab	4,2Aa	4,0Ba	5,3ABCa	6,1BCa	7,1Da	8,3BCa	5,1Bb	7,6ABa
^{3/} Média	2,2	3,4	3,9	5,3	7,0	10,5	8,3	5,9	8,9
^{4/} F _{clone}		*			*			*	
^{4/} F _{local}		*			*			*	
^{4/} F _{clone x}		*			*			**	
^{5/} DMS _{local}		1,06			2,63			1,71	
^{5/} DMS _{clone}		0,86			2,13			1,39	
^{6/} CV (%) _{local}		13,52			14,01			9,02	
	Lenho			Tronco			Total		
A1	84,2Ab	42,4Bc	98,1Aa	94,6Ab	49,3BCc	108,6Aa	102,7Ab	60,9ABc	125,3Aa
C3	62,3Bb	27,1Cc	73,5Ca	69,2Bb	32,0Cc	80,9Ca	74,4Cb	37,4Cc	90,4Ca
E5	76,2Aa	43,2ABb	82,4BCa	85,0Aa	50,1ABb	91,6BCa	89,4Bb	59,5BCc	106,0Ba
G7	78,2Ab	36,1BCc	91,7BCa	86,6Ab	42,0BCc	102,0ABa	96,7ABb	55,8Bc	121,7Aa
R9	82,3Ab	52,8Ac	97,0Aa	89,6Ab	58,6Ac	105,3Aa	99,0ABb	70,5Ac	120,9Aa
P7	57,2Ba	26,3Cb	61,0Da	65,5Ba	31,4Cb	68,6Da	73,7Ca	41,8Cb	79,8Ca
^{3/} Média	73,4	38,0	84,0	81,8	43,9	92,8	89,3	54,3	107,3
^{4/} F _{clone}		*			*			*	
^{4/} F _{local}		*			*			*	
^{4/} F _{clone x}		*			*			*	
^{5/} DMS _{local}		10,23			11,11			11,48	
^{5/} DMS _{clone}		8,31			9,03			9,33	
^{6/} CV (%) _{local}		6,40			6,21			5,59	

1/ Média das três árvores abatidas de A1 (*E.urophylla* x *Eucalyptus* sp.), C3 (*E. grandis* x *E.camaldulensis*), E5, G7 e R9 (*E. urophylla*), P7 (*E. urophylla* x *E.tereticornis*); 2/ BO = Belo Oriente, CJ = Coração de Jesus e GN = Guanhães, Valores seguidos por uma mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; Valores seguidos por uma mesma letra minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; 3/ Média dos clones em cada sítio; 4/ns = não significativo, * significativo a 1 %, **significativo a 5 % e *** significativo a 10 %; 5/Diferença Mínima Significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e 6/Coefficiente de variação de médias de clones.

Quando avaliou-se o compartimento tronco, tais materiais genéticos também foram similares pelo teste de Tukey a 5 % de significância e apresentaram similaridade estatística ao clone A1 na matéria seca de lenho, mas diferiram dos demais. No sítio de Guanhães, destacaram-se os clones A1 e R9 como os dois com maior produção tanto para lenho quanto para tronco, aos 47 meses de idade.

Outro processo importante para a sustentabilidade da produção florestal é a ciclagem de nutrientes. A serapilheira tem uma contribuição muito importante nesse sentido e sua quantidade apresentou diferença significativa ($p < 0,01$) para a interação clone x local. A massa média de serapilheira encontrada no sítio de Guanhães (Quadro 8) foi aproximadamente 65 e 97 % maior do que aquela observada nos sítios de Belo Oriente e Coração de Jesus, respectivamente. Essa maior quantidade de serapilheira é também um indicador da maior produtividade média em volume, IMA_{3,9} (Quadro 6) e matéria seca (Quadro 7) de tronco e lenho observada para os clones cultivados nessa região, uma vez que os nutrientes advindos desse compartimento são absorvidos pela planta ao longo do tempo e utilizados no crescimento.

Quadro 8. Matéria Seca de serapilheira em povoamentos de *Eucalyptus* aos 47 meses de idade, cultivados em três regiões edafoclimáticas de Minas Gerais

1,2/Clones/Locais	Matéria seca de serapilheira (Mg ha ⁻¹)		
	BO	CJ	GN
A1	12,6Ba	9,5Ba	29,2ABb
C3	17,1ABa	9,4Bb	23,4BCc
E5	10,4Ba	10,6ABa	17,5Cb
G7	12,4Ba	12,1ABa	22,7BCb
R9	12,6Ba	16,6Aab	21,8Cb
P7	22,7Aa	15,4ABb	30,5Ac
^{3/} Média	14,6	12,3	24,2
^{4/} F _{clone}		*	
^{4/} F _{local}		*	
^{4/} F _{clone x local}		*	
^{5/} DMS _{clone}		6,97	
^{5/} DMS _{local}		5,66	
^{6/} CV (%)		16,66	

1/ A1 (*E.urophylla* x *Eucalyptus* sp.), C3 (*E. grandis* x *E. camaldulensis*), E5, G7 e R9 (*E. urophylla*), P7 (*E. urophylla* x *E. tereticornis*); 2/ BO = Belo Oriente, CJ = Coração de Jesus e GN = Guanhães, Valores seguidos por uma mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; Valores seguidos por uma mesma letra minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; 3/ Média dos clones em cada sítio; 4/ns = não significativo, * significativo a 1 %, **significativo a 5 % e *** significativo a 10 %; 5/Diferença Mínima Significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e 6/Coefficiente de variação de médias de clones.

A partição de massa para folhas, galhos, casca, lenho e serapilheira (Quadro 9) apresentou diferença significativa ao nível de 1 % de significância para as fontes de variação clone e local.

A interação entre clone e local, mostra significância ao nível de 1 % para folhas, ao nível de 5 % para galhos e casca e ao nível de 10 % de significância para tronco. Mesmo não apresentando significância da interação para lenho e serapilheira, ao realizar o desdobramento foram detectadas diferença significativa por meio do teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Nos sítios de Belo Oriente e Coração de Jesus, os clones que mais alocaram massa no lenho foram E5, R9 e A1, respectivamente, sendo estatisticamente similares entre si. Ao avaliar o compartimento tronco, a sequência modifica para E5, A1 e R9 por influência da participação da casca.

No sítio de Guanhães, os clones que alocaram mais massa no lenho foram R9, E5, G7, A1 e C3, sendo estatisticamente similares entre si (Quadro 9). Destaque para os clones E5 e R9 que ficaram entre os três com maior capacidade de alocação da massa tanto para lenho quanto para tronco nas três regiões edafoclimáticas.

Quando se avaliou a relação entre a produção de massa seca de lenho, de tronco ou da parte aérea com a produção de massa seca de folhas em cada área experimental, obteve-se os maiores valores para o sítio de Belo Oriente (Quadro 10). As relações também foram influenciadas pela interação clone x local ($p < 0,01$). Na média dos três locais, a produção de tronco ou lenho por unidade de massa foliar apresentou a sequência $C3 > E5 > A1 > R9 > G7 > P7$.

Quadro 9. Partição de Massa Seca em plantios de *Eucalyptus* aos 47 meses de idade, cultivados em três regiões edafoclimáticas de Minas Gerais

^{1,2/} Clones/Locais	Partição de Massa Seca (%)									
	Folha			Galhos			Casca			
	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN	
A1	2,1ABb	5,2Ba	2,3BCb	4,9ABc	11,2Ba	8,5ABb	9,1Aa	9,8Aa	6,8ABb	
C3	1,2Bb	2,3Da	2,1Caa	4,4ABb	9,4Ba	6,3Bb	7,5ABb	10,3Aa	6,5ABb	
E5	1,1Bb	3,9Ca	3,4ABa	3,2Bb	9,4Ba	8,2ABa	8,8ABab	10,0Aa	7,5Ab	
G7	2,3ABc	6,0Ba	3,6Ab	7,1Ac	14,4Aa	10,0Ab	7,6Aab	8,7Aa	7,1ABb	
R9	2,9Ab	5,3Ba	2,9ABCb	5,5ABb	8,5Ba	8,0ABa	6,5Ba	6,7Ba	5,8Ba	
P7	3,0Ab	7,3Aa	3,6Ab	5,5ABb	10,7Ba	6,4Bb	8,6Aa	9,0Aa	6,9ABb	
^{3/} Média	2,1	5,0	3,0	5,1	10,6	7,9	8,0	9,1	6,8	
^{4/} F clone		*			*			*		
^{4/} F local		*			*			*		
^{4/} F clone x local		*			**			**		
^{5/} DMS clone		1,20			2,88			1,71		
^{5/} DMS local		0,98			2,34			1,39		
^{6/} CV (%)		14,52			14,92			8,76		
		Lenho			Tronco			Serapilheira		
A1	73,0ABa	60,2Ab	63,5Ab	82,0ABa	70,0Ab	70,4Ab	10,9Bb	13,5Bab	18,8Ba	
C3	68,1Ba	57,9ABb	64,5Aa	75,6Ba	68,2ABb	71,0Aab	18,7Aa	20,2Ba	20,6Ba	
E5	76,4Aa	61,6Ac	66,7Ab	85,2Aa	71,6Ab	74,2Ab	10,4Ba	15,1Ba	14,1Ba	
G7	71,6ABa	53,0Bc	63,5Ab	79,2ABa	61,7BCc	70,6Ab	11,4Bb	17,9Ba	15,7Bab	
R9	73,8ABa	60,7Ac	68,0Ab	80,3ABa	67,4ABc	73,8Ab	11,3Bb	18,8Ba	15,3Bab	
P7	59,4Ca	46,0Cb	55,4Ba	68,0Ca	55,0Cc	62,2Bb	23,5Aa	27,0BAa	27,7Aa	
^{3/} Média	70,4	56,5	63,6	78,4	65,6	70,4	14,4	18,8	18,7	
^{4/} F clone		*			*			*		
^{4/} F local		*			*			*		
^{4/} F clone x local		ns			***			ns		
^{5/} DMS clone		6,24			6,79			6,72		
^{5/} DMS local		5,07			5,51			5,46		
^{6/} CV (%)		4,00			3,86			15,83		

1/ Média das três árvores abatidas de A1 (*E.urophylla* x *Eucalyptus* sp.), C3 (*E. grandis* x *E.camaldulensis*), E5, G7 e R9 (*E. urophylla*), P7 (*E. urophylla* x *E.tereticornis*); 2/ BO = Belo Oriente, CJ = Coração de Jesus e GN = Guanhães, Valores seguidos por uma mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; Valores seguidos por uma mesma letra minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; 3/ Média dos clones em cada sítio; 4/ns = não significativo, * significativo a 1 %, **significativo a 5 % e *** significativo a 10 %; 5/Diferença Mínima Significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e 6/Coefficiente de variação de médias de clones.

Quadro 10. Produção de massa seca do lenho (MSL), massa seca de tronco (MSTR) e massa seca da parte aérea (MSPA) em função da produção de massa seca de folhas (MSF) de plantios de *Eucalyptus* aos 47 meses de idade, cultivados em três regiões edafoclimáticas de Minas Gerais

^{1,2/} Clones/ Locais	Relação entre Massa Seca (Mg Mg ⁻¹)								
	MSL/MSF			MSTR/MSF			^{7/} MSPA/MSF		
	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN
A1	35,0Ba	11,6Bb	27,2ABa	39,3Ba	13,6Bb	30,1ABa	42,7Ba	16,7Bb	34,7ABa
C3	57,6Aa	25,9Ab	31,0Ab	64,0Aa	30,5Ab	34,1Ab	68,5Aa	35,8Ab	38,1Ab
E5	67,3Aa	16,2ABb	19,8ABCb	75,0Aa	18,8ABb	22,1ABCb	78,8Aa	22,3Bb	25,5ABCb
G7	31,6BCa	8,8Bb	17,6BCb	35,0BCa	10,2Bb	19,6BCb	39,1Ba	13,7Bb	23,4BCb
R9	25,3BCa	11,5Bb	23,2ABCa	27,5BCa	12,8Bb	25,1ABCa	30,4BCa	15,4Bb	28,9ABCa
P7	20,3Ca	6,4Bb	15,2Cab	23,3Ca	7,7Bb	17,1Cab	26,2Ca	10,2Bb	20,0Cab
^{3/} Média	39,5	13,4	22,3	44,0	15,6	24,7	47,6	19,0	28,4
^{4/} F _{clone}		*			*			*	
^{4/} F _{local}		*			*			*	
^{4/} F _{clone x}		*			*			*	
^{5/} DMS _{clone}		11,36			12,47			12,80	
^{5/} DMS _{local}		9,23			10,13			10,40	
^{6/} CV (%)		18,43			18,05			16,45	

1/ Média das três árvores abatidas de A1 (*E.urophylla* x *Eucalyptus* sp.), C3 (*E. grandis* x *E.camaldulensis*), E5, G7 e R9 (*E. urophylla*), P7 (*E. urophylla* x *E.tereticornis*); 2/ BO = Belo Oriente, CJ = Coração de Jesus e GN = Guanhães, Valores seguidos por uma mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; Valores seguidos por uma mesma letra minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; 3/ Média dos clones em cada sítio; 4/ns = não significativo, * significativo a 1 %, **significativo a 5 % e *** significativo a 10 %; 5/Diferença Mínima Significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e 6/Coefficiente de variação de médias de clones; 7/MSPA = Massa Seca de Copa + Lenho.

DISCUSSÃO

Os clones cultivados em Guanhães apresentaram crescimento diamétrico e produção maiores do que nos demais sítios. As condições ambientais de Guanhães, portanto, favoreceram o melhor desenvolvimento dos materiais genéticos, ainda que a precipitação tenha ficado abaixo da média histórica. Esse local apresentou temperatura média de 20 °C, amplitude térmica média de 7,9 °C, DPV de 6,5 hPa e uma evapotranspiração potencial de 72 mm mês⁻¹. O DPV é uma medida que tem uma relação direta com os processos de evaporação (Vieira, 2009) e evapotranspiração, portanto, quanto menor o seu valor, maior a quantidade de vapor de água concentrada no ar e menor será a demanda evapotranspiracional. Costa e Marengo (2007) observaram para *Carapa guianensis* que o DPV interferiu na condutância estomática e teve uma estreita relação com a temperatura foliar. Os autores observaram queda da condutância estomática ao longo do dia e atribuindo-a ao aumento do DPV, à diminuição do potencial hídrico da folha ou ao efeito combinado de ambos fatores, sem excluir o

efeito da irradiância. Além das características climáticas, o solo argiloso de Guanhães tem uma maior capacidade de armazenamento de água disponível e menor déficit hídrico dentre os três locais estudados.

Belo Oriente, apesar de estar inserida na mesma região geográfica e dentro do mesmo bioma que Guanhães, distingue-se climaticamente pelo fato de ser localizado em altitude mais baixa, com temperaturas maiores (amplitude térmica de 11,4 °C) e maior evapotranspiração potencial (94 mm). Além disso, apresenta 60 % de argila na média do perfil do solo e déficit hídrico médio anual cerca de 72 % maior do que Guanhães. Este foi o segundo sítio com melhor crescimento e produção. Nas condições ambientais de Coração de Jesus, os materiais genéticos tiveram o pior desempenho de crescimento e produtividade e alocaram uma quantidade elevada dos fotoassimilados em folhas, galhos e casca.

Rocha et al. (2008) destacam que locais onde a precipitação seja inferior a 900 mm anuais e, com elevado déficit hídrico devem ser evitados para o cultivo do eucalipto. No entanto, no sítio de Guanhães, durante aproximadamente dois anos do período experimental, foram observadas precipitações muito abaixo do normal para a região e da quantidade citada por esses autores. Apesar disso, obtiveram-se as maiores produtividades. Isso mostra que outros fatores ambientais, além da precipitação, associados à maior capacidade de retenção de água e menor déficit hídrico no solo, pelo caráter argiloso, comparado aos outros dois locais, foram fundamentais para que os clones apresentassem estratégias para minimizar os efeitos da restrição hídrica e aumentar a eficiência de uso da água e de nutrientes na produção de massa de lenho e tronco. O eucalipto quando submetido a condições de restrição hídrica reduz sua fotossíntese, transpiração, condutância estomática e o potencial hídrico foliar, além de promover maior aprofundamento do sistema radicular, maior espessamento das paredes celulares e aumento da cerosidade da cutícula (Chaves et al., 2002; Ferraz, 2012; Veline et al., 2008; Taiz e Zeiger, 2009). Espécies adaptadas às condições de restrição hídrica possuem adaptações na estrutura foliar como baixa densidade estomática, redução dos espaços intercelulares e presença de duas ou mais camadas de paliçada no mesófilo (Gomes, 2013). As estratégias relatadas por esses pesquisadores podem ter sido utilizadas pelos clones de eucalipto que se mostraram mais adaptados as condições adversas de cada local.

Santana (2000) elaborou um modelo para estimar a produção de massa da parte aérea e do tronco para povoamentos de eucalipto no Brasil, no qual além da

precipitação média anual, outros fatores como a temperatura média anual, precipitação média acumulada nos seis meses mais secos e a disponibilidade potencial de água são considerados como importantes elementos da equação, evidenciando a importante interferência desses fatores na produção do sítio.

Considerando a quantidade de precipitação pluviométrica até os 47 meses de idade, quando as árvores foram abatidas, tem-se um acumulado de 4094 mm em Belo Oriente; 3689 mm em Coração de Jesus e 3613 mm em Guanhães. Além disso, a quantidade de chuva nos seis meses mais secos de Belo Oriente acumulada durante o período de avaliação foi de 789 mm, enquanto em Coração de Jesus foi de 357 e Guanhães chegou aos 576 mm. Pode-se inferir que para a região de Belo Oriente, a influência negativa advinda da maior demanda evapotranspiracional e do maior déficit hídrico no solo, comparado a Guanhães, sobre a produção de massa do lenho e tronco foi minimizada pela maior precipitação e melhor distribuição da mesma ao longo do período de cultivo, sendo o segundo sítio com maior produção. Barros Filho (2014) observou que existe uma estreita relação positiva entre crescimento, incremento corrente anual, área basal e volume de chuvas, indicando que a água foi o fator mais limitante para a região de Brasília de Minas, no norte do Estado. Portanto, a melhor distribuição da água de chuvas em uma região onde a demanda evaporativa ou a retenção de água no solo são limitantes, pode ser um fator que mitiga os efeitos negativos sobre a produção em áreas de cultivo com essas características.

Souza et al. (2006) relataram que no município de Belo Oriente, devido a maior deficiência hídrica, o armazenamento médio mensal de água no solo é menor do que municípios como Guanhães e Nova Era que se encontram em altitudes mais elevadas. Esses autores também observaram que as melhores produtividades de *Eucalyptus grandis* foram obtidas nos povoamentos cultivados em Guanhães e ressaltaram que a variação da precipitação das três regiões, que foi muito pequena, seria insuficiente para explicar os ganhos de produtividade. Isso reforça a importância das demais características climáticas (Variação das temperaturas, radiação solar, DPV, ETP) associadas às características edáficas (teor de argila, capacidade de armazenamento de água, déficit hídrico anual, etc) na definição da expressão do potencial de produção do material genético.

Mesmo que a região de Belo Oriente tenha apresentado déficit de pressão de vapor (DPV) mais elevado e maior amplitude térmica, o que indicaria uma maior demanda evapotranspirativa, a produção de lenho ou tronco mostrou-se

muito superior em comparação a uma região com DPV similar, como no caso de Coração de Jesus. Deve-se ressaltar, que o nível de precipitação acumulada em Belo Oriente foi 11 % superior ao município de Coração de Jesus e 13 % mais elevada quando comparado a Guanhães.

No caso de Guanhães, o clima mais ameno proporcionado pela altitude e o tipo de solo pode ter minimizado os efeitos da menor precipitação acumulada ao longo do período, similar ao observado por Souza et al. (2006), pois, o solo desse local apresentou maior estimativa do conteúdo volumétrico de água disponível (CAD) comparado ao solo de textura média que tem maior concentração de areia, como no caso de Coração de Jesus. Além disso, o DPV médio durante esses 47 meses de idade, em Guanhães, foi cerca de 40 a 43 % menor quando comparado aos sítios de Belo Oriente e Coração de Jesus, evidenciando sua menor demanda evapotranspiracional. Souza et al. (2004), estudando a disponibilidade hídrica do solo, também verificaram maior produtividade de eucaliptos cultivados em Guanhães, Nova Era, Peçanha e Virginópolis (áreas mais elevadas) quando comparados à Belo Oriente e Ipaba (menor altitude). Os autores apontaram que o déficit hídrico foi mais elevado em Belo Oriente, houve queda na condutância estomática com aumento do DPV nesse local e o maior aquecimento diurno e noturno elevou o gasto de energia para manutenção das árvores.

Importante observar que o DPV médio aumentou com o passar dos anos após o plantio nas três localidades, bem como houve tendência de redução da precipitação média anual e elevação das temperaturas, fatos que contribuíram para aumentar a restrição hídrica às plantas. Conseqüentemente, o déficit hídrico médio anual no solo tendeu a aumentar nos últimos anos.

Neves et al. (2008) apresentaram estimativas da capacidade produtiva de plantios de eucalipto obtidas por meio do modelo 3PG aos sete anos de idade, onde Belo Oriente está inserida em uma região que a produtividade estimada de tronco variou de 32 a 39 m³ ha⁻¹ ano⁻¹; Coração de Jesus de 27 a 31 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ e Guanhães na faixa de 31 a 37 m³ ha⁻¹ ano⁻¹. O IMA_{3,9} médio dos clones cultivados em Belo Oriente foi de 44,67 m³ ha⁻¹ ano⁻¹; Coração de Jesus foi 22,52 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ e Guanhães igual a 48,67 m³ ha⁻¹ ano⁻¹. Nesse período de avaliação, apenas os clones cultivados no sítio de Coração de Jesus apresentaram produtividade média abaixo do estimado pelo modelo 3PG, que para alguns locais, como Guanhães, mostrou valor subestimado para sete anos de produção. Além disso, o IMA₇ das três áreas poderá ser diferente do observado no presente trabalho, em

função das diversas interferências edafoclimáticas a que estarão submetidas e em razão do comportamento genético do próprio clone. Os clones A1, E5, G7 e R9, que apresentaram maior produção de lenho ou tronco nas três áreas, alcançaram um IMA_{3,9} médio superior a 45 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ nos dois sítios de Belo Oriente e Guanhães.

A produção de massa do lenho e tronco no sítio de Guanhães foi 14 % superior à de Belo Oriente, e mais do dobro comparado a Coração de Jesus. Os clones cultivados em Coração de Jesus estão em altitude similar àqueles cultivados em Guanhães. Levando em consideração apenas os fatores altitude e precipitação, era de se esperar produção similar em ambas localidades. No entanto, a área de Coração de Jesus está localizada dois graus de latitude sul a menos, recebendo radiação solar mais intensa (6,5 a 7 kWh m² dia⁻¹), uma insolação média diária anual de 9,5 horas (CEMIG, 2012) e amplitude térmica de 12,1 °C, que eleva as temperaturas e aumenta o déficit de pressão de vapor (DPV), evapotranspiração potencial (ETP) e índice de seca comparado à Guanhães.

A radiação solar média anual fica entre 5,5 a 6 kWh m² dia⁻¹ e a insolação média diária anual é de 6 horas, em Guanhães (CEMIG, 2012), condições que afetam de maneira importante as variações climáticas de duas regiões localizadas em altitudes similares. O macroclima ou clima regional é condicionado pelos fatores determinantes da macroescala ou escala geográfica, como latitude, altitude, continentalidade, massas de ar, entre outros (Sentelhas e Monteiro, 2009) e interferem conjuntamente de modo importante na produção do eucalipto, conforme observado por meio deste trabalho. Fritzsons et al. (2016) observaram no estado de Santa Catarina que a altitude foi o fator que mais influenciou a temperatura, seguido respectivamente da latitude e longitude. Segundo esses autores, a temperatura média anual apresentou uma variação entre 1,08 °C a 1,30 °C para cada grau de latitude e 0,18°C a 0,62°C para cada grau de longitude, aumentando para oeste, reforçando a importância de outros elementos sobre as condições climáticas de locais diferentes com altitudes similares.

Quanto à amplitude térmica, durante a estação seca, tende a ser mais elevada devido a menor quantidade de nuvens, que proporciona maior incidência da radiação solar durante o dia e maior perda energética radioativa da superfície durante a noite (Gianotti et al., 2013). Os autores relataram que a amplitude térmica também está relacionada à umidade, de modo que uma maior umidade relativa do ar ocasiona menor amplitude térmica. Isso pode ser verificado durante

o ciclo de cultivo em Guanhães, que apresentou as menores amplitudes térmicas, e durante alguns meses chuvosos nos demais sítios.

Além disso, as características do solo da área experimental de Coração de Jesus, associadas às condições climáticas mais limitantes do local, foram definidoras da produção, uma vez que esse local tem o menor percentual de argila (35%) na composição média do perfil do solo de 0 a 40 cm, que levou ao menor valor de CAD e o maior déficit hídrico anual comparado às duas outras áreas experimentais. Conseqüentemente, pode ter ocorrido menor condutância estomática nessa circunstância (Souza et al., 2006). O eucalipto apresenta um eficiente controle da transpiração devido a sua grande sensibilidade no controle estomático e existe uma correlação direta entre o total de água transpirada e o ganho de massa, sob boas condições de disponibilidade hídrica do solo (Ribeiro et al., 2009). De modo geral, os clones A1 e R9 apresentaram as maiores produções de lenho ou tronco aos 47 meses de idade, similar ao observado por Mattos (2015) em Buri-SP, na idade de 28 meses, quando os mesmos seis clones utilizados neste trabalho foram estudados.

A precipitação acumulada foi similar nos sítios de Coração de Jesus e Guanhães, porém, a regularidade da distribuição da precipitação ao longo dos anos foi diferente. Ao calcular o coeficiente de variação da precipitação nas três localidades ao longo dos 47 meses, obteve-se um valor de 119 % para Belo Oriente, 152 % para Coração de Jesus e 134 % para Guanhães. Isso mostra que a região de Coração de Jesus foi a que apresentou a maior variabilidade de precipitação dentre os três locais e que a irregularidade desta precipitação acumulada e a textura média do solo local não permitiram que a disponibilidade de água para as plantas fosse condizente a elevado crescimento e produção. Outro fator importante foi o volume acumulado de chuvas nos seis meses secos entre os anos de 2012 e 2015 no município de Guanhães, que foi aproximadamente 60 % superior ao acumulado em Coração de Jesus dentro do mesmo período. De acordo com Ribeiro et al. (2009), além de se conhecer o total anual, é de grande importância saber a distribuição das chuvas ao longo do ano, pois, em muitos casos, precipitações maiores que a média histórica não significa que foram bem distribuídas ao longo do ciclo de cultivo florestal, levando a deficiência hídrica.

A seqüência de clones com maior produção de matéria seca do lenho foi diferente daquela observada quando se leva em conta apenas o volume de lenho, volume de tronco e IMA_{3,9}, tendo em vista a densidade do lenho do material

genético. Considerando os aspectos nutricionais, a massa é importante, pois determina a eficiência de utilização dos nutrientes pela planta e a alocação de nutrientes e do carbono.

Neste trabalho, dos clones que apresentaram as maiores massas de lenho e tronco, o clone R9 apresentou menor volume de tronco e lenho que os clones A1 e E5, mas a densidade de seu lenho foi mais elevada, chegando a ser 25 % maior do que a do clone A1 e 13 % maior do que o E5. Da mesma maneira, o clone G7, por apresentar uma densidade média de lenho mais elevada do que o E5, teve sua maior massa de lenho ou tronco. Mattos (2015), estudando esses mesmos clones aos 28 meses em um sítio do programa TECHS localizado no município de Buri-SP também observou que a densidade básica média de R9 foi maior do que a dos clones A1 e E5, corroborando com o observado neste trabalho.

A maior quantidade de serapilheira observada em Guanhães está relacionada com a maior quantidade de folhas e galhos produzidos, além da velocidade de decomposição ser mais lenta nesse ambiente que apresenta temperaturas mais amenas. Souza et al. (2016) relatam que a taxa de decomposição de resíduos florestais em Guanhães foi mais baixa em razão da temperatura média menor e textura argilosa do solo, em comparação com outras regiões brasileiras.

Diversos estudos (Andrade et al., 2003; Kolm e Poggiani, 2003; Viera et al., 2009; Neves, 2012; Corrêa et al., 2013; Blum, 2014; Carvalho et al., 2014; Vieira et al., 2014; Souza et al., 2016) registraram a importância da serapilheira como fonte de nutrientes para as árvores. Além disso, a serapilheira é responsável pelo enriquecimento do solo em matéria orgânica ao longo do tempo, manutenção da umidade e favorecimento de processos biológicos no solo (Souza et al., 2016). Neste estudo, a região de Guanhães favoreceu mais o acúmulo de serapilheira nos povoamentos de eucalipto do que as outras duas, que pode contribuir, de forma mais significativa, para a manutenção da produção dos cultivos futuros, especialmente considerando-se que nas três regiões os solos apresentavam baixa fertilidade natural.

Por outro lado, a produção de serapilheira em Belo Oriente foi 20 % superior comparada à Coração de Jesus, que apresenta o mesmo tipo climático (Aw) e tem as temperaturas mais elevadas e maiores DPVs. Isso pode proporcionar decomposição mais rápida desse material. Localidades com elevada precipitação, de modo geral, apresentam maior acúmulo de serapilheira do que

regiões secas, porém, a frequência e distribuição das chuvas, bem como a ocorrência de intempéries incomuns no clima da região, podem afetar a deposição (Andrade et al., 2003; Inkotte et al. 2015). Tendo em vista que a produção de matéria seca de folhas e galhos foi menor em Belo Oriente, apesar das condições de precipitação pluviométrica mais satisfatória do que em Coração de Jesus, era de se esperar maior acúmulo de serapilheira neste último sítio, devido à possibilidade de maior síntese de etileno, que causa a queda de folhas e galhos em razão da maior restrição hídrica (Taiz e Zeiger, 2009). No entanto, a decomposição nesse local pode ser mais acelerada do que a deposição.

Em média, a alocação de massa nos galhos dos clones em Coração de Jesus foi de 10,60 % e de 7,90 % em Guanhães, sendo significativamente influenciada pela interação clone x local ($p < 0,05$). Estudo realizado em plantio com 52 meses de idade, em solo arenoso, mostrou alocação de 14,30 % da massa total em galhos para *E. camaldulensis* e 11,20 % para *E. pellita* cultivados em espaçamento de 3 x 3 m, no município de João Pinheiro-MG (Altitude de 550 m), onde a precipitação média varia de 900 a 1200 mm (Leles et al., 2001) e com déficit hídrico de 70 a 140 mm ano⁻¹ (Oliveira et al., 1990). Hsing et al. (2016) estudaram híbridos de *E. grandis x urophylla*, com 27 meses de idade, cultivados em Jaboticabal-SP (Clima Cwa e altitude de 604 m), sobre Latossolo Vermelho distrófico de textura argilosa, em espaçamento de 3,5 x 2 m, e verificaram uma alocação de 13,9 % da massa da parte aérea em galhos. Esses autores também observaram forte influencia do clone ($p < 0,01$) para massa de galhos.

Pode-se observar que a sequência de alocação média da massa foi Tronco > Lenho > Serapilheira > Casca > Galhos > Folhas para as três áreas estudadas. A importância da serapilheira pode ser novamente destacada, tendo em vista que foi o terceiro compartimento com maior acúmulo de massa, sendo superior à quantidade relativa de massa alocada na casca e nos componentes da copa. Neves (2000) estudando a partição de massa em plantios clonais de *Eucalyptus urograndis* na região litorânea do Espírito Santo observou que em média a proporção de serapilheira foi de 5,90 %. A sequência de alocação média de massa observada por ele, desconsiderando a parte radicular, foi Tronco > Lenho > Casca > Serapilheira > Galhos, similar ao observado neste trabalho.

Neves (2000) também observou valores médios de partição de massa de aproximadamente 74 % para lenho, 7 % para casca e 81 % para tronco. Valores próximos a este foram obtidos em Belo Oriente, enquanto em Coração de Jesus, a

partição foi proporcionalmente menor com uma quantidade relativa expressiva (10,60 %) alocada em galhos. Essa diferença reforça a influência das condições ambientais na alocação de massa em plantios florestais.

Analisando a partição de massa dos clones de eucalipto entre os dois sítios do Vale do Rio Doce, observa-se que Belo Oriente, apesar de produzir menor valor absoluto de massa de lenho e tronco comparado a Guanhães, houve maior alocação de massa para tais compartimentos. As relações MSL/MSF e MSTR/MSF também mostraram que houve maior produção de lenho e tronco por unidade foliar em Belo Oriente. Isso indica que os clones cultivados em Belo Oriente podem ter utilizado os recursos de maneira mais eficiente para a produção da parte de interesse comercial, quando comparados aos clones cultivados em Guanhães, que tiveram uma alocação mais elevada em folhas, galhos e serapilheira. Uma hipótese para esse segundo melhor desenvolvimento dos clones em Belo Oriente, mesmo em uma condição climática mais restritiva, pode ser também em razão de um possível maior aprofundamento de raízes e da produção de raízes finas tendo em vista o déficit hídrico mais acentuado da região (Taiz e Zeiger, 2009; Römheld e Kirkby, 2010; Pinto et al., 2011).

CONCLUSÕES

O crescimento e a produção de massa dos clones são influenciados pelas condições ambientais, com destaque das características do solo dos sítios estudados. As maiores produções foram obtidas em Guanhães e as menores em Coração de Jesus.

A partição de massa dos componentes das árvores é influenciada pelas condições de clima e pelas características do solo, como teor de argila, CAD e nível de déficit hídrico. A alocação de massa na copa (folhas e galhos) aumentou à medida que a restrição hídrica tornou-se mais severa.

A quantidade de serapilheira varia em função do clone, local e da interação entre essas variáveis, acumulando mais em ambiente com temperaturas amenas e menor demanda evaporativa.

A precipitação mais elevada e bem distribuída, em áreas com maior demanda evapotranspiracional e maior teor de argila, pode mitigar os efeitos adversos sobre a produção do eucalipto. Em áreas com altitude e precipitação similar, o tipo de solo, a distribuição de chuvas ao longo do ciclo, a localização

geográfica (latitude, longitude e macroclima) e variáveis climáticas como DPV, radiação solar média anual e insolação são definidoras do potencial de produção do eucalipto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAF. Anuário Estatístico da ABRAF 2013 - Ano base 2012, ABRAF. Brasília, 2013, 148 p.
- ANDRADE, A. G.; TAVARES, S. R. L.; COUTINHO, H. L. C. Contribuição da serapilheira para recuperação de áreas degradadas e para manutenção da sustentabilidade de sistemas agroecológicos. Informe agropecuário, Belo Horizonte, v. 24, n. 220, p. 55-63, 2003.
- ALFONSI, R.R.; PEDRO JUNIOR, M.J.; ARRUDA, F.B.; ORTOLANI, A.A.; CAMARGO, M.B.P.; BRUNINI, O. Métodos agrometeorológicos para controle da irrigação. Campinas, Instituto Agrônomo, 1990. 62p. (Boletim técnico, 133).
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S.N. Experimentação agrícola. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 247 p.
- BARROS, N.F.; BRAGA, J.M.; BRANDI, R.M.; DEFELIPO, B.V. Produção de eucalipto em solos de cerrados em resposta à aplicação de NPK e de B e Zn. Revista Árvore, v. 5, p. 90-103, 1981.
- BARROS FILHO, N.F. Discriminação isotópica do ^{13}C e nutrição com cálcio e boro em clones submetidos ao déficit hídrico. UFV: Viçosa, 2014. (Tese de Doutorado).
- BLUM, H. Caracterização biogeoquímica da serapilheira e de substâncias húmicas do solo sob plantios com espécies florestais nativas e exóticas no sul do Brasil. 2014. 120 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, 2014.
- BOX, G. E. P. Some theorems on quadratic forms applied in the study of analysis of variance problems, Annals of Mathematical Statistics, Washington, v. 25, p. 290-302, 1954.
- BOX, G. E. P.; MEYER, R. D. Dispersion Effects from Fractional Designs. Technometrics, v. 28, Issue 1, p.19-27. February, 1986.
- CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.A.S. Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos do Instituto Agrônomo de Campinas. Campinas, Instituto Agrônomo, 2009. 77 p. (Boletim técnico, 106, Edição revista e atualizada).
- CARVALHO, R.R.; SCHUMACHER, M.V.; DUTRA, M.D.S. Devolução de nutrientes pela serapilheira acumulada de *Eucalyptus urograndis* estabelecido no bioma Pampa. Anais...VIII Simpósio Brasileiro de Pós-Graduação em Ciências Florestais, UFRPE, 2014.
- CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais. Atlas Solarimétrico de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG, 80 p. 2012.

- CENIBRA – Celulose Nipo-Brasileira S/A. Projeto TECHS – Tolerância de clones de *Eucalyptus* ao estresse hídrico e térmico. 2016. 22 p.
- CHAVES, M.M.; PEREIRA, J.S.; MAROCO, J.; RODRIGUES, M.L.; RICARDO, C.P.P.; OSÓRIO, M.L.; CARVALHO, I.; FARIA, T.; PINHEIRO, C. How plants cope with water stress in the field? Photosynthesis and Growth. *Annals of Botany* 89: 907- 916. 2002.
- CLIMATE-DATA. Clima: Belo Oriente, Coração de Jesus e Guanhães. Disponível em: <<http://pt.climate-data.org/location>>. Acessado em 02 de Jan. 2016.
- CORREIA, J.R. REATTO, A.; SPERA, S.T. Solos e suas relações com o uso e manejo. In: SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. (Eds.). Cerrado: Correção do solo e adubação. 2ª ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 29-61.
- CORRÊA, R.S.; SCHUMACHER, M.V.; MOMOLLI, D.R. Deposição de serapilheira e macronutrientes em povoamento de *Eucalyptus dunnii* Maiden sobre pastagem natural degradada no Bioma Pampa. *Sci. For.*, 41: 065-074, 2013.
- COSTA, M. H. Balanço hídrico segundo Thornthwaite e Mather, 1995. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Agrícola. Engenharia na Agricultura, Caderno didático 19. 22 p. 1994.
- COSTA, G.F.; MARENCO, R.A. Fotossíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*). *Acta Amaz.*, 37: 229-234, 2007.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.
- FERRAZ, T.M. Ecofisiologia de clones de eucalipto submetidos à restrição hídrica em condições de campo. Campo dos Goytacazes: UENF, 2012. (Tese de Doutorado). 113 p.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ci. e Agro.*, 35: 1039-1042, 2011.
- FRITZSONS, E.; MANTOVANI, L.E.; WREGGE, M.S. Relação entre altitude e temperatura: uma contribuição ao zoneamento climático no estado de Santa Catarina, Brasil. *Rev. Bras. Climat.* 18: 80-92, 2016.
- GIANOTTI, A.R.C.; SOUZA, M.J.H.; MACHADO, E.L.M.; PEREIRA, I.M.; VIEIRA, A.D.; MAGALHÃES, M.R. Análise microclimática em duas fitofisionomias do Cerrado no Alto Vale do Jequitinhonha, Minas Gerais. *Rev. Bras. Met.* 28: 246-256, 2013.
- GOOGLE. Google Earth. Version 7.1.8.3036. 2016. Nota (Mapa de Minas Gerais com destaque para Belo Oriente, Coração de Jesus e Guanhães). Disponível em: <<https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>>. Acesso em: 15 jan. 2016.
- GOMES, L.M.L. Características morfofisiológicas associadas à restrição hídrica em clones de eucalipto. Viçosa, MG:UFV, 2013. (Dissertação de Mestrado)
- GONÇALVES, J.L.M.; RAIJ, B. van; GONÇALVES, J.C. Florestais. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Eds.).

- Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo e Fundação IAC, 1996. p. 247-259.
- GUIMARÃES, D.P.; SILVA, G.G.C.; SANS, L.M.A.; LEITE, F.P. Uso do modelo de crescimento 3-PG para o zoneamento do potencial produtivo do eucalipto no estado de Minas Gerais. Rev. Bras. Agrometeorologia, 15: 192-197, 2007.
- HSING, T.Y.; PAULA, N.F.; PAULA, R.C. Características dendrométricas, químicas e densidade básica da madeira de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. Ci. Flor. 26: 273-283, 2016.
- IBÁ. Indústria Brasileira de Árvores 2014. São Paulo-Brasília, 2014. 100 p.
- IPEF – INSTITUTO DE PESQUISA E ESTUDOS FLORESTAIS. Croqui do TECHS 26 PLA, Coração de Jesus-MG – Plantar: Ensaio Espaçamento e Clonal. 2011.
- INKOTTE, J.; MAFRA, A.L.; RIOS, P.D.; BARRETA, D.; VIEIRA, H.C. Deposição de serapilheira em reflorestamentos de eucalipto e florestas nativas nas regiões Planalto e Oeste do Estado de Santa Catarina. Sci. For., 43: 261-270, 2015.
- KOLM, L.; POGGIANI, F. Ciclagem de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus grandis* submetidos à prática de desbastes progressivos. Sci. For., 63: 79-93, 2003.
- LELES, P.S.S.; REIS, G.G.; REIS, M.G.F.; MORAIS, E.J. Crescimento, produção e alocação de matéria seca de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus pellita* sob diferentes espaçamentos na região do Cerrado, MG. Sci. For. 59: 77-87, 2001.
- MATTOS, E.M. Caracterização da sazonalidade do crescimento do lenho, da copa e da eficiência do uso da luz em clones do gênero *Eucalyptus*. 128 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.
- NEVES, J. C. L. Produção e partição de biomassa, aspectos nutricionais e hídricos em plantios clonais de eucalipto na região litorânea do Espírito Santo. 2000. 192 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF), Campos dos Goitacazes, 2000.
- NEVES, C.U. Ciclagem de nutrientes em plantios de *Eucalyptus dunii* com idade de 1, 2 e 3 anos no Planalto Sul Catarinense. 2012. 49 p. Dissertação (Mestrado em Manejo do Solo) – Universidade Estadual de Santa Catarina, Lages, 2012.
- NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. Nutrição e adubação de plantios de eucalipto. In: EPAMIG. Informe Agropecuário, 29: 42-46. 2008.
- OLIVEIRA, A.C.; BERTOLUCCI, F.L.G.; ANDRADE, H.B. Avaliação de *Eucalyptus camaldulensis* nas condições edafoclimáticas do norte e noroeste de Minas Gerais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, 1990. Anais...Campos do Jordão: SBS/SBEF, 1990. P. 474 – 486.
- PINTO, S. I. C.; FURTINI NETO, A. E.; NEVES, J. C. L.; FAQUIN, V.; MORETTI, B. S. Eficiência nutricional de clones de eucalipto na fase de mudas cultivados em solução nutritiva. Rev. Bras. Ci. Solo, 35 (2): 523-533. 2011.

- RAIJ, B. ; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. v.1. 285 p.
- RIBEIRO, A.; PAIVA, Y.G.; BAESSO, R.C.E.; ALMEIDA, A.Q.; OLIVEIRA, A.S.; OLIVEIRA, R.A.; HAMAKAWA, P.J.; SILVA, M.P. Eucalipto. In: MONTEIRO, J.E.B.A. (Org.) Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola. Brasília, DF: INMET, 2009. p. 407-424.
- ROCHA, M.G.B.; VALE, L.C.C.; ROCHA, D. Fomento Florestal em Minas Gerais. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 29: 114 - 127, 2008.
- RÖMHELD, V.; KIRKBY, E.A. Research on potassium in agriculture: Needs and prospects. Plant Soil, 335:155-180, 2010.
- SANTANA, R.C. Predição de biomassa e alocação de nutrientes em povoamentos de eucalipto no Brasil. 2000. 59 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 2000.
- SENTELHAS, P.C.; MONTEIRO, J.E.B.A. Agrometeorologia dos cultivos: Informações para uma agricultura sustentável. In: MONTEIRO, J.E.B.A. (Org.) Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola. Brasília, DF: INMET, 2009. p. 03-12.
- SILVA, J.C.; CASTRO, V.R. Madeira de eucalipto como matéria prima para indústria moveleira. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 29: 86-97, 2008.
- SMALIAN, H. L. Beitrag zur Holzmesskunst. Strausund (1804), cit. Prodan (1965), 1837.
- SOUZA, I.F.; BARROS, N.F.; SILVA, I.R.; RENIER, R.F.; SILVA, L.A.; NOVAIS, R.F. Decomposition of eucalypt harvest residues as affected by management practices, climate and soil properties across southeastern Brazil For. Ecol. Manag., 374: 186-194. 2016.
- SOUZA, M.J.H.; RIBEIRO, A.; LEITE, F.P. Variação sazonal e diurna da irradiância solar global em cinco localidades do Vale do Rio Doce — MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 12., 2004, Fortaleza. Anais..Fortaleza - CE: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2004. CD-ROM.
- SOUZA, M.J.H. de et al. Disponibilidade hídrica do solo e produtividade do eucalipto em três regiões da Bacia do Rio Doce. Rev. Árvore, 30: 399-410. 2006.
- STAPE, J.L et al. Programa Cooperativo TECHS – Tolerance of Eucalyptus Clones to Hydric and termal Stresses. Revisão...IPEF, Piracicaba-SP, set. 2011.
- STAPE, J.L. et al. Programa Cooperativo sobre Tolerância de *Eucalyptus* Clonais aos Estresses Hídrico e Térmico (TECHS) – Relatório Anual. IPEF, 2015. p. 52-63.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 4ª edição. Porto Alegre: Editora Artmed, 2009. 819 p.
- THORNTHWAITE, C.W. Na approach toward a rational classification of climate. Geographical Review, 38: 55-94, 1948.

- VEIGA, R. A. A. - Métodos de determinação de área basal em povoamentos florestais. Botucatu, F.C.M.B.B., 1970. 119 p.
- VELLINI, A.L.T.T.; PAULA, N.F. DE; ALVES, P.L.DA C.A.; PAVANI, L.C.; BONINE, C.A.V.; SCARPINATI, E.A.; PAULA, R.C. de. Respostas fisiológicas de diferentes clones de eucalipto sob diferentes regimes de irrigação. Revista Árvore, 32: 651-663. 2008.
- VIEIRA, J.A.G.; TEIXEIRA, M.B.; LOSS, A.; LIMA, E.; ZONTA, E. Produção de Serapilheira e Retorno de Nutrientes ao Solo pela Espécie *Eucalyptus urograndis*. Rev. Bras. De Agroecologia, 4:40-43, 2009.
- VIEIRA, M.; SCHUMACHER, M.V.; ARAÚJO, E.F.; CORRÊA, R.S.; CALDEIRA, M.V.W. Deposição de serapilheira e nutrientes em plantio de *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus*. Floresta Ambient. 21: 327-338. 2014.
- VIERA, L. Meteorologia e climatologia agrícola: notas de aula. 2009. Disponível em: <<http://www.dea.uem.br/disciplinas/meteorologiaagricola.pdf>>. Acesso em 09 de setembro de 2016.

CAPÍTULO II

NUTRIÇÃO DE GENÓTIPOS DE EUCALIPTO É INFLUENCIADA PELAS CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS DOS SÍTIOS DE CULTIVO

RESUMO

A cultura do eucalipto desempenha grande importância social e econômica no Brasil. Sua produtividade é determinada pelas condições edafoclimáticas do sítio, variando com o material genético utilizado no plantio. As novas fronteiras de cultivo do eucalipto, em geral, apresentam restrições hídricas e nutricionais a produtividades elevadas e a escolha de materiais genéticos mais tolerantes ou mais eficientes na utilização dos fatores de crescimento tem sido a estratégia adotada pelas empresas florestais. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de diferentes condições edafoclimáticas sobre o conteúdo e partição de nutrientes e eficiência nutricional de seis clones de eucalipto. Os sítios experimentais encontram-se localizados nos municípios de Belo Oriente, Coração de Jesus e Guanhães. Os clones A1, C3, E5, G7, P7 e R9 foram plantados no espaçamento de 3 x 3 m, em parcelas de 24 x 45 m. Aos 47 meses após o plantio, três árvores com circunferência em torno da média foram abatidas para avaliações dendrométricas e coleta de amostras de tecidos vegetais para análise nutricional. Foram amostrados folhas, galhos, casca, lenho e serapilheira para quantificação da matéria seca e determinação dos teores de macronutrientes. Calcularam-se o conteúdo, a partição e a eficiência de utilização dos macronutrientes na árvore e na serapilheira. Os teores e os conteúdos de macronutrientes nos compartimentos dos clones de eucalipto foram influenciados pela interação entre clone e local. Em ambientes com altitudes similares, diversos fatores climáticos associados às características de solo afetaram a dinâmica de acúmulo e alocação dos nutrientes nos compartimentos das plantas, enquanto no sítio de baixa altitude, a maior precipitação, associada à maior retenção de água no solo, minimizou os efeitos negativos da maior demanda evapotranspiracional sobre a nutrição do eucalipto. A aquisição de fósforo pelos clones de eucalipto em Coração de Jesus foi limitada, em razão das condições ambientais e maior déficit hídrico anual do solo, tendo em vista que diversos clones cultivados nesse local apresentaram baixos

teores foliares deste nutriente. A partição de N foi influenciada pela interação clone x local apenas para folhas; nos demais compartimentos houve ação dos fatores isoladamente. A partição de P, K, Ca, Mg e S foi influenciada pela interação clone x local na maioria dos compartimentos analisados. De modo geral, maior parte de P, K e S ficou alocada no lenho dos clones, enquanto N, Ca e Mg tiveram maior alocação para a serapilheira. Quantidades expressivas de P, K, Ca e Mg foram também alocadas na casca. Os coeficientes de utilização biológico das folhas (CUB foliar) mostraram-se mais elevados em função da menor concentração do elemento no tecido e não necessariamente correspondente a maior produtividade do sítio ou do clone. O CUB foliar de N não foi influenciado pelo clone, local ou pela interação entre as variáveis. O CUB foliar dos macronutrientes P, K e S foi influenciado pelo clone. Apenas o CUB foliar de Ca e Mg foi influenciado pela interação entre clone x ambiente. O acúmulo de K e Ca na copa, principalmente em condições de maior déficit hídrico e maior demanda evaporativa, também pode refletir os mecanismos fisiológicos que esses clones utilizam para manter o crescimento e a produção nas áreas estudadas. A eficiência no controle estomático, no uso da água e da luz solar pelos clones mais produtivos, além do espessamento das paredes celulares podem ser algumas das estratégias utilizadas.

Palavras-Chave: cálcio, florestal, nutrição, potássio

CHAPTER II

NUTRITION OF EUCALYPT GENOTYPES IS INFLUENCED BY THE EDAFOCLIMATIC CONDITIONS OF SITES

ABSTRACT

The *Eucalyptus* plantations have great social and economic importance in Brazil. Its productivity is determined by the site's soil and climatic conditions, varying with the genetic material used in planting. The new frontiers of eucalypt cultivation, in general, present hydric and nutritional restrictions to high yields and the choice of more tolerant or more efficient genetic materials in the use of growth factors has been the strategy adopted by forestry companies. The objective of this work was to evaluate the influence of different edaphoclimatic conditions on the content, nutrient partition and nutritional efficiency of six *Eucalyptus* clones. The experimental areas are located in the municipalities of Belo Oriente, Coração de Jesus and Guanhães, Minas Gerais State, Brazil. Clones A1, C3, E5, G7, P7 and R9 were planted at 3 x 3 m spacing in 24 x 45 m plots. At 47 months after planting, three trees with circumference around the mean were harvested for dendrometric evaluations and collection of plant tissue samples for nutritional analysis. Leaves, branches, bark, wood and litter were sampled for dry matter quantification and macronutrient determination. The content, partition and efficiency of macronutrients in the tree and the litter were calculated. The macronutrient concentrations and contents of the eucalypt clones were influenced by the interaction between clone and local. In environments with similar altitudes, several climatic factors associated with soil characteristics affected the dynamics of nutrient accumulation and allocation in the compartments of the plants, while in the low altitude site, the higher precipitation associated with greater water retention in the soil minimized the negative effects of the higher evapotranspirational demand on *Eucalyptus* nutrition. The acquisition of phosphorus by the eucalypt clones in the Coração de Jesus was limited, due to the environmental conditions and the highest annual water deficit of the soil, considering that several clones cultivated in this area showed deficiency of this element in leaf tissue. The partition of N was influenced by the clone x local interaction only for leaves, in the other compartments there was action of the

factors alone. The partition of P, K, Ca, Mg and S was influenced by the clone x local interaction in most of the compartments analyzed. In general, most of the macronutrients P, K and S were allocated in the wood of the clones, whereas N, Ca and Mg had higher allocation to the litter. The bark also allocated expressive amounts of P, K, Ca and Mg. The coefficients of biological use of the leaves (leaf CUB) were higher due to the lower concentration of the element in the tissue and not necessarily corresponding to higher yield of the site or the clone. The N foliar CUB was not influenced by the clone, local or by the interaction between the variables. The leaf CUB of the macronutrients P, K and S was influenced by the clone. Only the leaf CUB of Ca and Mg was influenced by the interaction between clone x environment. The accumulation of K and Ca in the crown, especially under conditions of higher water deficit and higher evaporative demand, may also reflect the physiological mechanisms that these clones use to maintain growth and production in the studied areas. The efficiency of stomatal control, the use of water and sunlight by the most productive clones, and the thickening of cell walls may be some of the strategies used.

Key-Words: Calcium, forest, nutrition, potassium

INTRODUÇÃO

O eucalipto é uma espécie florestal de grande importância econômica para o Brasil. Diferentemente do conceito de algumas décadas passadas, de que as espécies de *Eucalyptus* poderiam ser cultivadas em solos pobres e ácidos, atualmente está bem estabelecido que a manutenção de adequados níveis nutricionais é condição indispensável para que materiais genéticos melhorados tenham elevada produtividade. Com a introdução de novas espécies de eucalipto entre as décadas de 70-80 (Golfari, 1970; Golfari et al., 1978) e o início dos trabalhos de clonagem, intensificaram-se os estudos relacionados à qualidade do material genético, espaçamento e adubação (Souza, 2012). Para alcançar altas produtividades, a utilização de clones em escala comercial é amplamente difundida entre empresas, pois, confere características desejáveis ao cultivo (Alfenas et al., 2004), como maior homogeneidade da floresta em crescimento, produção de madeira e são selecionados para desenvolver em condições edafoclimáticas distintas.

Em relação ao tipo de solo, além das características físicas que podem limitar a implantação da cultura em determinadas regiões, é importante investir no manejo adequado de adubação. Barros et al. (1984) destacaram que as técnicas de adubação do eucalipto eram empíricas e muitas vezes generalizadas para o plantio no Brasil, sem levar em consideração os tipos de solo, espécies e épocas de plantio. Além disso, esses autores, naquela época, já evidenciavam a tendência de reduzir a idade de corte das árvores, o que poderia levar a alterações na dinâmica de nutrientes minerais do sistema. A maioria das florestas de eucalipto encontra-se em solos distróficos, onde a ciclagem de nutrientes e a fertilização são de extrema importância para manutenção da produtividade (Gama-Rodrigues et al., 2005).

Algumas áreas plantadas na região Norte de Minas Gerais apresentam baixa precipitação pluviométrica anual e são localizadas em solos de textura arenosa. Por isso, a retenção de umidade, a capacidade de troca catiônica e a disponibilidade de nutrientes são negativamente afetadas, contribuindo para restrições na produtividade florestal.

Além de N, P e K, os macronutrientes secundários assumem papel importante na nutrição do eucalipto. Barros et al. (1981) observaram que o nível

crítico do K no solo alterou de acordo com a disponibilidade de cálcio e magnésio, bem como a relação entre ambos. A dinâmica dos nutrientes no solo, além de ser influenciada pelas características físicas, químicas e biológicas, também é afetada por fatores abióticos como as oscilações de temperatura, precipitação pluviométrica e sua distribuição anual, entre outros.

Diversos materiais genéticos foram desenvolvidos por meio dos processos de clonagem vegetal e sua adaptação a diferentes condições edafoclimáticas brasileiras é variável (Lima, 1996). Apesar disso, ainda são incipientes os trabalhos que elucidam, em nível de campo, os mecanismos que determinados clones desenvolvem para melhor se adaptar a determinada região. Diversos pesquisadores têm despendido esforços para entender os efeitos da água no desenvolvimento e produtividade do eucalipto (Stape, 2002; Sousa et al., 2006a; Sousa et al., 2006b; Carneiro et al., 2008a; Carneiro et al., 2008b; Santana et al., 2008) e sugerem a intensificação de estudos regionais nesse sentido. A maioria dos estudos relacionados às respostas de *Eucalyptus* à falta de água são conduzidos em ambiente controlado e existem limitações para extrapolar os resultados para situação de campo, onde o ritmo de desenvolvimento do estresse hídrico é diferente e ainda não está claro se as respostas observadas durante a fase de plântulas mostram similaridade com as resultantes de estresses em condições de campo, onde as plantas são expostas a períodos mais prolongados de escassez hídrica (Hodecker, 2015). Esses estudos auxiliariam também, contemplar as questões nutricionais, que podem ser diretamente afetadas pela dinâmica da água e características do clima.

O estudo de Santana et al. (2008) mostra que a precipitação pluviométrica dos seis meses mais secos e a precipitação média anual apresentaram relação positiva com o conteúdo de nutrientes, evidenciando que a maior disponibilidade de água no solo confere maior conteúdo de nutrientes nas árvores. Os estudos que relacionam diferentes ambientes edafoclimáticos com crescimento e mostram como períodos mais ou menos secos interferem na absorção, eficiência de utilização e na alocação de nutrientes nas árvores de modo real e não por estimativas, são incipientes e precisam ser realizados nas diversas áreas potenciais de cultivo do eucalipto no Brasil.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de diferentes condições edafoclimáticas sobre o conteúdo e partição de nutrientes e eficiência nutricional de seis clones de eucalipto cultivados em Minas Gerais.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição edafoclimática das áreas experimentais

A coleta de dados para este trabalho foi realizada em experimentos que formam o Programa Cooperativo de Tolerância de Clones de *Eucalyptus* aos Estresses Hídricos e Térmicos (TECHS), instalados em áreas das empresas Celulose Nipo-Brasileira (Cenibra) e The Timber Group Brasil Investimentos Florestais (TTG Brasil). Foram selecionadas três regiões distintas.

A área experimental localizada em Belo Oriente (altitude de 269 m) estava situada no bioma de Mata Atlântica, dentro da região territorial do Vale do Rio Doce. A área experimental em Coração de Jesus estava localizada em região de altitude elevada (926 m) do norte de Minas Gerais, estando inserida em bioma representativo do Cerrado. A terceira área experimental encontrava-se em Guanhães na altitude de 882 m, bioma Mata Atlântica e está inserida no território do Vale do Rio Doce.

As estações climatológicas de Belo Oriente e Guanhães apresentavam as informações completas referentes aos anos de 2011 a 2016. Para o sítio de Coração de Jesus, as informações meteorológicas do período entre dezembro de 2011 a julho de 2013 foram estimadas utilizando-se dados obtidos na estação climatológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) em Montes Claros, que se encontra a uma distância de aproximadamente 75 km da área experimental, em uma altitude de 652 m e dentro do mesmo tipo climático (Aw) de Köppen-Geiger. Os demais dados foram obtidos em estação meteorológica local que foi instalada em agosto de 2013 (Quadro 1). A evapotranspiração potencial e o déficit hídrico anual do solo foram calculados conforme metodologia proposta por Thornthwaite (1948) e também são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1. Localização geográfica, caracterização climática, evapotranspiração potencial (ETP) e déficit hídrico (DH) médio anual do solo em Belo Oriente, Coração de Jesus e Guanhães

Características de cada localidade							
Meses pós-plantio	Precipitação (mm)	T. Max (°C)	T. Méd. (°C)	T. Min. (°C)	DPV (hPa)	ETP (mm mês ⁻¹)	DH (mm ano ⁻¹)
Belo Oriente (Aw) - 19°18.27'04" S; 42°25'14.06" W							
0 a 12	1078	29,0	23,4	17,9	8,5	92	465
13 a 24	1134	28,7	23,0	17,4	7,6	85	126
25 a 36	971	30,1	24,6	19,1	9,1	95	447
37 a 47	911	31,0	24,9	18,7	10,5	105	348
Média	1023	29,7	24,0	18,3	8,9	94	346
^{1/}Coração de Jesus (Aw) - 16°46'43.40 S; 44°18'33.97" W							
0 a 12	1017	28,8	22,7	16,7	8,3	99	514
13 a 24	1028	29,4	23,3	17,2	8,7	104	385
25 a 36	997	29,1	23,2	17,3	9,5	79	431
37 a 47	647	30,4	24,3	18,1	10,4	85	458
Média	922	29,4	23,4	17,3	9,2	92	447
Guanhães (Cwa) - 18°34'41.16 S; 42°55'35.85" W							
0 a 12	1009	23,3	19,5	15,8	6,1	71	223
13 a 24	1167	23,2	19,2	15,2	6,4	70	136
25 a 36	752	23,6	19,4	15,4	6,4	70	270
37 a 47	711	25,1	21,1	17,1	6,9	79	174
Média	910	23,8	19,8	15,9	6,4	72	201

Fonte: Estações Climatológicas locais das empresas Cenibra e Plantar, 2016. ^{1/}Dados de 0 a 19 meses foram estimados com base nos dados da estação meteorológica do INMET – Montes Claros.

Os solos das áreas foram classificados como Latossolo Amarelo distrófico (Belo Oriente), Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (Coração de Jesus) e Latossolo Vermelho Amarelo Ácrico típico em Guanhães (Embrapa, 2013). Amostras de solo foram coletadas antes da instalação dos experimentos nas profundidades de 0-20 cm e de 20-40 cm, para caracterização química e granulométrica (Quadro 2).

Para estimar o conteúdo volumétrico de água disponível no solo (CAD), conforme proposto por Costa (1994) foi utilizado um valor padrão de 2 metros

para a profundidade efetiva do sistema radicular do *Eucalyptus* (Alfonsi et al., 1990). A densidade aparente média considerada para os cálculos foi a de um solo de textura média (1,30 mg dm⁻³) para Coração de Jesus e de textura argilosa (1,0 mg dm⁻³) para os outros dois sítios (Correia et al., 2004). Desta maneira, o CAD estimado para os solos de Belo Oriente e Guanhões (textura argilosa) foram 440 mm e para Coração de Jesus (textura média) foi de 280 mm.

Quadro 2. Análises química e granulométrica dos solos das áreas experimentais amostrados as profundidades de 0-20 e de 20-40 cm

Prof. cm	pH CaCl ₂	P -----	K mg dm ⁻³ -----	S -----	Ca ²⁺ -----	Mg ²⁺ cmol _c dm ⁻³ -----	Al ³⁺ -----	H+Al -----
Belo Oriente								
0-20	4,10	3,00	50,70	12,50	0,60	0,15	0,62	6,10
20-40	3,75	0,00	42,90	41,00	0,35	0,10	1,51	6,80
Coração de Jesus								
0-20	3,90	2,00	195,00	3,70	6,60	0,90	0,95	6,40
20-40	3,90	1,00	202,80	3,00	3,10	0,60	1,86	5,50
Guanhões								
0-20	3,8	1,00	40,95	12,65	0,10	0,10	1,76	11,2
20-40	3,95	0,00	27,30	12,20	0,15	0,10	1,11	6,40
Prof. cm	V %	MO dag kg ⁻¹	T cmol _c dm ⁻³ -----	Areia dag kg ⁻¹ -----	Silte -----	Argila -----	Classe Textural	
Belo Oriente								
0-20	12,60	3,65	6,98	32,35	9,70	57,95	Argila	
20-40	7,60	2,60	7,36	27,40	11,15	61,45	Muito argilosa	
Coração de Jesus								
0-20	55,50	3,00	14,40	60,5	6,70	32,8	Franco-Argilo-arenoso	
20-40	43,40	3,40	9,72	58,3	5,20	36,4	Argilo-arenoso	
Guanhões								
0-20	2,65	3,90	11,50	43,05	14,20	42,75	Argila	
20-40	4,76	3,10	6,72	42,70	12,70	44,60	Argila	

¹Raij et al. (2001); ²Camargo et al.(2009).

Desenho experimental e coleta de amostras

Os clones estudados nesses três locais foram A1 (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus* sp.), C3 (*Eucalyptus urophylla* x *camaldulensis*), P7 (*Eucalyptus urophylla* x *E. tereticornis*), E5, G7 e R9 (*Eucalyptus urophylla*). O preparo de solo seguiu o padrão de cada empresa. De acordo com Stape et al. (2015), a correção do solo foi feita antes do plantio e a fertilização seguiu o padrão

tradicional e dividida em adubação de plantio, de cobertura e de manutenção. As áreas também foram mantidas livres de competição de plantas espontâneas.

A calagem do solo em Coração de Jesus foi constituída pela aplicação de 1500 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico (36 % de CaO e 12 % de MgO – PRNT 85 %) em pré-plantio, no sulco de plantio e aplicados 300 kg ha⁻¹ de gesso agrícola (17 % de Ca e 14 % de S). Foram aplicados também 300 kg ha⁻¹ de superfosfato simples amoniado (17 % de P₂O₅; 3 % de N; 16 % de Ca e 10 % de S), antes da época de plantio. O plantio da área experimental de Coração de Jesus foi realizado no dia 13 de dezembro de 2011, utilizando 150 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado NPK 06-30-06 + 1 % de B, 1 % de Cu e 1 % de Zn. Três meses após o plantio foi realizada uma adubação de cobertura com 150 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio (52 % de K₂O e 1 % de B) e 150 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio (20 % de N e 22 % de S). Com nove meses após o plantio foi realizada adubação complementar de crescimento com 150 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio, 200 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio e 25 kg ha⁻¹ de Borogran (10 % de B).

O plantio da área em Belo Oriente foi realizado em 20 de dezembro de 2011 e em Guanhães no dia 03 de janeiro de 2012. Em ambas as áreas foram aplicados 2000 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico (40 % de CaO e 8,5 % de MgO – PRNT 85 %) em pré-plantio. No momento da subsolagem foram aplicados 500 kg ha⁻¹ do fertilizante NPK 06-10-29 + 0,8 % B + 0,5 % de Zn e 0,5 % de Cu. No plantio foram utilizados 111 kg ha⁻¹ do fertilizante NPK 06-30-06 + 0,25 % de B + 1 % de Zn e 1 % de Cu. Em setembro de 2012 realizou-se uma adubação complementar com 500 kg ha⁻¹ do fertilizante NPK 06-10-29 + 0,8 % de B + 0,5 % de Zn e 0,5 % de Cu. A quantidade de macronutrientes aplicada por meio dos corretivos e fertilizantes nas três áreas de estudo são apresentados no Quadro 3.

Cada parcela experimental era constituída por oito linhas de dez plantas de um mesmo clone, no espaçamento de 3 x 3 m, representando uma densidade populacional de 1111 plantas ha⁻¹. No extremo da parcela, existia uma miniparcela de oito linhas com cinco árvores para ser utilizada em avaliações destrutivas, aumentando a área para 1080 m². As parcelas de cada clone foram alocadas de forma casualizada em cada local.

Quadro 3. Quantidade de nutrientes aplicados por meio dos corretivos e fertilizantes utilizados por cada empresa nas áreas de Belo Oriente, Coração de Jesus e Guanhães, Minas Gerais

Época de Aplicação/Insumo	Macronutrientes					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S
<i>Belo Oriente e Guanhães</i>						
----- kg ha ⁻¹ -----						
Pré-Plantio						
Calcário Dolomítico	-	-	-	571,8	102,6	-
Subsolagem						
NPK 06-10-29 +Micros	30,0	50,0	145,0	-	-	-
Plantio						
NPK 06-30-06 + Micros	6,7	33,0	6,7	-	-	-
Pós-Plantio (Set 2012)						
NPK 06-10-29 + Micros	30,0	50,0	145,0	-	-	-
Adubação Total	66,7	133,0	296,7	514,6	144,8	-
<i>Coração de Jesus</i>						
----- kg ha ⁻¹ -----						
Pré-Plantio						
Calcário Dolomítico	-	-	-	385,95	108,60	-
Gesso Agrícola	-	-	-	51,0	-	42,0
Plantio						
Superfosfato Simples amoniado	9,0	51,0	-	48,0	-	30,0
NPK 06-30-06 + Micros	9,0	45,0	9,0	-	-	-
Pós-Plantio (3 meses)						
Cloreto de Potássio	-	-	78,0	-	-	-
Sulfato de Amônio	30,0	-	-	-	-	33,0
Pós-Plantio (9 meses)						
Cloreto de Potássio	-	-	78,0	-	-	-
Sulfato de Amônio	40	-	-	-	-	44,0
Adubação Total	88,0	96,0	165,0	484,95	108,60	149,0

Nos meses de novembro (Belo Oriente e Coração de Jesus) e dezembro de 2015 (Guanhães), correspondentes a 47 meses após o plantio, foi realizado o abate de árvores para coletar as amostras de material vegetal. Três árvores com diâmetro a altura do peito em torno da média de cada material genético foram escolhidas em cada sítio para realizar a cubagem, medindo-se a altura total, altura comercial, circunferência a altura do peito (CAP) e as circunferências dos discos coletados.

Foram coletados discos na base da árvore abatida, em 25, 50, 75 e 100 % da altura comercial. As folhas, galhos secos, galhos verdes e troncos (casca e lenho) foram pesados no campo para obter a massa verde. Amostras compostas de folhas, galhos secos, galhos verdes, casca e serragem de cada árvore abatida foram coletadas para determinação da massa seca e do teor de nutrientes. A serapilheira foi coletada com auxílio de um quadro de 0,30 x 0,30 m em Coração de Jesus e de 0,50 x 0,50 m em Belo Oriente e Guanhães, lançado aleatoriamente dentro de cada parcela experimental, coletando-se três amostras.

Os valores de massa seca de cada parte da copa (folha + galhos), lenho, casca e serapilheira foram obtidos por meio da relação entre peso seco e peso fresco das amostras coletadas multiplicando pelo peso total mensurado em campo. Para obter o valor da massa seca por hectare de cada compartimento, os valores encontrados para cada árvore foram multiplicados pela densidade populacional real, descontando-se a porcentagem de árvores mortas proporcionalmente ao observado na parcela.

Processamento das amostras e análise química

As amostras de tecidos vegetais e de serapilheira foram acondicionadas em estufa de circulação forçada de ar a 65 ± 5 °C, para secagem até atingir peso constante. Posteriormente, as amostras foram moídas separadamente em moinho tipo Wiley equipado com peneira de 1 mm. No caso do lenho, foi retirada amostra composta de serragem dos discos do tronco, coletados no campo, após o procedimento de secagem em estufa. Essa amostra também foi passada em moinho para ficar com granulometria similar às demais amostras para análise química.

O nitrogênio foi extraído por meio de digestão sulfúrica e dosado pelo método Kjeldahl (Galvani e Gaertner, 2006). O teor de fósforo foi determinado por colorimetria após formação do complexo fosfomolibdico e sua redução pelo

ácido ascórbico (Braga e Defelipo, 1974); potássio por fotometria de chama; enxofre por turbidimetria e dos demais elementos por espectrofotometria de absorção atômica, conforme Malavolta et al. (1997).

A avaliação do estado nutricional dos clones de eucalipto nas três áreas, com base nos teores de macronutrientes foliares foi realizado considerando as faixas de suficiência apresentadas no Quadro 4.

Quadro 4. Faixas de suficiência de teores de macronutrientes em folhas de plantios de eucalipto no Brasil, com base no crescimento relativo (CR %)

Nutriente	Deficiente	Tendência a Suficiente	Suficiente	Alta	Tendência a Excesso	Excesso
	< 70 % CR	70 % ≤ CR < 90%	90 % ≤ CR < 100%	100 % ≥ CR > 90%	90 % ≥ CR > 70%	≤ 70 % CR
	----- g kg ⁻¹ -----					
N	< 12,00	12,00 a 14,80	14,8 a 20,90	20,90 a 29,80	29,80 a 37,90	≥ 37,90
P	< 0,59	0,59 a 0,82	0,82 a 1,22	1,22 a 1,750	1,75 a 2,21	≥ 2,21
K	< 4,10	4,10 a 5,60	5,60 a 8,80	8,80 a 13,10	13,10 a 16,00	≥ 16,00
Ca	< 2,60	2,60 a 3,70	3,68 a 5,90	5,90 a 10,50	10,50 a 15,20	≥ 15,20
Mg	< 1,01	1,01 a 1,39	1,39 a 2,57	2,57 a 3,40	3,40 a 4,66	≥ 4,66
S	< 0,50	0,50 a 0,79	0,79 a 1,67	1,67 a 2,75	2,75 a 4,21	≥ 4,21

Fonte: Adaptado de Galdino (2015) e Fernandes, (2010).

Após a obtenção dos teores de macronutrientes em cada compartimento da planta, procedeu-se à conversão dos valores em conteúdo de nutrientes, com base na produção de matéria seca, expressando-os em quilos por hectare, na árvore inteira ou nos seus diversos componentes, assim como na serapilheira.

Os coeficientes de utilização biológica (CUB) de cada nutriente, que expressa a eficiência de utilização nutricional, dos componentes da copa e do tronco foram calculados conforme metodologia proposta por Barros et al. (1986). Para fins de interpretação da eficiência de utilização dos nutrientes pelo eucalipto, foi estimado o CUB crítico de macronutrientes em folhas (Quadro 5), com base no intervalo de teores considerado suficientes por Fernandes (2010) e Galdino (2015). Portanto, clones considerados adequadamente nutridos tendem a apresentar valor de CUB dentro do intervalo crítico. Clones que apresentam valores acima do maior CUB crítico podem ter apresentado maior eficiência de

utilização de determinado nutriente ou pode ser um efeito de diluição. O contrário também pode ocorrer, expressando um consumo de luxo ou efeito de concentração do nutriente.

Quadro 5. Coeficiente de Utilização Biológico crítico (CUB_c) de macronutrientes em folhas de plantios de eucalipto no Brasil

	Nutrientes					
	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- kg de massa seca/kg de nutriente -----					
^{1/} CUB _c	48 a 67	820 a 1219	114 a 178	169 a 272	389 a 719	599 a 1266

^{1/}CUB_c = (1/Teor) x 1000; Teor = Valores considerados como “Suficientes” por Fernandes (2010) e Galdino (2015).

Análise de dados

Os dados obtidos foram analisados separadamente por região, considerando como fonte de variação na Análise de Variância apenas os clones. As três árvores de cada clone foram consideradas como repetição. A relação entre o maior e o menor quadrado médio do resíduo (QMR) de cada variável foi analisada para avaliar a possibilidade de agrupar os dados das diferentes regiões e realizar uma análise conjunta, o que possibilita o estudo da interação clones x locais.

A análise de variância e das médias conjuntas foi realizada após verificar se a magnitude das relações das variáveis encontravam-se entre 4 a 7:1, o que indica homogeneidade das variâncias residuais e permite a realização de tal análise sem restrição (Box, 1954; Box e Meyer, 1986; Banzato e Kronka, 1989).

As análises conjuntas de variância das áreas experimentais foram realizadas considerando como fonte de variação clones, locais e interação clone x local, sendo desdobrada independentemente da significância da interação para as variáveis avaliadas. As diferenças entre as médias foram detectadas por meio do Teste de Tukey a 5 % de significância, com auxílio do software Sisvar 5.6 (Ferreira, 2011).

RESULTADOS

O teor de N, P e K nas folhas foi significativamente afetado pela interação clone x local. Os maiores teores médios de N e P foliar foram observados nos clones cultivados em Belo Oriente. Os maiores teores de K foliar foram encontrados nos clones cultivados na área de Coração de Jesus, enquanto as outras duas áreas têm valores similares (Quadro 6). O teor médio de N nos galhos teve pouca variabilidade nos três sítios. Houve diferença significativa para a interação ($p < 0,01$), com menor média para os clones cultivados em Guanhães. A concentração de P em galhos nos clones de eucalipto do sítio de Guanhães também foi menor, seguida por Coração de Jesus (Quadro 6).

Em relação ao teor de K dos galhos, houve diferença significativa apenas em função do local, ocasionada pelos elevados teores apresentados pelos clones cultivados em Coração de Jesus. Desdobrando a interação, foram observadas diferença significativa pelo Teste de Tukey ao nível de 5 % entre clones nesse mesmo sítio. Todos os clones cultivados em Coração de Jesus apresentaram teor de K elevado nos galhos, sendo mais de quatro vezes o teor encontrado em Belo Oriente e cerca de três vezes e meia comparado ao teor médio dos clones cultivados em Guanhães (Quadro 6).

Na casca, a amplitude de variação dos teores de N e K foi pequena nas três regiões e foi influenciada significativamente pela interação clone x local, sendo a significância mais forte para K. A menor concentração média de P na casca foi encontrada nos clones cultivados em Coração de Jesus. Os teores de N e P do lenho, em média foram mais elevados no sítio de Belo Oriente e o teor de K do referido compartimento foi mais elevado em Coração de Jesus, similar ao observado nos demais compartimentos (Quadro 6).

Os teores de P no lenho foram fortemente influenciados pelo local ($p < 0,01$), para os três clones (A1, E5 e G7) que apresentaram maiores teores em Belo Oriente do que nos demais locais de cultivo.

Quadro 6. Teores de macronutrientes primários nas folhas, galhos, casca e lenho de clones de *Eucalyptus* aos 47 meses de idade, cultivados em três regiões edafoclimáticas de Minas Gerais

1,2/ Clones/ Locais	Teores de macronutrientes primários (g kg ⁻¹)								
	N			P			K		
	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN
	Folhas								
A1	17,6BCa	14,7Aa	19,1Aa	1,1BCa	0,7Ab	1,1Aa	10,2Aa	8,3Ca	9,9ABa
C3	25,0Aba	14,7Aa	18,7Aa	1,2Ba	0,6ABc	1,0ABCb	8,5Ab	15,1Ba	12,4Aab
E5	17,8BCa	15,3Aa	13,1Aa	1,6Aa	0,6ABc	1,0ABb	10,0Aa	8,7Ca	7,8ABa
G7	20,4ABa	15,2Aa	16,0Aa	1,0BCa	0,5ABb	0,8ABCa	9,7Ab	21,1Aa	7,7ABb
R9	20,9ABa	14,5Ab	16,6Aab	1,2Ba	0,5ABb	0,7Cb	8,6Ab	15,3ABa	6,1Bb
P7	12,4Ca	12,1Aa	13,8Aa	0,9Ca	0,4Bb	0,8BCa	5,5Aa	6,5Ca	6,4Ba
^{3/} Média	19,0	14,4	16,2	1,2	0,6	0,9	8,7	12,5	8,4
^{4/} F _{clone}		*			*			*	
^{4/} F _{local}		*			*			*	
^{4/} F _{clone x}		**			*			*	
^{5/} DMS _{clone}		6,60			0,30			4,87	
^{5/} DMS _{local}		5,36			0,25			3,96	
^{6/} CV (%)		16,21			13,99			19,63	
	Galhos								
A1	6,8Ba	6,2ABab	5,3CBb	0,9Aa	1,1Aa	0,4Ab	4,5Ab	20,8ABa	6,4Ab
C3	8,7Aa	7,4Aa	4,7Cb	0,9Ab	1,5Aa	0,5Ac	4,9Ab	24,0Aa	5,2Ab
E5	9,3Aa	6,2ABb	7,0Ab	0,9Aa	0,5Bb	0,4Ab	5,1Ab	22,8Aa	4,8Ab
G7	6,4Ba	5,5ABab	5,0Cb	0,6Aa	0,3Ba	0,4Aa	3,6Ab	17,9ABa	5,7Ab
R9	9,0Aa	6,4ABb	6,7ABb	0,9Aa	0,4Bb	0,4Ab	5,1Ab	14,8Ba	4,7Ab
P7	7,8ABa	5,3Bb	6,1ABCb	0,5Aab	0,2Bb	0,6Aa	4,9Ab	21,4ABa	8,3Ab
^{3/} Média	8,0	6,2	5,8	0,8	0,7	0,4	4,7	20,3	5,8
^{4/} F _{clone}		*			*			ns	
^{4/} F _{local}		*			*			*	
^{4/} F _{clone x}		*			*			ns	
^{5/} DMS _{clone}		1,66			0,47			6,63	
^{5/} DMS _{local}		1,35			0,38			5,39	
^{6/} CV (%)		10,15			30,41			26,25	
	Casca								
A1	3,7Ba	3,1Aa	3,1Aa	0,6Ba	0,3Ab	0,6Aa	6,9BCa	3,3Bc	5,1Ab
C3	5,1Aa	3,1Ab	3,0Ab	0,7ABa	0,3Ab	0,6Aa	4,2CDa	3,0Ba	4,4Aa
E5	4,9Aa	3,9Ab	3,8Ab	0,8Aa	0,3Ab	0,2Bb	8,0Aa	5,6Ab	4,7Ab
G7	3,9ABa	3,4Aa	3,4Aa	0,8Aa	0,2Ac	0,6Ab	5,6BCa	4,2ABa	5,0Aa
R9	4,7ABa	3,5Ab	3,8Aab	0,8Aa	0,3Ac	0,6Ab	2,2Db	3,5ABab	4,5Aa
P7	5,0Aa	3,3Ab	2,8Ab	0,5Ba	0,2Ab	0,6Aa	4,5Ca	3,6ABa	4,2Aa
^{3/} Média	4,5	3,4	3,3	0,7	0,3	0,5	5,2	3,9	4,7
^{4/} F _{clone}		*			**			*	
^{4/} F _{local}		*			*			*	
^{4/} F _{clone x}		**			*			*	
^{5/} DMS _{clone}		1,21			0,20			2,13	
^{5/} DMS _{local}		0,98			0,16			1,73	
^{6/} CV (%)		13,11			16,72			18,88	

Quadro 6, Cont.

1,2/Clones/ Locais	Teores de macronutrientes primários (g kg ⁻¹)								
	N			P			K		
	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN
	Lenho								
A1	1,8Ca	1,6ABa	1,3Aa	0,27Aa	0,05Ab	0,07ABb	1,6Aa	1,1BCb	1,0Bb
C3	2,5ABa	1,2Bb	1,2Ab	0,19Aa	0,07Aa	0,10ABa	1,2ABb	1,8Aa	1,5Aaa
E5	2,2BCa	1,5ABb	1,8Aab	0,20Aa	0,04Ab	0,11ABab	1,1Ba	1,2Ba	0,8Ba
G7	1,8Ca	1,0Bb	1,2Aab	0,18Aa	0,003Ab	0,02Bb	0,8Ba	0,7Ca	0,6Ba
R9	2,1BCa	1,3Bb	1,5Ab	0,18Aa	0,05Aa	0,04ABa	0,7Bb	1,2Ba	0,8Bab
P7	3,0Aa	2,1Ab	1,6Ab	0,13Aa	0,12Aa	0,22Aa	1,0Bab	1,4ABa	0,9Bb
^{3/} Média	2,2	1,5	1,4	0,19	0,05	0,09	1,1	1,2	0,9
^{4/} F _{clone}		*			ns			*	
^{4/} F _{local}		*			*			*	
^{4/} F _{clone x}		**			ns			*	
^{5/} DMS _{clone}		0,71			0,18			0,55	
^{5/} DMS _{local}		0,58			0,15			0,44	
^{6/} CV (%)		16,82			65,11			20,64	

1/ A1 (*E. urophylla* x *E. sp.*), C3 (*E. grandis* x *E. camaldulensis*), E5, G7 e R9 (*E. urophylla*), P7 (*E. urophylla* x *E. tereticornis*); 2/ BO = Belo Oriente, CJ = Coração de Jesus e GN = Guanhães, Valores seguidos por uma mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; Valores seguidos por uma mesma letra minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; 3/ Média dos clones em cada sítio; 4/ns = não significativo, * significativo a 1 %, **significativo a 5 % e *** significativo a 10 %; 5/Diferença Mínima Significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e 6/Coefficiente de variação de médias de clones.

No Quadro 7 são apresentados os teores médios dos macronutrientes secundários (cálcio, magnésio e enxofre) nos compartimentos da parte aérea das árvores dos clones cultivados nas três regiões edafoclimáticas. Houve influência com forte significância ($p < 0,01$) da interação clone x local na concentração destes três nutrientes no tecido foliar.

Apenas no sítio de Guanhães não houve diferença significativa entre clones para os teores de Ca foliar, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Similar ao observado para K foliar, os clones cultivados nos dois sítios com classificação climática tipo Aw (Belo Oriente e Coração de Jesus) tenderam a apresentar as maiores concentrações de Ca foliar, que também é um nutriente que pode mitigar os efeitos de estresse hídrico em áreas com maiores demandas evaporativas.

Os teores de Ca e Mg foliar, em geral, foram mais elevados no sítio de Coração de Jesus, onde houve menor precipitação durante o período do estudo. Os teores de Ca, Mg e S foram influenciados pela interação clone x local ($p < 0,01$).

Quadro 7. Teores de macronutrientes secundários nas folhas, galhos, casca, e lenho para clones de *Eucalyptus* aos 47 meses de idade, cultivados em três regiões edafoclimáticas de Minas Gerais

1,2/ Clones/ Locais	Teores de macronutrientes secundários (g kg ⁻¹)								
	Ca			Mg			S		
	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN
	Folhas								
A1	5,5Ba	5,8Ca	4,2Ab	1,9ABb	2,4ABab	2,6ABa	0,7Aa	1,1Aa	0,8Ba
C3	5,8Ba	6,5BCa	4,4Ab	1,4BCa	1,9ABCa	1,7Ca	0,8Ab	1,0Ab	2,4Aa
E5	6,1Ba	6,4BCa	4,7Ab	0,8Cb	1,8BCa	2,0BCa	0,7Aa	0,9Aa	0,7Ba
G7	3,7Cb	7,4Ba	4,5Ab	1,5ABCb	2,3ABCa	2,7Aa	0,5Aa	0,9Aa	0,9Ba
R9	4,2Cb	6,1Ca	4,2Ab	1,7BAa	1,7Ca	1,9Ca	0,7Aa	1,0Aa	1,4Ba
P7	9,1Aa	9,5Aa	3,8Ab	2,2Aa	2,6Aa	1,3Cb	0,9Aa	0,9Aa	0,8Ba
^{3/} Média	5,7	6,9	4,3	1,6	2,1	2,0	0,7	1,0	1,2
^{4/} F _{clone}		*			*			*	
^{4/} F _{local}		*			*			*	
^{4/} F _{clone x}		*			*			*	
^{5/} DMS _{clone}		1,14			0,70			0,85	
^{5/} DMS _{local}		0,92			0,57			0,69	
^{6/} CV (%)		8,17			14,88			36,46	
	Galhos								
A1	10,3Bb	15,5Ba	7,2Ab	1,9Ab	2,7Aa	1,1ABc	0,2Bc	1,0ABa	0,5Ab
C3	10,5ABb	15,8Ba	6,5Ac	1,1Bab	1,5Ca	0,8Bb	0,5Ac	1,2Aa	0,6Ab
E5	9,2Bb	14,3Ba	5,2Ac	1,6ABb	2,4Aa	0,9Bc	0,3ABb	1,0ABa	0,2Bb
G7	9,6Bb	23,3Aa	7,0Ab	1,0Bb	1,6BCa	0,9Bb	0,2Bc	1,0ABa	0,4ABb
R9	10,4ABb	14,6Ba	8,2Ab	1,5ABb	2,2ABa	1,7Ab	0,3ABc	0,8Ba	0,6Ab
P7	14,3Aa	17,4Ba	7,5Ab	1,0Bab	1,3Ca	0,6Bb	0,4ABb	1,0ABa	0,4ABb
^{3/} Média	10,7	16,8	6,9	1,4	1,9	1,0	0,3	1,0	0,4
^{4/} F _{clone}		*			*			*	
^{4/} F _{local}		*			*			*	
^{4/} F _{clone x}		*			**			*	
^{5/} DMS _{clone}		4,02			0,63			0,22	
^{5/} DMS _{local}		3,27			0,51			0,18	
^{6/} CV (%)		14,24			17,88			15,25	
	Casca								
A1	19,2BCa	16,2Cab	13,6ABb	2,1Ba	1,9Ba	1,4BCb	0,15Aa	0,53Aa	0,24Aa
C3	30,8Aa	33,8Aa	16,0Ab	2,7Ab	3,5Aa	2,5Ab	0,25Aa	0,54Aa	0,22Aa
E5	15,2CDa	11,5CDa	12,1ABa	1,7BCDa	1,3Cab	1,0Cb	0,15Aa	0,55Aa	0,14Aa
G7	21,7Bb	27,0Ba	13,7ABc	1,4Cdb	1,8Ba	1,4BCb	0,15Ab	0,54Aab	0,65Aa
R9	11,1Da	8,3Da	8,7ABa	1,8BCb	2,2Ba	1,9Bab	0,18Aa	0,54Aa	0,28Aa
P7	15,5CDa	10,1Db	7,9Bb	1,2Da	1,1Ca	1,2Ca	0,23Aa	0,53Aa	0,46Aa
^{3/} Média	18,9	17,8	12,0	1,8	2,0	1,6	0,18	0,54	0,33
^{4/} F _{clone}		*			*			ns	
^{4/} F _{local}		*			*			*	
^{4/} F _{clone x}		*			*			ns	
^{5/} DMS _{clone}		6,11			0,49			0,56	
^{5/} DMS _{local}		4,97			0,40			0,46	
^{6/} CV (%)		15,31			11,18			65,45	

Quadro 7, Cont.

1,2/Clones/ Locais	Teores de macronutrientes secundários (g kg ⁻¹)								
	Ca			Mg			S		
	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN
	Lenho								
A1	0,8Ab	1,7Ba	0,8Ab	0,17ABb	0,27ABa	0,18ABb	0,10Bb	0,44Aa	0,23Ab
C3	1,2Ab	2,0ABa	0,7Ab	0,19Ab	0,30Aa	0,18ABb	0,24ABab	0,40Aa	0,20Ab
E5	1,0Ab	1,6Ba	0,9Ab	0,14ABb	0,25Ba	0,13Ca	0,12ABb	0,37Aa	0,14Ab
G7	1,3Ab	2,5Aa	0,8Ac	0,13Bb	0,26ABa	0,16ABb	0,31Aa	0,38Aa	0,25Aa
R9	1,0Ab	1,5Ba	0,8Ab	0,17ABb	0,25Ba	0,20Ab	0,27ABab	0,40Aa	0,23Ab
P7	1,2Ab	1,7Ba	0,8Ab	0,18ABb	0,26ABa	0,13Cc	0,25ABb	0,41Aa	0,19Ab
^{3/} Média	1,1	1,8	0,8	0,16	0,26	0,16	0,21	0,40	0,21
^{4/} F _{clone}		*			*			ns	
^{4/} F _{local}		*			*			*	
^{4/} F _{clone x}		**			**			ns	
^{5/} DMS _{clone}		0,58			0,05			0,19	
^{5/} DMS _{local}		0,47			0,04			0,16	
^{6/} CV (%)		19,02			10,46			28,83	

1/ A1 (*E. urophylla* x *E. sp.*), C3 (*E. grandis* x *E. camaldulensis*), E5, G7 e R9 (*E. urophylla*), P7 (*E. urophylla* x *t. E. ereticornis*); 2/ BO = Belo Oriente, CJ = Coração de Jesus e GN = Guanhões, Valores seguidos por uma mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; Valores seguidos por uma mesma letra minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; 3/ Média dos clones em cada sítio; 4/ns = não significativo, * significativo a 1%, ** significativo a 5% e *** significativo a 10%; 5/Diferença Mínima Significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e 6/Coefficiente de variação de médias de clones.

No caso do S foliar, apenas o clone C3 teve um teor mais elevado comparado aos demais clones cultivados em Guanhões. Nas outras duas regiões não foram observadas diferenças entre os materiais genéticos, em relação à concentração de S foliar. Em geral, os maiores teores de S foliar foram encontrados no sítio de Guanhões (Quadro 7). O comportamento do Ca nos demais compartimentos foi similar ao observado para as folhas, onde, em média, foram apresentados maiores teores nos dois sítios que têm classificação climática Aw. Em Belo Oriente e Coração de Jesus também foram observados os maiores teores de Mg nos galhos e na casca. No lenho, os teores médios de Mg foram similares em Belo Oriente e Guanhões. Os galhos, casca e lenho tenderam a apresentar teores de S mais elevados nos clones cultivados em Coração de Jesus.

Os valores de massa seca da parte aérea que foram utilizados para calcular o conteúdo de nutrientes para cada compartimento das árvores de cada clone estão apresentados no Quadro 8. A partição da massa da parte aérea encontra-se entre parênteses. Existem diferenças da produção de massa tanto entre clones quanto

em relação ao desenvolvimento de um mesmo material genético em locais diferentes (Capítulo I).

Quadro 8. Massa Seca (Partição) da parte aérea de clones de *Eucalyptus* aos 47 meses de idade, cultivados em três regiões edafoclimáticas de Minas Gerais

Massa Seca (Mg ha ⁻¹) e Partição (%)									
Clones/ Locais	Folhas			Galhos			Casca		
	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN
A1	2,4 (2,3)	3,6 (5,9)	3,6 (2,9)	5,7 (5,6)	7,9 (13,0)	13,1 (10,5)	10,4 (10,1)	6,9 (11,3)	10,6 (8,5)
C3	1,1 (1,5)	1,1 (2,9)	2,4 (2,7)	4,1 (5,5)	4,4 (11,8)	7,1 (7,9)	6,9 (9,3)	4,8 (12,8)	7,4 (8,2)
E5	1,1 (1,2)	2,7 (4,5)	4,2 (4,0)	3,2 (3,6)	6,6 (11,1)	10,1 (9,5)	8,8 (9,8)	7,0 (11,8)	9,2 (8,7)
G7	2,5 (2,6)	4,1 (7,3)	5,2 (4,3)	7,7 (8,0)	9,7 (17,4)	14,4 (11,8)	8,3 (8,6)	5,9 (10,6)	10,3 (8,5)
R9	3,3 (3,3)	4,6 (6,5)	4,2 (3,5)	6,1 (6,2)	7,3 (10,4)	11,4 (9,4)	7,2 (7,3)	5,8 (8,2)	8,2 (6,8)
P7	2,9 (3,9)	4,2 (10,0)	4,0 (5,0)	5,3 (7,2)	6,1 (14,6)	7,1 (8,9)	8,3 (11,3)	5,1 (12,2)	7,6 (9,5)
Média	2,2 (2,5)	3,4 (6,2)	3,9 (3,7)	5,3 (6,0)	7,0 (13,0)	10,5 (9,7)	8,3 (9,4)	5,9 (11,2)	8,9 (8,3)
Total									
	Lenho			Tronco			Total		
A1	84,2 (82,0)	42,4 (69,6)	98,1 (78,3)	94,6 (92,1)	49,4 (81,1)	108,6 (86,7)	102,7	60,9	125,3
C3	62,3 (83,7)	27,1 (72,5)	73,5 (81,3)	69,2 (93,0)	32,0 (85,6)	80,9 (89,5)	74,4	37,4	90,4
E5	76,2 (85,2)	43,2 (72,6)	82,4 (77,7)	85,0 (95,1)	50,1 (84,2)	91,6 (86,4)	89,4	59,5	106,0
G7	78,2 (80,9)	36,1 (64,7)	91,7 (75,3)	86,6 (89,6)	42,0 (75,3)	102,0 (83,8)	96,7	55,8	121,7
R9	82,3 (83,1)	52,8 (74,9)	97,0 (80,2)	89,6 (90,5)	58,6 (83,1)	105,3 (87,1)	99,0	70,5	120,9
P7	57,2 (77,6)	26,3 (62,9)	61,0 (76,4)	65,5 (88,9)	31,4 (75,1)	68,6 (86,0)	73,7	41,8	79,8
Média	73,4 (82,1)	38,0 (69,5)	84,0 (78,2)	81,8 (91,5)	43,9 (80,7)	92,8 (86,6)	89,3	54,3	107,3

1/ A1 (*E.urophylla* x *E. sp.*), C3 (*E. grandis* x *E. camaldulensis*), E5, G7 e R9 (*E. urophylla*), P7 (*E. urophylla* x *E. tereticornis*); 2/ BO = Belo Oriente, CJ = Coração de Jesus e GN = Guanhães.

Quanto ao conteúdo dos macronutrientes, o N foliar dos clones cultivados em Guanhães foi mais elevado, sendo aproximadamente 55 % maior do que o observado em Belo Oriente e cerca de 30 % maior do que Coração de Jesus (Quadro 9). Não houve influência significativa da interação clone x local no conteúdo de N foliar, mas foi influenciado pelo material genético ou pelo local, de maneira isolada.

Os clones R9, G7 e A1 apresentaram os maiores conteúdos de N foliar, independentemente do local de cultivo. Os conteúdos de P e K foliar (Quadro 9), foram fortemente influenciados pela interação clone x local ($p < 0,01$). O conteúdo de P foliar em Guanhães foi cerca de 36 e 84 % maior do que o constatado em Belo Oriente e Coração de Jesus, respectivamente. Os três clones que apresentaram maiores conteúdos de P nos sítios de Belo Oriente e Coração de Jesus foram os mesmos com maiores conteúdos de N, já em Guanhães a sequência foi E5 > R9 > A1.

Os maiores valores para conteúdo de K foliar foram encontrados nos clones cultivados em Coração de Jesus, sendo que a diferença média em relação aos sítios de Guanhães e Belo Oriente chega a 44 e 136 %, respectivamente. Os conteúdos médios de K nos clones de eucalipto também foram mais elevados nos galhos e na casca (Quadro 9). O conteúdo médio de K nos galhos dos materiais genéticos cultivados em Coração de Jesus foi superior aos dois outros sítios, sendo cerca de cinco vezes maior do que o observado em Belo Oriente e pouco mais de duas vezes o encontrado em Guanhães.

O conteúdo de N no lenho dos clones cultivados nos sítios de Belo Oriente e Guanhães foi mais de duas vezes superior ao encontrado no sítio de Coração de Jesus. Os clones em Belo Oriente apresentam 30 % mais N no lenho do que aqueles cultivados em Guanhães. O clone R9 foi o que mais acumulou N em sua massa de lenho, independentemente do local cultivado (Quadro 9).

O conteúdo médio de P no lenho dos clones em Coração de Jesus foi cerca de três vezes e meio menor comparado aos clones em Guanhães e em torno de sete vezes menor do que aqueles em Belo Oriente. O conteúdo de K no lenho dos clones cultivados em Belo Oriente e Guanhães apresentaram valores similares, que foi aproximadamente 70 % maior do que a observada em Coração de Jesus.

Portanto, avaliando-se os compartimentos integrados como copa (folhas + galhos) e tronco (casca + lenho), houve diferença com forte influência da interação clone e local ($p < 0,01$) para os conteúdos de N, P e K. Já a influência da interação houve menor significância ($p < 0,10$) para N e P ($p < 0,05$) e forte para K ($p < 0,01$). Em média, o N foi o nutriente primário mais acumulado na massa da copa, seguido pelo K e P.

Quanto aos macronutrientes secundários (Quadro 10), houve diferença significativa nos conteúdos foliares de Ca e Mg decorrente da interação clone x local ($p < 0,01$), enquanto para S a influência ($p < 0,01$) foi somente do local. Esse efeito significativo observado se deu em função de três dos seis materiais genéticos avaliados, pelo fato de apresentarem comportamento distinto em relação ao conteúdo de S acumulado nas folhas.

Os maiores conteúdos de Ca foliar foram observados para os clones cultivados em Coração de Jesus, enquanto em Guanhães o maior conteúdo foliar foi para dois elementos (Ca e S). O clone P7 apresentou os maiores conteúdos de Ca foliar nos sítios de Belo Oriente e Coração de Jesus, enquanto em Guanhães, o

clone que se destacou foi G7 com conteúdo duas vezes mais elevado do que o clone C3 que apresentou o menor conteúdo nesse local.

O clone G7 também apresentou as maiores concentrações de Mg foliar em Belo Oriente e Guanhães (Quadro 10), enquanto em Coração de Jesus esse maior conteúdo de Mg foi no clone P7. Em cada sítio, os maiores e menores conteúdos de S foram apresentados por diferentes clones. Os conteúdos de macronutrientes secundários acumulados nos galhos foram mais elevados nos clones cultivados em Coração de Jesus, com média de 51,57 kg ha⁻¹ de Ca, 6,96 kg ha⁻¹ de Mg e 3,53 kg ha⁻¹ de S. Foi observada diferença significativa em todos os macronutrientes secundários avaliados nos galhos, em razão da interação clone x local, sendo que para Mg houve influência mais forte de clone e local isoladamente ($p < 0,01$).

No lenho, o conteúdo médio de Ca nos clones cultivados em Belo Oriente foi aproximadamente 77 kg ha⁻¹ (Quadro 10), que representou cerca de 11 e 13 % a mais em relação à média dos clones cultivados em Guanhães e Coração de Jesus, respectivamente. No entanto, para Mg e S, as maiores médias foram observadas em Guanhães. No caso do Ca e S, não foi detectada diferença significativa pelo teste F da análise de variância conjunta para a fonte de variação local e para a interação clone x local. Porém, por meio do Teste de Tukey a 5 % de significância foram detectadas diferenças entre locais quando se analisou o conteúdo do elemento S; já para Ca, não foram detectadas diferenças. Quando se avaliou o compartimento tronco (casca + lenho), observou-se tendência similar daquela em lenho. No entanto, as amplitudes entre os locais e até mesmo entre clones foram maiores no tronco.

Os conteúdos dos seis macronutrientes na massa de folhas, mostraram a sequência: N > K > Ca > Mg > S > P, independentemente do local. No lenho, a sequência de nutrientes foi: N > Ca > K > S > Mg > P. No compartimento tronco, a média geral dos três sítios a sequência de conteúdo de nutrientes é: Ca > N > K > Mg > S > P (Quadros 9 e 10).

Quadro 9. Conteúdo de macronutrientes primários nas folhas, galhos, casca, lenho, copa e tronco em clones de *Eucalyptus* aos 47 meses de idade, cultivados em três regiões edafoclimáticas de Minas Gerais

1,2/Clones/ Locais	Conteúdo de macronutrientes primários (kg ha ⁻¹)								
	N			P			K		
	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN
	Folhas								
A1	42,5ABCb	53,8Aab	69,1ABa	2,7ABb	2,7Ab	4,0Aa	24,6Aa	30,5Ba	35,8Aa
C3	29,5BCab	15,5Bb	44,2Ba	1,6Bab	0,6Bb	2,3Ba	10,9Ab	15,7Bab	29,3Aa
E5	20,3Cb	41,3ABab	57,1ABa	1,8Bb	1,7ABb	4,3Aa	11,5Ab	23,5Bab	33,1Aa
G7	50,4ABb	63,0Aab	83,8Aa	2,6Bb	2,2Ab	4,2Aa	24,4Ac	87,3Aa	40,0Ab
R9	68,3Aa	66,3Aa	69,8ABa	4,1Aa	2,4Ab	2,9ABab	27,9Ab	88,3Aa	25,4Ab
P7	33,1BCa	50,9Aa	55,4Ba	2,6Bab	1,8ABb	3,2ABa	15,8Aa	27,1Ba	25,9Aa
^{3/} Média	40,7	48,5	63,2	2,5	1,9	3,5	19,2	45,4	31,6
^{4/} F clone		*			*			*	
^{4/} F local		*			*			*	
^{4/} F clone x		ns			*			*	
^{5/} DMS clone		27,97			1,42			17,16	
^{5/} DMS local		22,73			1,15			13,95	
^{6/} CV (%)		22,41			21,84			21,79	
	Galhos								
A1	19,4Ab	24,6Ab	37,4ABa	2,7Aa	4,3Aa	3,0Aa	12,8Ac	82,4ABa	45,3Ab
C3	19,2Aa	18,5Aa	18,3Ca	2,2Aa	4,2Aa	2,4Aa	13,8Ab	60,8Ba	23,9Ab
E5	16,6Ab	22,4Ab	36,1ABa	1,8Aa	1,9ABa	2,0Aa	10,0Ab	79,7ABa	25,3Ab
G7	26,1Aa	29,1Aa	38,0ABa	2,7Aa	2,1ABa	3,2Aa	18,8Ab	98,6Aa	44,7Ab
R9	31,3Aa	29,7Aa	40,2Aa	4,1Aa	2,0ABa	2,6Aa	20,3Ab	67,5ABa	28,4Ab
P7	21,5Aa	19,4Aa	23,7BCa	1,7Aa	0,9Ba	2,6Aa	16,1Ab	78,8ABa	31,6Ab
^{3/} Média	22,3	23,9	32,3	2,5	2,6	2,6	15,3	78,0	33,2
^{4/} F clone		*			**			**	
^{4/} F local		*			Ns			*	
^{4/} F clone x		ns			***			ns	
^{5/} DMS clone		14,75			2,73			32,58	
^{5/} DMS local		11,99			2,22			26,47	
^{6/} CV (%)		22,93			43,07			31,46	
	Casca								
A1	38,6Aa	21,7Ab	33,1ABa	5,9ABa	2,4Ab	5,9Aa	72,3Aa	23,2ABc	54,2Ab
C3	35,0Aa	15,0Ab	22,3Bb	4,8ABa	1,5Ab	4,1ABa	29,3CDa	14,5Bb	32,4Ca
E5	43,4Aa	27,1Ab	35,4Aab	6,8Aa	2,3Ab	2,0Bb	70,4Aa	38,7Ab	42,6ABCb
G7	32,2Aa	20,1Ab	35,8Aa	6,9Aa	1,2Ab	6,1Aa	46,4Ca	24,8ABb	50,6ABa
R9	34,2Aa	20,4Ab	31,7ABa	5,9ABa	1,7Ab	4,6Aa	15,8Db	20,6Bb	37,2BCa
P7	42,0Aa	17,2Ab	21,4Bb	4,4Ba	1,2Ab	4,3Aa	37,8BCa	18,3Bb	31,7Ca
^{3/} Média	37,6	20,3	29,9	5,8	1,7	4,5	45,3	23,4	41,4
^{4/} F clone		*			*			*	
^{4/} F local		*			*			*	
^{4/} F clone x		**			*			*	
^{5/} DMS clone		12,33			2,17			15,90	
^{5/} DMS local		10,02			1,76			12,92	
^{6/} CV (%)		17,16			22,09			17,63	

Quadro 9, Cont.

1,2/ Clones/ Locais	Conteúdo de macronutrientes primários (kg ha ⁻¹)								
	N			P			K		
	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN
	Lenho								
A1	150,4Aa	70,1Ab	128,3ABa	22,2Aa	2,1Ab	6,7Ab	136,1Aa	44,9ABc	94,9ABb
C3	156,8Aa	33,9Ac	88,4Bb	11,8ABa	1,9Ab	6,9Aab	71,3Bb	50,2ABb	112,8Aa
E5	166,4Aa	64,5Ab	149,6Aa	15,4ABa	1,6Ab	8,8Aab	81,3Ba	53,3ABb	66,1BCab
G7	138,6Aa	37,0Ab	112,2ABa	14,3ABa	0,2Ab	2,0Aa	59,0Bab	24,5Bb	55,3Ca
R9	175,1Aa	70,4Ab	148,9Aa	14,5ABa	2,6Ab	4,2Aa	58,8Ba	64,9Aa	81,7BCa
P7	169,9Aa	55,1Ac	99,7Bb	7,7Bab	3,2Ab	13,3Aa	58,1Ba	36,4ABa	54,1Ca
^{3/} Média	159,5	55,2	121,2	14,3	1,9	7,0	77,4	45,7	77,5
^{4/} F _{clone}		*			ns			*	
^{4/} F _{local}		*			*			*	
^{4/} F _{clone x}		***			***			*	
^{5/} DMS _{clone}		40,04			11,92			29,44	
^{5/} DMS _{local}		32,53			9,68			23,92	
^{6/} CV (%)		14,55			62,52			17,92	
	Copa								
A1	61,8BCb	78,4Ab	106,5ABa	5,4ABa	7,0Aa	7,0Aa	37,4Ab	113,0Ba	81,1Aa
C3	48,7BCab	34,0Bb	62,5Ca	3,8Ba	4,9ABa	4,7Aa	24,6Ab	76,5Ba	53,2Aab
E5	37,0Cb	63,7ABb	93,2ABCa	3,6Ba	3,5ABa	6,3Aa	21,5Ac	103,2Ba	58,4Ab
G7	76,5ABb	92,1Ab	121,7Aa	5,3ABab	4,3ABb	7,4Aa	43,3Ac	186,0Aa	84,7Ab
R9	99,6Aa	96,0Aa	109,9ABa	8,2Aa	4,4ABb	5,5Aab	48,1Ab	155,8Aa	53,7Ab
P7	54,6BCa	70,3Aa	79,2BCa	4,2Bab	2,7Bb	5,7Aa	31,9Ab	106,0Ba	57,5Ab
^{3/} Média	63,0	72,4	95,5	5,1	4,4	6,1	34,5	123,4	64,8
^{4/} F _{clone}		*			*			*	
^{4/} F _{local}		*			*			*	
^{4/} F _{clone x local}		***			**			*	
^{5/} DMS _{clone}		33,41			3,76			39,95	
^{5/} DMS _{local}		27,15			3,06			32,46	
^{6/} CV (%)		17,66			29,37			21,91	
	Tronco								
A1	189,1ABa	91,9Ab	161,4Aa	28,1Aa	4,5Ab	12,6Ab	208,4Aa	68,0ABCc	149,1Ab
C3	191,8ABa	49,0Bc	110,7Bb	16,6ABa	3,5Ab	11,0Aab	100,6Cb	64,6ABCc	145,2Aa
E5	209,8ABa	91,6Ab	185,1Aa	22,2ABa	3,9Ab	10,8Ab	151,8Ba	92,0Ab	108,8BCa
G7	170,8Ba	57,1ABb	148,0ABa	21,3ABa	1,4Ab	8,1Ab	105,4Ca	49,3Cb	106,0BCa
R9	209,3ABa	90,8Ab	180,6Aa	20,4ABa	4,4Ab	8,8Ab	74,6Cb	85,5ABb	119,0ABa
P7	211,9Aa	72,3ABc	121,1Bb	12,1Bab	4,4Ab	17,6Aa	95,9Ca	54,7BCb	85,8Ca
^{3/} Média	197,1	75,4	151,1	20,1	3,7	11,5	122,8	69,0	118,9
^{4/} F _{clone}		*			ns			*	
^{4/} F _{local}		*			*			*	
^{4/} F _{clone x local}		*			***			*	
^{5/} DMS _{clone}		39,63			12,86			32,63	
^{5/} DMS _{local}		32,20			10,45			26,51	
^{6/} CV (%)		11,42			44,54			12,82	

1/ A1 (*E. urophylla* x *E. sp.*), C3 (*E. grandis* x *E. camaldulensis*), E5, G7 e R9 (*E. urophylla*), P7 (*E. urophylla* x *E. tereticornis*); 2/ BO = Belo Oriente, CJ = Coração de Jesus e GN = Guanhães, Valores seguidos por uma mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; Valores seguidos por uma mesma letra minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; 3/ Média dos clones em cada sítio; 4/ns = não significativo, * significativo a 1 %, **significativo a 5 % e *** significativo a 10 %; 5/Diferença Mínima Significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e 6/Coefficiente de variação de médias de clones.

Quadro 10. Conteúdo de macronutrientes secundários nas folhas, galhos, casca, lenho, copa e tronco para clones de *Eucalyptus* aos 47 meses de idade, cultivados em três regiões edafoclimáticas de Minas Gerais

1,2/ ^{Clones/ Locais}	Conteúdo de macronutrientes secundários (kg ha ⁻¹)								
	Ca			Mg			S		
	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN
	Folhas								
A1	13,3Ba	21,1BCa	15,3ABa	4,5BAb	8,7Aa	9,6Ba	1,6Aa	3,9ABa	2,9Aa
C3	6,6Ba	6,8Da	10,5Ba	1,6BCa	2,0Ca	4,1Da	1,0Ab	1,1Bb	5,8Aa
E5	7,0Bb	17,1CDa	19,7ABa	0,9Cc	4,8BCb	8,3BCa	0,8Aa	2,4ABa	2,8Aa
G7	9,0Bb	30,6ABa	23,3Aa	5,4ABCc	9,3Ab	14,4Aa	1,3Ab	3,9ABab	4,9Aa
R9	13,7Bb	28,0Ca	17,7ABb	3,9Aa	7,7ABa	7,8BCa	2,5Ab	4,6Aab	5,9Aa
P7	26,3Ab	40,7Aa	15,4ABc	6,2Ab	11,0Aa	5,4CDb	2,5Aa	3,9ABa	3,1Aa
^{3/} Média	12,7	24,1	17,0	3,7	7,3	8,3	1,6	3,3	4,2
^{4/} F clone		*			*			**	
^{4/} F local		*			*			*	
^{4/} F clone x		*			*			**	
^{5/} DMS _{clone}		10,42			3,58			3,24	
^{5/} DMS _{local}		8,46			2,91			2,63	
^{6/} CV (%)		23,68			22,67			43,21	
	Galhos								
A1	29,7ABb	61,8Ba	46,6Aa	5,4Ab	10,7Aa	7,9ABab	0,7Ab	4,2ABa	3,2ABa
C3	22,3ABa	33,0Ca	22,3Ba	2,7Aa	3,6Ca	3,2Ca	1,0Ab	2,8Da	1,9BCab
E5	13,7Bb	43,0Ca	26,0Bb	3,1Ab	7,4ABa	4,9BCab	0,5Ab	3,3CDa	1,1Cb
G7	34,1Ab	89,6Aa	49,1Ab	4,9Ab	7,8Aa	7,3ABab	0,9Ac	5,1Aa	3,0BAB
R9	32,1ABa	40,4Ca	46,8Aa	5,9Ab	8,0Aab	10,2Aa	1,1Ab	2,7Da	3,3Aa
P7	33,2Aab	41,6Ca	25,4Bb	2,8Aa	4,1BCa	2,3Ca	1,1Ab	3,1CDa	1,2Cb
^{3/} Média	27,5	51,6	36,0	4,1	7,0	6,0	0,9	3,5	2,3
^{4/} F clone		*			*			*	
^{4/} F local		*			*			*	
^{4/} F clone x		*			**			*	
^{5/} DMS _{clone}		18,80			3,51			1,34	
^{5/} DMS _{local}		16,27			2,85			1,09	
^{6/} CV (%)		19,94			25,15			24,44	
	Casca								
A1	199,9Aa	112,9ABb	144,0Ab	21,9Aa	13,0ABb	15,3Ab	1,5Aa	3,7Aa	2,5Aa
C3	212,0Aa	163,2Ab	121,3ABb	18,3ABa	16,9Aa	18,8Aa	1,7Aa	2,6Aa	1,6Aa
E5	134,0BCa	79,7BCb	112,4ABCab	14,9BCa	9,5BCb	9,3Bb	1,3Aa	3,9Aa	1,3Aa
G7	178,4ABa	159,7Aa	142,9Aa	12,1CDa	11,0Ba	14,6Aa	1,2Ab	3,2Aab	6,5Aa
R9	80,8Ca	48,2Ca	71,9BCa	12,8CDa	12,7ABa	15,4Aa	1,3Aa	3,1Aa	2,3Aa
P7	128,8BCa	51,7Cb	59,9Cb	10,0Da	5,9Cb	9,4Bab	1,9Aa	2,7Aa	3,5Aa
^{3/} Média	155,6	102,6	108,7	15,0	11,5	13,8	1,5	3,2	3,0
^{4/} F clone		*			*			ns	
^{4/} F local		*			*			***	
^{4/} F clone x		**			*			ns	
^{5/} DMS _{clone}		55,06			4,76			5,39	
^{5/} DMS _{local}		44,74			3,87			4,38	
^{6/} CV (%)		18,32			14,43			85,86	

Quadro 10, Cont.

1,2/ Clones/ Locais	Conteúdo de macronutrientes secundários (kg ha ⁻¹)								
	Ca			Mg			S		
	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN
	Lenho								
A1	64,0Ba	73,6ABa	78,5Aa	14,6Aa	11,3ABb	17,5ABa	8,7Bb	18,7Aab	22,6Aa
C3	72,1ABa	53,0Ba	53,3Aa	11,5ABCa	8,2BCb	13,2Ca	15,1ABa	10,8Aa	14,6Aa
E5	77,0ABa	67,5ABa	72,1Aa	10,5BCa	11,0ABa	11,1CDa	9,1Ba	16,1Aa	11,9Aa
G7	101,3Aa	89,6Aa	77,2Aa	10,0Cb	9,5BCb	14,3BCa	24,6Aa	13,9Aa	22,8Aa
R9	77,9ABa	79,1ABa	81,8Aa	13,6ABb	13,2Ab	19,5Aa	22,4ABa	21,3Aa	22,2Aa
P7	68,9ABa	45,6Ba	51,4Aa	10,1BCb	6,9Ca	8,1Dab	14,4ABa	10,9Aa	11,9Aa
^{3/} Média	76,9	68,1	69,0	11,7	10,0	13,9	15,7	15,3	17,7
^{4/} F clone		*			*			*	
^{4/} F local		ns			*			ns	
^{4/} F clone x		ns			*			ns	
^{5/} DMS _{clone}		36,56			3,50			15,31	
^{5/} DMS _{local}		29,71			2,84			12,44	
^{6/} CV (%)		20,86			11,97			38,42	
	Copa								
A1	43,1BAC	82,9Ca	62,0ABb	9,9Ab	19,4Aa	17,6ABa	2,3Ab	8,1Aa	6,2ABa
C3	28,9BCa	39,8Da	32,8Ca	4,3Ba	5,6Ca	7,3Ca	2,0Ab	3,9Bb	7,7ABa
E5	20,8Cb	60,1CDa	45,7BCa	4,1Bb	12,3Ba	13,1Ba	1,3Ab	5,8ABa	4,0Bab
G7	43,1ABc	120,2Aa	72,4Ab	8,7ABc	17,1ABb	21,7Aa	2,2Ab	8,9Aa	7,9ABa
R9	45,8ABb	68,4CDa	64,5ABa	11,3Ab	15,8ABa	18,1ABa	3,6Ab	7,3ABa	9,2Aa
P7	59,5Ab	82,3Ca	40,8Cc	9,0ABb	15,1ABa	7,7Cb	3,7Ab	7,0ABa	4,3Bab
^{3/} Média	40,2	75,6	53,0	7,9	14,2	14,2	2,5	6,8	6,5
^{4/} F clone		*			*			*	
^{4/} F local		*			*			*	
^{4/} F clone x local		*			*			**	
^{5/} DMS _{clone}		20,95			5,24			4,12	
^{5/} DMS _{local}		17,02			4,26			3,35	
^{6/} CV (%)		15,15			17,62			31,70	
	Tronco								
A1	263,9ABa	186,5BABb	222,5Aab	36,5Aa	24,3Ab	32,8Aa	10,2Ab	22,3Aab	25,2Aa
C3	284,1Aa	216,3ABb	174,6ABb	29,9ABab	25,0Ab	32,0Aa	16,8Aa	13,9Aa	16,2Aa
E5	210,9ABCa	147,2ABCa	184,5ABa	25,3BCa	20,5Aa	20,4Ba	10,5Aa	20,0Aa	13,2Aa
G7	279,7Aa	249,3Aa	220,0Aa	22,1Cb	20,5Ab	28,9Aa	25,8Aa	17,1Aa	29,3Aa
R9	158,7Ca	127,3CDa	153,7ABa	26,4BCb	25,9Ab	34,9Aa	23,7Aa	24,5Aa	24,5Aa
P7	197,7BCa	97,3Db	111,3Ba	20,1Ca	12,8Bb	17,5Bab	16,3Aa	13,6Aa	15,4Aa
^{3/} Média	232,5	170,7	177,8	26,7	21,5	27,7	17,2	18,6	20,6
^{4/} F clone		*			*			*	
^{4/} F local		*			*			ns	
^{4/} F clone x local		ns			*			ns	
^{5/} DMS _{clone}		78,52			6,81			16,71	
^{5/} DMS _{local}		63,80			5,53			13,57	
^{6/} CV (%)		16,50			10,94			36,22	

1/ A1 (*E. urophylla* x *E. sp.*), C3 (*E. grandis* x *E. camaldulensis*), E5, G7 e R9 (*E. urophylla*), P7 (*E. urophylla* x *E. tereticornis*); 2/ BO = Belo Oriente, CJ = Coração de Jesus e GN = Guanhães, Valores seguidos por uma mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; Valores seguidos por uma mesma letra minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; 3/ Média dos clones em cada sítio; 4/ns = não significativo, * significativo a 1 %, **significativo a 5 % e *** significativo a 10 %; 5/Diferença Mínima Significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e 6/Coefficiente de variação de médias de clones.

Houve aumento na quantidade de Ca e Mg no tronco devido a contribuição da casca, invertendo a posição desses elementos quando se compara com a sequência observada no lenho. No entanto, os três elementos mais acumulados na massa seca das folhas, lenho e tronco foram sempre os mesmos (N, K e Ca).

Quando se avaliou a alocação dos nutrientes nos diferentes componentes da parte aérea do eucalipto e da serapilheira, pode-se evidenciar a importante contribuição nutricional do resíduo existente sobre o solo para a sustentabilidade do sistema florestal e para os cultivos seguintes. A partição de N foi fortemente influenciada pelo clone e local ($p < 0,01$) de maneira independente, em todos os compartimentos da parte aérea das árvores e para serapilheira. Apenas nas folhas foi detectada diferença significativa ($p < 0,05$) advinda da interação entre clone x local (Quadro 11).

De modo geral, a maior quantidade relativa de nitrogênio encontrava-se na serapilheira, seguida pelo tronco, lenho e folhas. Os clones em Belo Oriente acumularam 40,7 % do N no lenho e 9,7 % na casca, o que faz com que o tronco represente mais de 50 % do N imobilizado na massa produzida até os 47 meses de idade. Na serapilheira desse local, encontraram-se cerca de 34 % do N. O clone E5 foi o que mais acumulou N no lenho e tronco e difere significativamente do P7 que apresentou os menores valores (Quadro 11). Em relação aos demais clones cultivados, as médias foram intermediárias a estes dois e não diferiram entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Os clones cultivados em Coração de Jesus acumularam em média 22,5 % do N no lenho, o que representou 18,2 % a menos do que a média observada em Belo Oriente e 5,8 % a menos do que o observado na partição de N no lenho dos clones de eucalipto cultivados no sítio de Guanhões. No tronco, a partição de N em Coração de Jesus representou 30,2 %. Grande parte do N ficou alocado na serapilheira que apresentou uma partição quase 8 % maior do que a encontrada em Belo Oriente e bem próximo a média de Guanhões.

O clone A1 foi o que apresentou maior alocação de N no lenho, em Coração de Jesus, diferindo-se estatisticamente do G7 que apresentou apenas 14,4 % do N nesse compartimento. No entanto, ao avaliar o compartimento tronco, nota-se que A1 e E5 são similares entre si ($p < 0,05$), sendo que o clone E5 apresenta partição pouco mais elevada no tronco, devido ao acúmulo de 11,3 % de N da casca (Quadro 11), ambos diferem do G7.

No sítio de Guanhães, os clones apresentaram em média uma alocação de 28,3 % de N no lenho e 35,3 % de N no tronco. A partição do nutriente para a serapilheira foi mais elevada do que nos compartimentos comerciais avaliados, chegando a 42,8 % de N. Todos os clones apresentaram similaridade quanto à alocação de N no lenho, sendo que os clones E5 e R9 tenderam a se destacar entre os demais. Por meio do compartimento tronco, já se comprovou diferença significativa entre os clones E5 (44,6 % de N) e P7 (28,2 % de N). O R9 seguiu a mesma tendência observada no compartimento lenho, mas não se diferenciou estatisticamente dos demais.

O clone P7 apresentou a maior quantidade relativa de N na serapilheira em Belo Oriente e Guanhães. Em Coração de Jesus, o clone C3 foi aquele que se destacou significativamente dos demais com 53,9 % de N na serapilheira (Quadro 11).

A partição de P (Quadro 12) foi fortemente influenciada pela interação clone x local ($p < 0,01$) em todos os compartimentos da parte aérea das árvores e na serapilheira ($p < 0,05$). Avaliando a alocação de P no lenho, houve grande diferença entre as médias de cada local. Os clones cultivados no sítio de Belo Oriente alocaram em média 44,7 % do P no lenho, que representou uma quantidade 21,0 e 27,7 % mais elevada do que o observado para a média dos clones cultivados em Guanhães e Coração de Jesus, respectivamente. Para tronco, seguiu a mesma tendência e esta diferença aumentou para 22,0 % comparado à Guanhães e 30,9 % comparado a Coração de Jesus. A contribuição do P alocado na casca para o compartimento tronco foi bastante significativa, tendo em vista a exportação de nutrientes pela colheita florestal.

O clone E5, cultivado em Belo Oriente se diferiu como o que apresentou maior partição de P no lenho em relação ao P7 que apresentou o menor valor. Em Coração de Jesus, o P7 se destacou como o clone que mais alocou P no lenho (Quadro 12). No sítio de Guanhães, o clone que apresentou maior alocação de P no lenho foi o E5, sendo estatisticamente similar ao clone C3. Esses dois diferiram significativamente em relação ao G7.

No tronco, houve menor variabilidade na partição de P, dado menor coeficiente de variação quando comparado ao lenho. Nesse sentido, a tendência observada para alocação de P no tronco em Belo Oriente foi similar àquela observada para lenho. Destaque para o clone E5 como o material genético que apresentou maior alocação de P no tronco, diferindo do P7 neste sítio. Em

Coração de Jesus, as maiores diferenças de alocação de P no tronco foram encontradas entre P7 (44,2 %) e G7 (16,2 %). Em Guanhães não foi detectada diferença significativa entre os clones cultivados nesse local, mas houve tendência de maior alocação de P no lenho pelo clone E5 (48,1 %) e menor pelo G7 (33,4 %).

A quantidade relativa de P encontrada na serapilheira (Quadro 12) também foi expressiva nas três regiões edafoclimáticas, sendo que em Guanhães houve maior alocação desse nutriente comparado aos demais, devido a maior produção de massa de serapilheira nesse local.

A partição de K nos compartimentos folha, galhos, casca e tronco apresentou forte influência da interação clone x local ($p < 0,01$). No lenho e na serapilheira a interação não foi significativa (Quadro 12). O tronco foi o compartimento que alocou maior quantidade relativa de K, apresentando um valor médio para as três regiões de 52,6 %. Em seguida, os compartimentos que mais acumularam K na massa foram o lenho (33,6 %), os galhos (20,1 %) e a casca (18,6 %). Os clones cultivados em Coração de Jesus apresentam alocação de 53 % de K na copa (folhas e galhos). No lenho, a alocação ficou próxima a 20 %, em Coração de Jesus, enquanto para Guanhães foi de 36,9 % e em Belo Oriente de 44,1 %. O tronco seguiu a mesma tendência do lenho nas três áreas, sendo que os clones cultivados em Coração de Jesus apresentaram a menor média.

O clone A1 apresentou a maior alocação de K no lenho em Belo Oriente, diferindo significativamente do G7. No sítio de Coração de Jesus e Guanhães, o material genético C3 foi aquele que mais alocou K no lenho e se diferiu significativamente em relação ao G7 (Quadro 13). No tronco, houve respostas diferentes das encontradas para lenho em função da contribuição do K alocado na casca. Desse modo, o clone que mais alocou K no tronco em Belo Oriente e Coração de Jesus foi o E5, enquanto em Guanhães continuou sendo o material genético C3.

Para o nutriente Ca, não foi detectada significância da interação clone x local apenas nos compartimento lenho e na serapilheira (Quadro 14). Em média, a casca apresentou a maior alocação de Ca comparada ao lenho, de modo que, do total de Ca exportado por meio da retirada do tronco como produto comercial, cerca de 28 % seria advindo da casca.

A média de Ca alocado na casca dos clones cultivados em Coração de Jesus e Guanhães apresentou valores próximos, enquanto em Belo Oriente, os

clones apresentaram partição de casca cerca de 10 % maior, o que faz com que a alocação desse nutriente no tronco também seja mais elevada. Os clones E5, G7 e R9 cultivados em Belo Oriente não diferiram entre si pelo teste de médias para partição de Ca no lenho (Quadro 14), mas distinguiram-se dos demais materiais genéticos, sendo que o R9 apresentou a maior quantidade relativa. No sítio de Coração de Jesus observou-se diferença significativa mais evidente entre os clones R9 (22,9 %) e P7 (10,9 %), enquanto em Guanhães a maior diferença para alocação de Ca no lenho ficou entre os clones R9 (21,1 %) e C3 (11,3 %).

Na partição de Ca no tronco dos clones cultivados em Belo Oriente foram observadas diferenças entre o clone P7 e os demais. No sítio do norte de Minas, houve diferença significativa entre C3 que apresentou maior alocação de Ca no tronco e P7 que apresentou o menor valor. No sítio de Guanhães, houve diferença significativa entre os clones E5 e P7.

Quanto a partição de Mg, não houve efeito significativo da interação clone x local apenas para o lenho e serapilheira (Quadro 15). Similarmente ao observado para Ca, as maiores alocações de Mg foram observadas no tronco, serapilheira e casca, independentemente do local. A alocação média desse nutriente no lenho e tronco foi menor para o clone P7 que se diferiu dos demais materiais genéticos cultivados nos três locais. O clone R9, na média dos três locais foi o que apresentou maior alocação de Mg no lenho, no entanto, quando se avaliou o compartimento tronco, o C3 foi aquele que apresentou a maior partição na média das três regiões de cultivo, devido a contribuição da alocação de Mg na casca nesse local.

A maior parte do S esteve alocada no tronco e/ou no lenho (Quadro 16). Da concentração relativa desse elemento no tronco, aproximadamente 7 % foi contribuição da casca. Não foi detectada diferença significativa entre clones para partição de S na folha; porém, por meio do desdobramento e teste de médias, o clone A1 mostrou se diferir dos demais com menor alocação de S nas folhas. Na alocação de S na casca não foi detectada diferença significativa. No lenho, a alocação foi fortemente influenciada pelo clone e pelo local ($p < 0,01$), isoladamente, e mais levemente pela interação clone x local ($p < 0,10$). Esta interação não apresentou significância quando foi avaliado o compartimento tronco, mostrando que as influências na alocação de S nesse compartimento foram advindas de características intrínsecas de clone e do local, isoladamente.

O clone R9 apresentou as maiores alocações de S no lenho em Belo Oriente e Guanhães, enquanto o clone A1 foi o que se destacou em Coração de Jesus. Analisando o compartimento tronco, o G7 apresentou maior alocação no sítio de Guanhães. O P7 foi o material genético que apresentou a menor partição de S para lenho e tronco nas três áreas.

O clone E5 cultivado em Belo Oriente apresentou maior alocação de N, P, K, Ca e Mg no tronco, enquanto que em Coração de Jesus esse mesmo clone apresentou maior alocação apenas para N e K no tronco e em Guanhães apresentou os maiores valores para N e P neste mesmo compartimento. O clone P7 apresentou a menor alocação de quatro dos seis macronutrientes (N, Ca, Mg e S) tanto no compartimento lenho quanto no tronco.

A partição média dos macronutrientes nas três áreas foi mais elevada no tronco (Figura 1), conforme a sequência $S > K > Ca > P > Mg > N$; no lenho essa sequência é: $S > K > N > P > Mg > Ca$. Essa modificação na sequência foi justificada, pois, houve elevada alocação de P, K, Ca e Mg na casca, que fez os valores observados para tronco serem maiores comparado ao lenho.

Como a contribuição de N alocado na casca foi proporcionalmente menor, esse elemento passou a ser o menor em termos de alocação no tronco, enquanto ao avaliar o lenho, tal elemento apresenta-se como o terceiro mais acumulado.

Quadro 11. Partição de nitrogênio em clones de *Eucalyptus* aos 47 meses de idade, cultivados em três regiões edafoclimáticas de Minas Gerais

^{1,2/} Clones/ Locais	Partição de Nitrogênio (%)								
	Folha			Galhos			Casca		
	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN
A1	11,8ABCb	22,5Aa	14,5Ab	5,3Ab	10,3Aa	7,7Aab	10,7ABa	9,1ABab	6,7Ab
C3	7,7ABa	8,6Ba	13,2Aa	5,1Ab	10,2Aa	5,4Ab	9,4ABa	8,4ABa	6,7Aa
E5	5,8Cb	17,1Aa	12,9Aa	4,7Ab	9,2Aa	8,7Aa	12,4Aa	11,3Aab	8,7Ab
G7	14,0ABb	24,3Aa	17,9Aab	7,3Ab	11,4Aa	8,1Aab	9,0ABa	7,8ABa	7,6Aa
R9	16,5Aa	20,9Aa	15,7Aa	7,5Aa	9,4Aa	9,0Aa	8,2Ba	6,4Ba	7,1Aa
P7	6,0Cb	19,0Aa	12,8Aa	4,1Aa	7,2Aa	5,6Aa	8,5ABa	6,4Bab	4,9Ab
^{3/} Média	10,3	18,7	14,5	5,7	9,6	7,4	9,7	8,2	6,9
^{4/} F clone		*			*			*	
^{4/} F local		*			*			*	
^{4/} F clone x		**			Ns			ns	
^{5/} DMS clone		7,83			4,21			4,15	
^{5/} DMS local		6,37			3,42			3,37	
^{6/} CV (%)		21,95			22,55			20,35	
	Lenho			Tronco			Serapilheira		
A1	41,6ABa	29,0Ab	27,0Ab	52,3ABa	38,1Ab	33,7ABb	30,6ABa	29,2Ba	44,1Aa
C3	41,9ABa	18,9ABb	26,3Ab	51,3ABa	27,3ABb	33,0ABb	35,9ABb	53,9Aa	48,3Aab
E5	47,4Aa	27,0ABb	35,9Ab	59,8Aa	38,2Ab	44,6Ab	29,7ABa	35,4ABa	33,8Aa
G7	38,8ABa	14,4Bb	24,0Ab	47,8ABa	22,2Bb	31,6ABb	30,8ABa	42,1ABa	42,3Aa
R9	42,3ABa	22,1ABb	33,4Aa	50,5ABa	28,5ABb	40,5ABab	25,4Ba	41,2ABa	34,8Aa
P7	32,0Ba	20,7ABb	23,3Aab	40,5Ba	27,1ABb	28,2Bb	49,3Aa	46,7ABa	53,2Aa
^{3/} Média	40,66	22,5	28,3	50,4	30,2	35,3	33,6	41,4	42,8
^{4/} F clone		*			*			*	
^{4/} F local		*			*			*	
^{4/} F clone x		ns			ns			ns	
^{5/} DMS clone		12,85			14,99			20,05	
^{5/} DMS local		10,44			12,18			16,29	
^{6/} CV (%)		17,25			15,80			20,79	

1/ A1 (*E.urophylla* x sp.), C3 (*E. grandis* x *camaldulensis*), E5, G7 e R9 (*E. urophylla*), P7 (*E. urophylla* x *tereticornis*); 2/ BO = Belo Oriente, CJ = Coração de Jesus e GN = Guanhões, Valores seguidos por uma mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; Valores seguidos por uma mesma letra minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; 3/ Média dos clones em cada sítio; 4/ns = não significativo, * significativo a 1 %, **significativo a 5 % e *** significativo a 10 %; 5/Diferença Mínima Significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e 6/Coefficiente de variação de médias de clones.

Quadro 12. Partição de fósforo em clones de *Eucalyptus* aos 47 meses de idade, cultivados em três regiões edafoclimáticas de Minas Gerais

1,2/ ^{1,2} Clones/ Locais	Partição de Fósforo (%)								
	Folha			Galhos			Casca		
	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN
A1	6,8Ab	20,2ABa	12,7ABb	6,5Ab	31,6ABa	9,5Ab	14,8Aa	17,3ABa	18,9ABa
C3	6,0Aa	5,2Ca	9,8Ba	8,1Ab	35,9Aa	10,1Ab	18,0Aa	13,2Ba	17,5ABCa
E5	5,9Ab	16,2Ba	19,7Aa	5,9Ab	18,0CDa	9,0Ab	22,2Aa	23,7Aa	8,8Cb
G7	8,0Ac	25,3Aa	12,7Ab	8,7Ab	24,3BCa	13,3Ab	22,0Aa	13,8Bb	25,2Aa
R9	12,3Ab	18,9ABa	12,6ABab	11,9Aa	16,3CDa	13,0Aa	17,6Aab	13,4Bb	22,9Aa
P7	10,3Ab	17,3Ba	9,1Bb	6,6Aa	8,6Da	5,7Aa	17,4Aa	12,3Ba	12,5BCa
^{3/} Média	8,2	17,2	12,8	8,0	22,4	10,1	18,7	15,5	17,6
^{4/} F clone		*			*			**	
^{4/} F local		*			*			**	
^{4/} F clone x		*			*			*	
^{5/} DMS clone		7,47			10,18			8,89	
^{5/} DMS local		6,07			8,27			7,23	
^{6/} CV (%)		23,18			30,67			20,95	
	Lenho			Tronco			Serapilheira		
A1	55,4Aa	15,4ABb	21,3ABb	70,2Aa	32,7ABb	40,2Ab	16,5Bb	15,5Bb	37,5ABa
C3	44,7ABa	15,9ABb	28,8Ab	62,7ABa	29,1ABc	46,3Ab	23,3ABa	29,8ABa	33,8ABa
E5	49,9Aa	14,5ABb	39,3Aa	72,1Aa	37,8Ab	48,1Ab	16,1Ba	27,9ABa	23,2Ba
G7	44,4ABa	2,4Bb	8,2Bb	66,5Aa	16,2Bc	33,4Ab	16,8Bb	34,1Aa	35,6ABa
R9	43,4ABa	21,5ABb	20,9ABb	61,0ABa	34,9Ab	43,8Ab	14,8Bb	29,8ABa	28,5Bab
P7	30,2Ba	31,9Aa	23,4ABa	47,6Ba	44,2Aa	35,9Aa	35,4Aab	29,9ABb	49,3Aa
^{3/} Média	44,7	16,9	23,7	63,3	32,5	41,3	20,5	27,8	34,6
^{4/} F clone		*			*			*	
^{4/} F local		*			*			*	
^{4/} F clone x		*			*			**	
^{5/} DMS clone		19,32			18,48			17,84	
^{5/} DMS local		15,69			15,02			14,50	
^{6/} CV (%)		27,65			16,46			26,25	

1/ A1 (*E.urophylla* x *E. sp.*), C3 (*E. grandis* x *E. camaldulensis*), E5, G7 e R9 (*E. urophylla*), P7 (*E. urophylla* x *E. tereticornis*); 2/ BO = Belo Oriente, CJ = Coração de Jesus e GN = Guanhães, Valores seguidos por uma mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; Valores seguidos por uma mesma letra minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; 3/ Média dos clones em cada sítio; 4/ns = não significativo, * significativo a 1 %, **significativo a 5 % e *** significativo a 10 %; 5/Diferença Mínima Significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e 6/Coefficiente de variação de médias de clones.

Quadro 13. Partição de potássio em clones de *Eucalyptus* aos 47 meses de idade, cultivados em três regiões edafoclimáticas de Minas Gerais

1,2/Clones/ Locais	Partição de Potássio (%)								
	Folha			Galhos			Casca		
	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN
A1	9,4BCa	14,6Ba	13,3Aa	4,9Ac	39,3Aa	16,5Ab	27,7Ba	11,0ABb	19,9ABc
C3	8,0BCa	9,3Ba	12,9Aa	10,6Ab	35,6Aa	10,5Ab	22,4Ba	8,6ABb	14,2Bb
E5	6,3Cb	10,7Bb	18,2Aa	5,4Ab	34,9ABa	14,1Ab	38,5Aa	17,4Ab	23,7Ab
G7	14,4ABb	32,2Aa	18,5Aa	11,3Ac	36,7Aa	20,5Ab	27,8Ba	9,2ABb	23,2Aa
R9	20,6Ab	31,9Aa	13,4Ac	14,8Ab	24,2Ba	14,9Ab	11,9Cb	7,5Bb	19,4ABa
P7	10,8BCa	13,5Ba	14,7Aa	10,9Ab	38,3Aa	18,0Ab	25,8Ba	9,3ABc	17,9ABb
^{3/} Média	11,6	18,7	15,2	9,7	34,8	15,7	25,7	10,5	19,7
^{4/} F _{clone}		*			***			*	
^{4/} F _{local}		*			*			*	
^{4/} F _{clone x}		*			*			*	
^{5/} DMS _{clone}		7,59			10,87			8,87	
^{5/} DMS _{local}		6,20			8,83			7,20	
^{6/} CV (%)		20,39			22,02			19,36	
	Lenho			Tronco			Serapilheira		
A1	52,1Aa	21,6ABc	35,6ABCb	79,8Aa	32,7ABc	55,6ABb	5,9Ab	13,4Aa	14,6ABa
C3	49,5ABa	23,7Ab	49,8Aa	71,8ABa	38,3ABb	64,0Aa	9,6Ab	16,8Aa	12,5ABab
E5	44,4ABa	23,7ABb	36,8ABCa	82,9Aa	41,1Ac	60,5ABb	5,4Ab	13,4Aa	7,1Bab
G7	35,3Ba	9,1Bb	25,6Ca	63,1BCa	18,3Cc	48,8Bb	11,1Aa	12,9Aa	12,2ABa
R9	43,5ABa	23,4ABb	43,0ABa	55,5Ba	30,9ABCb	62,4Aa	9,1Aa	12,9Aa	9,2Ba
P7	39,5ABa	18,1ABb	30,6BCa	65,3BCa	27,5BCc	48,6Bb	13,0Ab	20,7Aa	18,7Aab
^{3/} Média	44,1	19,9	36,9	69,7	31,5	56,7	9,0	15,0	12,4
^{4/} F _{clone}		*			*			*	
^{4/} F _{local}		*			*			*	
^{4/} F _{clone x}		ns			*			ns	
^{5/} DMS _{clone}		14,84			12,95			7,92	
^{5/} DMS _{local}		12,06			10,52			6,43	
^{6/} CV (%)		17,78			10,02			26,54	

1/ A1 (*E.urophylla* x *E. sp.*), C3 (*E. grandis* x *E. camaldulensis*), E5, G7 e R9 (*E. urophylla*), P7 (*E. urophylla* x *E. tereticornis*); 2/ BO = Belo Oriente, CJ = Coração de Jesus e GN = Guanhães, Valores seguidos por uma mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; Valores seguidos por uma mesma letra minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; 3/ Média dos clones em cada sítio; 4/ns = não significativo, * significativo a 1 %, **significativo a 5 % e *** significativo a 10 %; 5/Diferença Mínima Significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e 6/Coefficiente de variação de médias de clones.

Quadro 14. Partição de cálcio em clones de *Eucalyptus* aos 47 meses de idade, cultivados em três regiões edafoclimáticas de Minas Gerais

1,2/ Clones/ Locais	Partição de Cálcio (%)								
	Folha			Galhos			Casca		
	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN
A1	3,0ABCb	5,2Ca	2,7ABb	6,6Bb	15,2ABa	8,3ABCb	44,8Aa	27,8Bb	25,6ABb
C3	1,2Ca	1,8Da	2,2Ba	4,2Bb	8,7Ca	4,6Cb	41,0Aa	43,2Aa	25,8ABb
E5	2,2BCb	5,0Ca	5,0Aa	4,2Bb	12,6BCa	6,6BCb	41,2Aa	23,3BCb	29,0Ab
G7	2,1BCb	6,1BCa	4,8Aa	7,9ABb	17,8Aa	10,1ABb	41,0Aa	31,9ABab	28,7Ab
R9	4,7Ab	8,2ABa	4,6ABb	11,0Aa	11,9BCa	12,1Aa	27,5Ba	14,1Cb	18,5ABab
P7	4,7ABb	9,7Aa	3,7ABb	5,8Bb	10,0Ca	6,2BCb	23,0Ba	12,4Cb	14,9Bab
^{3/} Média	3,0	6,0	3,8	6,6	12,7	8,0	36,4	25,5	23,7
^{4/} F _{clone}		*			*			*	
^{4/} F _{local}		*			*			*	
^{4/} F _{clone x}		*			*			**	
^{5/} DMS _{clone}		2,59			4,32			12,67	
^{5/} DMS _{local}		2,10			3,51			10,30	
^{6/} CV (%)		24,61			19,31			18,07	
1,2/ Clones/ Locais	Lenho			Tronco			Serapilheira		
	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN
	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN
A1	14,3Ba	18,1ABCa	14,2ABa	59,0Aa	45,9ABab	39,8ABb	31,4Bb	33,7Bab	49,2ABa
C3	14,0Ba	14,0BCa	11,3Ba	55,1Aa	57,2Aa	37,1ABb	39,5ABb	32,3Bb	56,0ABa
E5	23,5Aa	19,6ABa	18,4Aa	64,7Aa	42,9ABb	47,3Ab	28,9Ba	39,5ABa	41,1Ba
G7	23,6Aa	18,0ABCab	15,4ABb	64,7Aa	49,9ABb	44,1ABb	25,3Ba	26,1Ba	40,9Ba
R9	26,7Aa	22,9Aa	21,1ABa	54,2Aa	36,9BCb	39,6ABb	30,1Ba	42,9ABa	43,7ABa
P7	12,2Ba	10,9Ca	12,6ABa	35,2Ba	23,4Ca	27,5Ba	54,3Aa	56,9Aa	62,5Aa
^{3/} Média	19,1	17,2	15,5	55,5	42,7	39,2	34,9	38,6	48,9
^{4/} F _{clone}		*			*			*	
^{4/} F _{local}		*			*			*	
^{4/} F _{clone x}		ns			**			ns	
^{5/} DMS _{clone}		8,04			17,52			19,29	
^{5/} DMS _{local}		6,53			14,24			15,67	
^{6/} CV (%)		18,97			15,57			19,24	

1/ A1 (*E. urophylla* x *E. sp.*), C3 (*E. grandis* x *E. camaldulensis*), E5, G7 e R9 (*E. urophylla*), P7 (*E. urophylla* x *E. tereticornis*); 2/ BO = Belo Oriente, CJ = Coração de Jesus e GN = Guanhães. Valores seguidos por uma mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; Valores seguidos por uma mesma letra minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; 3/ Média dos clones em cada sítio; 4/ns = não significativo, * significativo a 1 %, **significativo a 5 % e *** significativo a 10 %; 5/Diferença Mínima Significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e 6/Coefficiente de variação de médias de clones.

Quadro 15. Partição de magnésio em clones de *Eucalyptus* aos 47 meses de idade, cultivados em três regiões edafoclimáticas de Minas Gerais

1,2/ Clones/ Locais	Partição de Magnésio (%)								
	Folha			Galhos			Casca		
	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN
A1	6,8ABCb	14,6BCa	10,6Bab	8,1Ab	17,7Aa	8,3BCb	32,9ABa	21,7Bb	17,0Bb
C3	3,1BCa	4,8Da	6,0Ba	5,2Bab	8,8Ba	4,6CDb	36,8Aa	40,9Aa	27,3Ab
E5	2,4Cc	10,5Bb	16,9Aa	8,0ABb	16,2Aa	9,9ABb	38,4Aa	20,7Bb	18,9Bb
G7	8,5ABb	17,9ABa	18,2Aa	10,6ABb	15,1Aa	9,3ABCb	26,4Ba	21,1Bab	18,4Bb
R9	11,1Aa	13,9BCa	10,1Ba	12,0Aa	14,4Aa	13,1Aa	26,3Ba	22,7Ba	19,8ABa
P7	9,7Ab	21,9Aa	7,0Bb	4,3Bb	8,4Ba	3,2Db	15,7Ca	11,9Ca	12,7Ba
^{3/} Média	6,9	13,9	11,5	8,0	13,4	8,1	29,4	23,2	19,0
^{4/} F _{clone}		*			*			*	
^{4/} F _{local}		*			*			*	
^{4/} F _{clone x}		*			**			*	
^{5/} DMS _{clone}		5,53			4,77			8,32	
^{5/} DMS _{local}		4,49			3,88			6,76	
^{6/} CV (%)		20,87			19,72			14,19	
1,2/ Clones/ Locais	Lenho			Tronco			Serapilheira		
	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN
	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN
A1	21,9ABa	18,9ABa	19,7ABa	54,9ABa	40,5Bb	36,6Ab	30,2Bb	27,1Bb	44,4Ba
C3	23,3Aa	19,8ABa	19,3ABa	60,2ABa	60,8Aa	46,6Ab	31,4Bb	25,6Bb	42,7Ba
E5	27,0Aa	23,7Aa	22,6ABa	60,4Aa	44,3Bb	41,5Ab	24,2Ba	28,9Ba	31,7Ba
G7	21,7ABa	18,3ABa	18,1Ba	48,2Ba	39,4Bab	36,5Ab	32,8Ba	27,6Ba	36,0Ba
R9	27,7Aa	23,6Aa	25,0Aa	54,0ABa	46,3Ba	44,8Aa	22,9Ba	25,4Ba	31,9Ba
P7	15,7Ba	14,0Ba	10,9Ca	31,4Ca	26,0Ca	23,6Ba	54,6Ab	43,7Ab	66,2Aa
^{3/} Média	22,9	19,7	19,3	51,5	42,9	38,2	32,7	29,7	42,2
^{4/} F _{clone}		*			*			*	
^{4/} F _{local}		*			*			*	
^{4/} F _{clone x}		ns			**			ns	
^{5/} DMS _{clone}		6,30			12,08			13,77	
^{5/} DMS _{local}		5,12			9,82			11,19	
^{6/} CV (%)		12,42			11,05			16,08	

1/ A1 (*E.urophylla* x *E. sp.*), C3 (*E. grandis* x *E. camaldulensis*), E5, G7 e R9 (*E. urophylla*), P7 (*E. urophylla* x *E. tereticornis*); 2/ BO = Belo Oriente, CJ = Coração de Jesus e GN = Guanhães, Valores seguidos por uma mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; Valores seguidos por uma mesma letra minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; 3/ Média dos clones em cada sítio; 4/ns = não significativo, * significativo a 1 %, **significativo a 5 % e *** significativo a 10 %; 5/Diferença Mínima Significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e 6/Coefficiente de variação de médias de clones.

Quadro 16. Partição de enxofre em clones de *Eucalyptus* aos 47 meses de idade, cultivados em três regiões edafoclimáticas de Minas Gerais

^{1,2/} Clones/ Locais	Partição de Enxofre (%)								
	Folha			Galhos			Casca		
	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN
A1	7,9Aa	10,6Aa	6,4Ba	3,4Ac	11,3ABa	7,1Ab	7,6Aa	9,9Aa	5,6Aa
C3	3,0Ab	3,6Ab	16,7Aa	3,1Ab	9,0ABa	5,4ABb	5,3Aa	8,4Aa	4,7Aa
E5	4,8Ab	6,2Aab	11,5ABa	3,0Ab	8,4BCa	4,6ABb	7,9Aa	9,9Aa	5,3Aa
G7	4,5Aa	9,1Aa	10,1ABa	3,6Ab	11,8Aa	6,0ABb	4,4Aa	7,4Aa	11,4Aa
R9	7,4Aa	9,3Aa	12,8ABa	3,3Ab	5,3Cab	7,3Aa	4,2Aa	6,4Aa	5,3Aa
P7	6,7Aa	10,0Aa	9,1ABa	3,1Ab	8,1BCa	3,3Bb	5,0Aa	7,0Aa	8,8Aa
^{3/} Média	5,7	8,1	11,1	3,2	9,0	5,6	5,7	8,2	6,8
^{4/} F clone		ns			*			ns	
^{4/} F local		*			*			ns	
^{4/} F clone x		*			*			ns	
^{5/} DMS _{clone}		7,80			3,41			9,60	
^{5/} DMS _{local}		6,34			2,77			7,80	
^{6/} CV (%)		38,21			23,25			56,47	
	Lenho			Tronco			Serapilheira		
A1	43,2BCa	50,5Aa	49,7Aa	50,7ABa	60,4Aa	55,3Aa	37,9ABCa	17,6Bb	31,1ABab
C3	46,3ABCa	34,9ABa	41,7Aa	51,6ABa	43,4ABa	46,4Aa	42,3ABa	44,0Aa	31,5ABa
E5	52,3ABCa	40,8ABa	48,9Aa	60,3ABa	50,7ABa	54,2Aa	32,0ABCa	34,7ABa	29,6ABa
G7	61,0ABa	32,5ABb	46,6Aab	65,4Aa	39,9Bb	58,0Aa	26,5BCa	39,2Aa	25,9Ba
R9	64,1Aa	43,2ABb	50,3Aab	68,2Aa	49,6ABb	55,5Aab	21,0Ca	35,7ABa	24,4Ba
P7	36,5Ca	28,1Ba	31,3Aa	41,6Ba	35,2Ba	40,1Aa	48,6Aa	46,8Aa	47,5Aa
^{3/} Média	50,6	38,3	44,7	56,3	46,5	51,6	34,7	36,3	31,7
^{4/} F clone		*			*			*	
^{4/} F local		*			*			ns	
^{4/} F clone x		***			ns			**	
^{5/} DMS _{clone}		19,01			20,30			20,26	
^{5/} DMS _{local}		15,45			16,50			16,46	
^{6/} CV (%)		17,36			16,05			24,08	

1/ A1 (*E.urophylla* x *E. sp.*), C3 (*E. grandis* x *E. camaldulensis*), E5, G7 e R9 (*E. urophylla*), P7 (*E. urophylla* x *E. tereticornis*); 2/ BO = Belo Oriente, CJ = Coração de Jesus e GN = Guanhães, Valores seguidos por uma mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; Valores seguidos por uma mesma letra minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; 3/ Média dos clones em cada sítio; 4/ns = não significativo, * significativo a 1 %, **significativo a 5 % e *** significativo a 10 %; 5/Diferença Mínima Significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e 6/Coefficiente de variação de médias de clones.

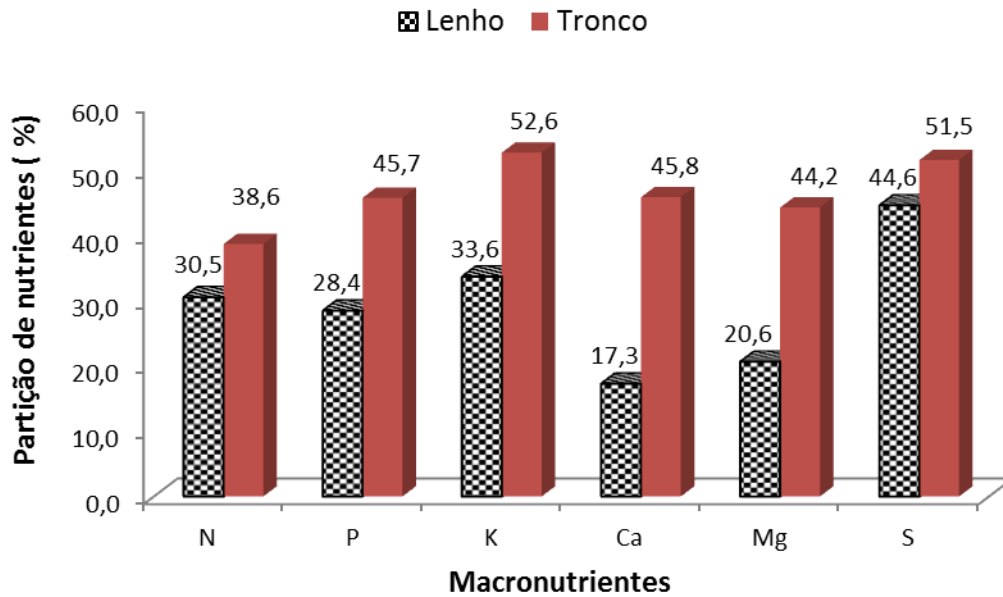


Figura 1. Partição média de macronutrientes no lenho e tronco de clones de *Eucalyptus*, aos 47 meses de idade. Média dos valores das três regiões edafoclimáticas de Minas Gerais.

Os coeficientes de utilização biológica (CUB) foram calculados para cada compartimento da planta (Apêndice) e pode ser observado que um clone que apresenta maior CUB para produção de determinado compartimento da parte aérea, pode não apresentar a mesma tendência para os demais compartimentos. No presente trabalho, utilizou-se o CUB de macronutrientes foliares (Quadro 17) como referência para inferir sobre a eficiência de utilização desses nutrientes pelos clones de eucalipto cultivados nas três regiões edafoclimáticas.

Uma planta bem nutrida deve apresentar teores de macronutrientes foliares dentro de uma faixa de suficiência considerada adequada (Quadro 4). Portanto, foi considerado que os valores de CUB crítico (Quadro 5) são adequados para o eucalipto no Brasil, em condições de expressar seu máximo potencial produtivo.

Nesse sentido, o CUB foliar de N não foi influenciado pelo clone, local ou pela interação clone x local como mostra o Teste F e o teste de médias. Os valores dos CUBs foliares dos nutrientes P, K e S foram influenciados pelo local em que os clones foram cultivados. A interação clone x local influenciou fortemente apenas o CUB foliar de Ca e Mg (Quadro 17).

Os clones cultivados em Belo Oriente apresentaram, em média, CUB foliar pouco acima da faixa crítica apenas para S. Na área de Coração de Jesus, os clones apresentaram CUB foliar de N e P acima da faixa crítica, K e Ca abaixo e Mg e S dentro da faixa considerada adequada. No sítio de Guanhães, apenas o CUB foliar de N estava acima do maior valor da faixa crítica.

Considerando a média das três áreas, os valores de CUB ficaram dentro da faixa considerada adequada para N, K, Ca e Mg. Os nutrientes P e S mostram-se em média com valores de CUB foliar pouco mais elevados do que o nível crítico superior, tendo em vista que a média foi elevada pelo maior CUB foliar de P no sítio de Coração de Jesus e pelo maior CUB foliar de S em Belo Oriente.

De modo geral, a sequência dos valores de CUB foliar foram: $P > S > Mg > Ca > K > N$. Apenas para CUB foliar de N, um mesmo clone apresentou maior valor em duas regiões. Para os demais macronutrientes, os maiores valores de CUB foliar foram apresentados por clones diferentes em cada local (Quadro 17).

O clone R9 que teve maior produção de massa de lenho ou tronco, apresentou maior CUB foliar comparado aos demais clones, para Mg em Coração de Jesus e de P e K, em Guanhães.

O clone A1, que foi o segundo com maior produção de massa de lenho ou tronco, apresentou maior CUB foliar apenas para Ca, em Coração de Jesus. Por outro lado, o clone P7 que apresentou o menor crescimento e a menor produtividade, apresentou os maiores valores de CUB foliar de N em Belo Oriente, maior CUB foliar de N, P e K em Coração de Jesus e maiores valores de Ca, Mg e S na área de Guanhães.

Considerando a média dos três locais, o clone P7 apresentou o maior CUB foliar de N e K. O clone C3 apresentou maior CUB foliar de P. O clone R9 apresentou o maior valor para Ca, enquanto o maior valor de CUB foliar de Mg foi obtido pelo clone E5, na média das três áreas. O G7 foi o material genético que apresentou em média o maior CUB foliar de S.

Quadro 17. Coeficientes de utilização biológica de macronutrientes nas folhas de clones de *Eucalyptus* aos 47 meses de idade, cultivados em três regiões edafoclimáticas de Minas Gerais

CUB - Coeficientes de Utilização Biológica (kg de massa seca/kg de nutrientes)									
1,2/ Clones/ Locais	N			P			K		
	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN
	Folhas								
A1	57,0Aa	67,9Aa	52,5Aa	907,6Aa	1329,0Aa	911,4Aa	98,3Aa	120,4 Aa	101,8 Aa
C3	40,4Aa	68,3Aa	53,6Aa	2244,6Aa	1740,5Aa	1044,2Aa	187,1Aa	67,3 Ab	81,1 Ab
E5	56,0Aa	65,5Aa	113,5Aa	636,6Aa	1623,2Aa	987,1Aa	100,7 Aa	115,2 Aa	128,9 Aa
G7	49,1Aa	66,4Aa	62,4Aa	1159,3Aa	1911,0Aa	1232,6Aa	143,2 Aa	47,6 Aa	130,5 Aa
R9	48,1Aa	69,1Aa	60,1Aa	803,1Aa	1942,0Aa	1429,4Aa	117,1 Aab	51,9 Ab	165,3 Aa
P7	107,3Aa	83,6Aa	73,0Aa	1134,9Aa	2390,2Aa	1317,1Aa	181,7 Aa	154,5 Aa	163,3 Aa
3/Média	59,6	70,1	69,2	1147,7	1822,7	1153,6a	138,0	92,8	128,5
4/F clone		Ns			ns			ns	
4/F local		Ns			*			**	
4/F clone x local		Ns			ns			ns	
5/DMS clone		73,17			1752,47			122,50	
5/DMS local		59,45			1423,96			99,53	
6/CV (%)		44,89			51,88			41,62	
	Ca			Mg			S		
	Folhas								
A1	181,2Bb	173,0Bb	236,7ABa	534,0ABa	416,9Aa	386,1Ba	1588,6ABa	935,4Aa	1242,1Aa
C3	172,4Bb	155,5ABb	228,9ABa	715,2ABa	530,6Aa	583,2ABa	1221,7Ba	971,1Aa	437,9Aa
E5	162,9Bb	157,3ABb	213,8Ba	1242,8Aa	560,8Ab	507,3ABb	1614,2ABa	1103,0Aa	1553,6Aa
G7	276,9Aa	134,7ABc	224,7ABb	737,7ABa	442,1Aa	363,2Ba	3480,0Aa	1060,3Ab	1069,7Ab
R9	237,3Aa	164,0Bb	238,6ABa	604,9ABa	592,2Aa	537,5ABa	1321,3Ba	1003,0Aa	1005,3Aa
P7	110,4Cb	106,1Ab	275,1Aa	461,8Bb	389,4Ab	1252,8Aa	1153,1Ba	1097,9Aa	1325,7Aa
3/Média	190,2	148,4	236,3	718,7	488,7	605,0	1729,8	1028,5	1105,7
4/F clone		*			ns			ns	
4/F local		*			***			**	
4/F clone x local		*			**			ns	
5/DMS clone		51,46			746,20			2143,10	
5/DMS local		41,81			606,32			1741,36	
6/CV (%)		10,93			50,34			67,72	

1/ A1 (*E.urophylla* x *E. sp.*), C3 (*E. grandis* x *E. camaldulensis*), E5, G7 e R9 (*E. urophylla*), P7 (*E. urophylla* x *E. tereticornis*); 2/ BO = Belo Oriente, CJ = Coração de Jesus e GN = Guanhães, Valores seguidos por uma mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; Valores seguidos por uma mesma letra minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; 3/ Média dos clones em cada sítio; 4/ns = não significativo, * significativo a 1 %, **significativo a 5 % e *** significativo a 10 %; 5/Diferença Mínima Significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e 6/Coefficiente de variação de médias de clones.

DISCUSSÃO

Na literatura, existem alguns valores de referência para interpretação dos dados de análise foliar para a cultura do eucalipto (Malavolta, 1987; Dell et al., 1995; Gonçalves et al., 1995; Malavolta et al., 1997; Silveira et al., 1998; Silveira et al., 1999; Andrade, 2004; Oliveira, 2004; Fernandes, 2010; Galdino, 2015). Para o diagnóstico do estado nutricional dos clones de eucalipto cultivados nas três regiões edafoclimáticas abordadas neste trabalho foram utilizadas as faixas de suficiência mais recentes como referência (Quadro 4).

Nesse sentido, os teores de N nas três áreas foram considerados suficientes para uma adequada nutrição mineral. O material genético P7 se enquadrou na classe de teores que são classificados como tendendo a suficiente para N na média das três áreas. Isso justificou o valor de CUB mais elevado quando comparado aos demais clones, na média das três áreas, tendo em vista que chegou a níveis pouco maiores que aqueles considerados críticos em áreas como Coração de Jesus e Guanhões. Nesse caso, o CUB foliar de N expressou a eficiência no uso do nutriente pela planta, mesmo em condições edafoclimáticas mais adversas, apesar de ser o material genético com menor produção de lenho ou tronco, nas três áreas. O clone E5 em Guanhões também apresentou um teor tendendo a suficiente e seu CUB foliar de N foi o maior em relação aos demais clones cultivados nesse local, sendo este apenas o quarto clone em escala de produção de lenho e tronco.

Para P foliar, a faixa de suficiência abrange o intervalo de 0,82 a 1,22 g kg⁻¹ (Galdino, 2015). Portanto, os clones cultivados em Belo Oriente e Guanhões apresentaram, em média, teor de P foliar considerado suficiente. No sítio de Coração de Jesus, quatro clones cultivados estavam na classe deficiente em P e outros dois na classe tendendo a suficiente (A1 e E5). Os baixos teores de P encontrados no tecido foliar foram responsáveis pelo CUB foliar médio desta área ter ficado acima do maior valor crítico. Pode-se inferir, portanto, que o CUB foliar neste caso não apresentou necessariamente a maior eficiência de utilização do nutriente, mas a sua menor concentração no tecido, que pode indicar dificuldade na absorção do nutriente, uma vez que foram aplicados 96 kg ha⁻¹ de P₂O₅ para os clones neste sítio, que equivale a 42 kg ha⁻¹ de P. Essa dose de fósforo na implantação seria suficiente para atender a demanda nutricional

desses clones, em um solo com textura média, cujo fator capacidade é menor (Novais et al., 2007). Santana et al. (2008) ressaltaram que a ação combinada da menor disponibilidade de água e alta demanda evaporativa reduz a absorção e conseqüentemente, o conteúdo de nutrientes. Tal fato poderia justificar a elevação do CUB foliar de P em Coração de Jesus. No sítio de Guanhões, três clones apresentaram tendência a suficiente e os demais se enquadraram na faixa de suficiência.

Os teores de K foram suficientes nos clones cultivados em Belo Oriente e Guanhões e considerado alto em Coração de Jesus (Galdino, 2015). Analisando os clones individualmente dentro de cada sítio, pode ser observado que em Belo Oriente existia três clones que apresentavam teores altos de K foliar (A1, E5 e G7), enquanto em Guanhões foram observados apenas dois clones (A1 e C3) com teores considerados alto para esse nutriente.

No sítio de Coração de Jesus, os clones C3 e G7 apresentaram teores de K que se enquadram na classe de tendência ao excesso (Galdino, 2015), enquanto R9 apresentou teor considerado excessivo. Nas três regiões foi observada a tendência de pelo menos dois clones acumularem K excessivamente, sendo que em alguns casos poderia ser devido à elevada disponibilidade do nutriente no solo, configurando o consumo de luxo (Yamada e Roberts, 2005; Ernani et al., 2007), mas pode representar uma estratégia de resistência aos estresses hídricos, notadamente os ocorridos na região de Coração de Jesus e Guanhões nos dois últimos anos. O K participa na regulação do fechamento estomático, reduzindo a perda de água pela planta em condição de sua baixa disponibilidade no solo (Taiz e Zeiger, 2009; Winkel et al. 2001). Graças a isso, há menor decréscimo da fotossíntese em plantas bem supridas com esse nutriente (Marschner, 1995). Mendes et al. (2013) mostraram que genótipos de eucalipto apresentaram maior eficiência no uso da água sob deficiência hídrica e adubação potássica. Hodecker (2015) também reportou elevado incremento na eficiência do uso da água em plantas sob estresse hídrico que foram suplementadas com boro (B), devido à combinação de alta taxa fotossintética e alta concentração de K foliar. Corroborando com essa autora, os níveis de B no tecido foliar dos clones estudados neste trabalho, independentemente do local foram altos ou tendendo a excessivo (Dados não apresentados). Portanto, essa combinação de B, alta concentração de K foliar e alta taxa fotossintética pode ser uma das principais

estratégias de tolerância à seca utilizadas pelos clones, nos três ambientes, em épocas de restrição hídrica.

Não houve deficiência de Cálcio (Ca) em nenhuma das áreas para nenhum dos clones, de acordo com as faixas de suficiência apresentada por Fernandes (2010). No sítio de Coração de Jesus, cinco dos seis clones apresentaram teores altos deste nutriente nas folhas. O seu acúmulo pode estar associado aos mecanismos de resistência aos fatores edafoclimáticos adversos encontrados em Coração de Jesus, especialmente a baixa precipitação e elevada demanda evapotranspiracional, uma vez que o Ca pode atenuar os danos causados pelo estresse hídrico (Stefanuto, 2002). O Ca é um elemento fundamental para a síntese de paredes celulares e possui efeito regulador sobre as aquaporinas, que formam canais seletivos de água através da membrana celular, facilitando sua entrada e auxiliando na manutenção da turgidez celular (Taiz e Zeiger, 2009). Além disso, os resultados obtidos em trabalho desenvolvido por Barros Filho (2014), avaliando os efeitos da nutrição com Ca e B em clones submetidos a déficit hídrico, mostrou que o Ca pode desempenhar papel semelhante ou mais intenso do que o B na mitigação dos efeitos do estresse hídrico em clone de *Eucalyptus urophylla*, sendo mais efetivo na mitigação para clones tolerantes. O mesmo autor apontou que a tolerância ao estresse hídrico, comumente observada em um dos clones por ele estudados, pode estar ligado a maior absorção e acúmulo de Ca, que poderia desencadear vários processos para minimizar os efeitos do estresse hídrico no eucalipto. Os valores de CUB foliar de K e Ca abaixo do menor valor de CUB crítico, em Coração de Jesus, estão em função da maior concentração de ambos os nutrientes no tecido foliar dos clones.

A concentração de Mg também foi considerada suficiente nos três sítios. Apenas o clone E5 apresentou teores tidos como deficientes em Belo Oriente. Os teores de S, em média, tenderam a ser suficientes na região de Belo Oriente e foram suficientes nos sítios de Coração de Jesus e Guanhães. No sítio de Coração de Jesus, os teores de S no solo eram considerados baixos (Quadro 2), conforme Rajj et al. (1996). Deste modo, foram utilizados fertilizantes que continham o S como elemento acompanhante, como é o caso do sulfato de cálcio, do superfosfato simples amoniado e do sulfato de amônio. Pelas doses aplicadas de cada fertilizante ao longo da rotação da cultura, estima-se que tenham sido aplicados aproximadamente 149 kg ha^{-1} de S em Coração de Jesus. Essa contribuição do enxofre advindo das adubações foi importante, pois, os clones cultivados em

Coração de Jesus apresentaram, em média, os maiores teores desse elemento acumulado nos galhos, casca e lenho comparado aos demais sítios.

Por outro lado, nos sítios de Belo Oriente e Guanhães, as adubações foram realizadas com fertilizantes formulados concentrados e os teores de S nas análises de solo foram considerados elevados (Raij et al., 1996), sendo suficientes para atender as demandas dos clones por esse nutriente.

Na copa e no lenho, a maior concentração média de macronutrientes primários seguiu a sequência $N > K > P$. Os conteúdos médios de N, P e K encontrados no lenho dos clones cultivados em Coração de Jesus foram os menores quando comparados às outras duas áreas, o que indica que com a colheita apenas do lenho nesse local, haverá uma baixa quantidade de exportação desses nutrientes da área. Por outro lado, esses dados mostram que provavelmente os processos de absorção e fluxos de transporte desses nutrientes no solo foram limitados pelas condições edafoclimáticas do local que apresentou uma restrição hídrica natural mais severa (Menores precipitações e distribuição mais irregular ao longo do ciclo de cultivo), com maior déficit hídrico anual, e demanda evapotranspiracional mais elevada (menor latitude, maior DPV, maior evapotranspiração potencial, maior radiação solar média anual e insolação mais prolongada) quando comparado a uma área de cultivo com altitude similar (Guanhães) ou comparado a sítio com mesma classificação climática (Belo Oriente). De modo geral, existe queda da condutância estomática e da fotossíntese com aumento do DPV (Lima et al., 2003; Marrich, 2009; Gonzalez et al., 2014); portanto, a absorção de nutrientes também será menor nesse ambiente restritivo tendo em vista que a massa de água transpirada será reduzida.

Samesima et al. (2014), estudando o balanço hídrico e a classificação de Köppen dos anos de 2012 e 2013 em relação ao clima histórico de 29 regiões integrantes do TECHS observaram que o tipo climático do local pode variar anualmente, em razão das variações de precipitação e temperatura. Dentro das regiões avaliadas por esses autores encontram-se as regiões de Belo Oriente e Guanhães. Os autores relataram que o clima de Belo Oriente que historicamente é classificado como clima tropical com estação seca de inverno (Aw) se comportou como clima tropical com estação seca de verão (As) em 2012. A região de Guanhães que se enquadra no tipo climático Cwa (clima temperado úmido com verão quente e inverno seco) também apresentou comportamento de As, no ano de 2013.

Isso justifica o fato de Guanhães apresentar uma precipitação acumulada similar ao sítio de Coração de Jesus, nos 47 meses em que o estudo foi conduzido. Apesar da precipitação acumulada ser menor que a média histórica em Guanhães, ela foi bem distribuída ao longo dos anos, com valores mais elevados durante os meses mais secos (576 mm, enquanto em Coração de Jesus foi apenas 357 mm) e apresentou menor demanda evapotranspiracional (menores DPV's, evapotranspiração potencial, menor radiação solar média anual e 3,5 horas a menos de insolação que em Coração de Jesus) e temperaturas mais amenas. Além disso, a textura argilosa (44 % de argila) de Guanhães possibilitou maior retenção de água no solo.

Isso refletiu nos maiores conteúdos de macronutrientes acumulados nos compartimentos dos clones cultivados nesse local e nas melhores produtividades comparado ao sítio de Coração de Jesus. Portanto, as condições climáticas mais amenas de Guanhães, associada às características de solo que proporcionaram maior retenção de água e menor déficit hídrico anual minimizaram os efeitos da menor precipitação ocorrida ao longo dos 47 meses de cultivo, de forma que os mecanismos de transpiração e absorção de nutrientes foram menos afetados. As características do solo em Guanhães também são condizentes a um aprofundamento maior do sistema radicular, comparado aos outros locais, o que permite melhor exploração dos recursos hídricos e, conseqüente aumento da eficiência de absorção de nutrientes e sua utilização pelos clones de eucalipto.

Os conteúdos de Ca, Mg e S na copa foram, em média, mais elevados nos clones cultivados em Coração de Jesus do que naqueles clones cultivados nos outros dois sítios. No entanto, esse conteúdo acumulado não foi convertido em produtividade, sugerindo um efeito de concentração do elemento no tecido em função do menor desenvolvimento proporcionado pelas baixas precipitações, alto déficit de pressão de vapor e pela natureza mais arenosa do solo neste local. Barros Filho (2014) também reportou esse tipo de efeito para Ca nos tecidos de eucalipto, uma vez que houve menor quantidade de matéria seca produzida em local com estresse hídrico.

A partição de nutrientes foi influenciada pela interação entre clone x local, conforme o compartimento da árvore analisado. Houve uma tendência de que a maior parte dos nutrientes fosse alocada no lenho ou tronco, com elevada quantidade de Ca e Mg na casca, o que assemelha a resultados obtidos em outros

estudos com povoamentos de *Eucalyptus* no Brasil (Neves, 2000; Santana, 2000; Santana et al., 2000; Santana et al., 2008; Witschorek e Schumacher, 2015).

A serapilheira foi o segundo compartimento com maior alocação de macronutrientes (mais de 30 % do N, Ca, Mg e S), independentemente do sítio. A sequência de nutrientes alocados na serapilheira, em média, foi: $Ca > N > Mg > S > P > K$. Neves (2000) também observou valores de partição de macronutrientes significativos para serapilheira em clones de eucalipto cultivados no Espírito Santo, sendo que em média a sequência de macronutrientes foi: $Mg > N > S > P > Ca > K$. Witschorek e Schumacher (2015) reportaram que a serapilheira acumulada em povoamentos de eucalipto com sete anos de idade representaram 61 % do Mg, 55 % do N, 22 % do P e 11 % do K. Os autores ainda salientaram que a retirada ou queima desse material tem impacto negativo no balanço de nutrientes, comprometendo a sustentabilidade de cultivos subsequentes.

Os clones que apresentam maior CUB foliar, não necessariamente foram os mais produtivos, corroborando com o que foi relatado por Santana et al. (2002). Barros et al. (1995) já haviam destacado que não há relação direta entre a produtividade e a eficiência de utilização dos nutrientes. Por isso é importante que índices como o CUB sejam interpretados associando-se informações que reflitam a produtividade do eucalipto, como a massa, volume e incremento médio anual e estado nutricional. Tomé Junior (2004) ressaltaram que esse coeficiente pode ser influenciado por vários outros fatores, além da produtividade, e essa variabilidade seguramente é diferenciada entre os componentes da planta, fato que foi confirmado neste trabalho.

CONCLUSÕES

Os teores e conteúdos de macronutrientes nos compartimentos das árvores foram influenciados pela interação entre clone e local. Fatores como a latitude, a regularidade na distribuição das chuvas, maior volume de chuvas nos meses mais secos, menor evapotranspiração potencial, menor DPV, menor nível de radiação solar média anual e de insolação associados ao maior teor de argila, maior capacidade de retenção de água e menor déficit hídrico anual no solo foram definidores para alcançar o melhor estado nutricional e conseqüentemente a maior produção do eucalipto em ambientes com altitudes similares.

Os clones de eucalipto apresentaram estado nutricional adequado em região de baixa altitude (Belo Oriente), tendo em vista que os efeitos advindos das temperaturas mais elevadas, maior demanda evapotranspiracional e maior DPV foram minimizadas pelas características do solo que é mais argiloso, retém maior quantidade de água disponível e apresentou menor déficit hídrico anual comparado a Coração de Jesus que tem a mesma classificação climática (Aw) associada à maior precipitação acumulada durante os períodos secos e no total acumulado durante os 47 meses de estudo.

A aquisição de fósforo pelos clones de eucalipto em Coração de Jesus foi limitada, em função das condições ambientais e maior déficit hídrico anual do solo, que resultou em baixos teores foliares do nutriente.

A alocação de N foi influenciada pela interação clone x local apenas para folhas, nos demais compartimentos houve ação dos fatores isoladamente. A partição de P, K, Ca, Mg e S foi influenciada pela interação clone x local na maioria dos compartimentos analisados. De modo geral, maior parte do P, K e S ficou alocada no lenho dos clones, enquanto N, Ca e Mg tiveram maior alocação para a serapilheira. A casca também alocou quantidades expressivas de P, K, Ca e Mg.

A eficiência de utilização dos nutrientes nas folhas decorreu de seus baixos teores e não pelo maior crescimento das árvores. A eficiência de uso de P, K e S variou com o clone, com o local e a interação dos dois fatores. Já a eficiência de uso do Ca e Mg foi afetada somente pela interação clone x local.

O acúmulo de K e Ca na copa, principalmente em condições de maior déficit hídrico e maior demanda evaporativa, também pode refletir os mecanismos fisiológicos que esses clones utilizam para manter o crescimento e a produção nas áreas estudadas. A eficiência no controle estomático, no uso da água e da luz solar pelos clones mais produtivos, além do espessamento das paredes celulares podem ser algumas das estratégias utilizadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. Clonagem e doenças do Eucalipto. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 2004. 442 p.
- ALFONSI, R.R.; PEDRO JUNIOR, M.J.; ARRUDA, F.B.; ORTOLANI, A.A.; CAMARGO, M.B.P.; BRUNINI, O. Métodos agrometeorológicos para controle da irrigação. Campinas, Instituto Agronômico, 1990. 62p. (Boletim técnico, 133).
- ANDRADE, L.R.M. Corretivos e fertilizantes para culturas perenes e semiperenes. In: SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. (Eds.). Cerrado: Correção do solo e adubação. 2ª ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 317-366.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S.N. Experimentação agrícola. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 247 p.
- BARROS FILHO, N.F. Discriminação isotópica do ^{13}C e nutrição com cálcio e boro em clones submetidos ao déficit hídrico. UFV: Viçosa, 2014. (Tese de Doutorado).
- BARROS, N.F.; BRAGA, J.M.; BRANDI, R.M.; DEFELIPO, B.V. Produção de eucalipto em solos de cerrados em resposta à aplicação de NPK e de B e Zn. Revista Árvore, v. 5, p. 90-103, 1981.
- BARROS, N.F.; SILVA, O.M.; PEREIRA, A.R.; BRAGA, J.M.; LUDWIG, A. Análise do crescimento de *Eucalyptus saligna* em solo de cerrado sob diferentes níveis de N, P, e K no Vale do Jequitinhonha. IPEF, 26:13-17, abr.1984.
- BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. Eucalypt nutrition and fertilizer regimes in Brazil. In: ATTIWILL, P.M.; ADAMS, M.A. (Org.). Nutrition of Eucalypts. 1th ed. Collingwood: CSIRO Publishing., 1995, p. 335-356.
- BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; CARMO, D.N.; NEVES, J.C.L. Classificação nutricional de sítios florestais: descrição de uma metodologia. Revista árvore, Viçosa, 10: 112-20, 1986.
- BOX, G. E. P. Some theorems on quadratic forms applied in the study of analysis of variance problems, Annals of Mathematical Statistics, Washington, v. 25, p. 290-302, 1954.
- BOX, G. E. P.; MEYER, R. D. Dispersion Effects from Fractional Designs. Technometrics, v. 28, Issue 1, p.19-27. February, 1986.
- BRAGA, J.M.; DEFELIPO, B.V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solos e plantas. Rev. Ceres, 21: 73-85, 1974.
- CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.A.S. Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos do Instituto Agronômico de Campinas. Campinas, Instituto Agronômico, 2009. 77 p. (Boletim técnico, 106, Edição revista e atualizada).
- CARNEIRO, R.L.C; RIBEIRO, A.; HUAMAN, C.A.M.; LEITE, F.P.; SEDIYAMA, G.C.; BARROS, N.F. Consumo de água em plantios de

- eucalipto: parte 1 Determinação da condutância estomática em tratamentos irrigados e não-irrigados. Rev. Árvore. 32:1-10, 2008a.
- CARNEIRO, R.L.C. RIBEIRO, A.; HUAMAN, C.A.M.; LEITE, F.P.; SEDIYAMA, G.C.; NEVES, J.C.L. Consumo de água em plantios de eucalipto: parte 2. Modelagem da resistência estomática e estimativa da transpiração em tratamentos irrigados e não-irrigados. Rev. Árvore. 32: 11-18, 2008b.
- CLIMATE-DATA. Clima: Belo Oriente, Coração de Jesus e Guanhães. Disponível em: <<http://pt.climate-data.org>>. Acessado em 02 de Jan. 2016.
- CORREIA, J.R. REATTO, A.; SPERA, S.T. Solos e suas relações com o uso e manejo. In: SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. (Eds.). Cerrado: Correção do solo e adubação. 2ª ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 29-61.
- COSTA, M. H. Balanço hídrico segundo Thornthwaite e Mather, 1995. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Agrícola. Engenharia na Agricultura, Caderno didático 19. 22 p. 1994.
- DELL, B.; MALAJACZUK, N.; GROVE, T.S. Nutrient disorders in plantation eucalypts. Camberra: Australian Center for International Agricultural Research, 1995. 104 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.
- ERNANI, P.R., ALMEIDA, J.A., SANTOS, F.C. Potássio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V. V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. Fertilidade do Solo. Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, Viçosa, 1017p. 2007. P.551-594
- FERNANDES, L.F.V. Normas e determinação de faixas de suficiência para diagnose foliar com base no crescimento relativo de eucalipto. 2010. 83 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. Ci. e Agro., 35: 1039-1042, 2011.
- GALDINO, M.P. Valores de referência e faixas de suficiência nutricional para avaliação do estado nutricional da cultura do eucalipto no Brasil. 2015. 51 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).
- GALVANI, F.; GAERTNER, E. Adequação da Metodologia Kjeldahl para determinação de Nitrogênio Total e Proteína Bruta. Corumbá, MS: Embrapa. 2006. (Circular Técnica 63).
- GAMA-RODRIGUES, E.F.; BARROS, N.F.; GAMA-RODRIGUES, A.C.; SANTOS, G.A. Nitrogênio, carbono e atividade da massa microbiana do solo em plantações de eucalipto. Revista Brasileira de Ciências do Solo, Viçosa, 29: 893-901. 2005.
- GOLFARI, L. Escolha de espécies de eucaliptos potencialmente aptas para diferentes regiões do Brasil. Brasil Floresta. 1: 3-23, 1970.
- GOLFARI, L.; CASER, R.L.; MOURA, V.P.G. Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil (2ª Aproximação). PRODEPEF (Série Técnica), Brasília, n. 11, 1978. 67 p.

- GONÇALVES, J.L.M. Recomendações de adubação para *Eucalyptus*, *Pinus* e Espécies Típicas de Mata Atlântica. Documentos Florestais, v.15, p.1-23, 1995.
- GONSALEZ, B.T., GONÇALVES, A.N., STAPE, J.L., OTTO, M.S.G. Caracterização do potencial fotossintético máximo e da condutância estomática em clones de *Eucalyptus* submetidos ao estresse hídrico. 22º Simpósio Internacional de Iniciação Científica e Tecnológica da USP, 2014.
- HODECKER, B.E.R. Comparison of drought stress responses of tolerant and sensitive eucalypt genotypes. UFV: Viçosa, 2015. (Tese de Doutorado).
- HODECKER, B.E.R. Comparison of drought stress responses of tolerant and sensitive eucalypt genotypes. UFV: Viçosa, 2015. (Tese de Doutorado).
- LIMA, W. P. Impacto ambiental do eucalipto. 2.ed. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1996. 301p.
- LIMA, W.P.; JARVIS, P.; RHIZOPOULOU, S.; Stomatal responses of *Eucalyptus* species to elevated CO₂ concentration and drought stress. Sci. Agricola, 60: 231-238, 2003.
- MALAVOLTA, E. Essências florestais: Eucalipto e Pinus. In: MALAVOLTA, E. Manual de calagem e adubação das principais culturas. São Paulo: Ceres, 1987. Cap. 10, p. 376-96.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, E.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas (princípios e aplicações). 2.ed. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.
- MARRICHI, A.H.C. Caracterização da capacidade fotossintética e da condutância estomática em sete clones comerciais de *Eucalyptus* e seus padrões de resposta ao déficit de pressão de vapor. 2009. 104p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.
- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2 ed. New York: Academic Press, 1995. 889 p.
- MENDES, H. S. J.; PAULA, N. F. de; SCARPINATTI, E. A.; PAULA, R. C. de. Respostas fisiológicas de genótipos de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* à disponibilidade hídrica e adubação potássica. Cerne, n.4:603-611, 2013.
- NEVES, J. C. L. Produção e partição de biomassa, aspectos nutricionais e hídricos em plantios clonais de eucalipto na região litorânea do Espírito Santo. 2000. 192 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF), Campos dos Goitacazes, 2000.
- NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J.; NUNES, F.N. Fósforo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V. V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. Fertilidade do Solo. Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, Viçosa, 1017p. 2007. P.551-594
- OLIVEIRA, S.A. Análise foliar. In: SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. (Eds.). Cerrado: Correção do solo e adubação. 2ª ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 245-256.
- RAIJ, B. ; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. v.1. 285 p.

- RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.).
Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed.
Campinas: IAC, 1996. 285p. (IAC. Boletim Técnico, 100).
- SAMESIMA, G., CARMO, J.B., ALVARES, C., STAPE, J.L. Balanço hídrico e
classificação de Köppen dos anos de 2012 e 2013 em relação do clima
histórico de 29 regiões representativas da eucaliptocultura no Brasil. 22º
Simpósio Internacional de Iniciação Científica e Tecnológica da USP, 2014.
- 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 do Estado de São Paulo.
Revista Árvore, Viçosa, 26: 447-457, 2002.
- SANTANA, R.C. Predição de biomassa e alocação de nutrientes em povoamentos
de eucalipto no Brasil. 2000. 59 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de
Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 2000.
- SANTANA, R.C.; BARROS, N.F.; COMERFORD, N.B. Above-ground biomass,
nutrient content, and nutrient use efficiency of eucalypt plantation growing in
different sites in Brazil. New Zealand J. of For. Sci., 30: 225-236, 2000.
- SANTANA, R.C.; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; LEITE, H.G.;
COMERFORD, N.B. Alocação de nutrientes em plantios de eucalipto no
Brasil. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 32: 2723-2733, 2008.
- SANTANA, R.C.; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; LEITE, H.G.;
COMERFORD, N.B. Alocação de nutrientes em plantios de eucalipto no
Brasil. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 32: 2723-2733, 2008.
- SILVEIRA, R.L.V.A.; HIGASHI, E.N.; POMPERMAYER, P.N. Monitoramento
Nutricional na Siderúrgica Barra Mansa. Relatório de Pesquisa e Assessoria,
1998. 92 p. (trabalho não publicado)
- SMALIAN, H. L. Beitrag zur Holzmesskunst. Strausund (1804), cit. Prodan
(1965), 1837.
- SOUZA, A.P. Produção de madeira de eucalipto em propriedades rurais.
Diamantina, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri,
2012. 75 p.
- SOUZA, M.J.H. de et al. Disponibilidade hídrica do solo e produtividade do
eucalipto em três regiões da Bacia do Rio Doce. Rev. Árvore, 30: 399-410.
2006a.
- SOUZA, M.J.H. Et al. Relação entre disponibilidade hídrica e produtividade do
eucalipto em diferentes idades, em Guanhães, Minas Gerais. Rev. bras. eng.
agríc. ambient. 10: 629-638. 2006b.
- STAPE, J. L. Production Ecology of clonal *Eucalyptus* Plantation in northeastern
Brazil. Fort Collins: Post Doctoral Repost. Colorado University. 2002. 225p.
- STAPE, J.L et al. Programa Cooperativo TECHS – Tolerance of *Eucalyptus*
Clones to Hydric and termal Stresses. Revisão...IPEF, Piracicaba-SP, set.
2011.
- STAPE, J.L. et al. Programa Cooperativo sobre Tolerância de Eucalyptus Clonais
aos Estresses Hídrico e Térmico (TECHS) – Relatório Anual. IPEF, 2015. p.
52-63.

- STEFANUTO, V.A. Efeito do cálcio na homeostase de brotações de um clone de *Eucalyptus grandis* Hill (ex Maiden) sob condições de deficiência hídrica induzida *in vitro*. ESALQ-USP: Piracicaba, 2002. (Dissertação de Mestrado).
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 5. ed. Piracicaba, Artmed, 2009. 820 p.
- THORNTHWAITE, C.W. Na approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review*, 38: 55-94, 1948.
- TOMÉ JUNIOR, J.B. Uma nova abordagem nas recomendações de adubação. Viçosa: UFV, 2004. 133 p. (Tese de Doutorado).
- WINKEL, T., PAYNE, W.; RENNO, J.-F. Ontogeny modifies the effect of water stress on stomatal control, leaf area duration and biomass partitioning of *Pennisetum glaucum*. *New Phytol.*, 149: 71-82. 2001.
- WITSCHORECK, R.; SCHUMACHER, M.V. Alocação de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus saligna* Sm. Na região de Guaíba – Rio Grande do Sul. *Cerne*, 21: 625-632, 2015.
- YAMADA, T.; ROBERTS, T. L (Eds.). Potássio na agricultura brasileira. Potafos: Piracicaba, SP. 2005.

CAPÍTULO III

CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E CONTEÚDO DE NUTRIENTES DE GENÓTIPOS DE EUCALIPTO SOB RESTRIÇÃO HÍDRICA

RESUMO

O estado de Minas Gerais detém a maior área plantada com eucalipto no país e apresenta grande diversidade edafoclimática, caracterizada, em muitas regiões, como Norte e o Vale do Jequitinhonha, por consideráveis limitações hídricas e nutricionais. O objetivo desse trabalho foi avaliar os efeitos da retirada parcial da água das chuvas sobre o crescimento, produção e conteúdo de nutrientes no tronco de diferentes genótipos de *Eucalyptus*, em área com condição edáfica e climática naturalmente limitante. A coleta de dados foi realizada em área pertencente à TTG Florestal, localizada no município de Coração de Jesus, que apresenta clima tropical tipo Aw e vegetação predominante Cerrado. Foram estudados os clones A1, C3, R9 e P7, submetidos a dois regimes hídricos: um correspondente à precipitação natural da região (SE – sem exclusão) e outro em que foi realizada retirada parcial da água das chuvas (CE – com exclusão), reduzindo a penetração e disponibilidade de água no solo. A remoção da água da área era feita por meio de lonas plásticas estendidas sob as árvores e suportadas por estrutura de madeira e fios de arame liso. Na extremidade de cada parcela, a água recolhida era canalizada para fora da área experimental. Cada unidade experimental era formada por oitenta plantas, no espaçamento de 3 x 3 m. No extremo de cada parcela existia uma miniparcela com quarenta plantas destinada a estudos que requeiram abate de árvores. Foram realizadas análises de crescimento com base nos inventários florestais, estimativa de produtividade (volume e massa seca de tronco) e estimativa do conteúdo de nutrientes no tronco. Para as análises nutricionais, amostras de casca e madeira foram coletadas utilizando-se um trado, que foi introduzido no tronco à altura do DAP. As amostras coletadas foram secadas, moídas e analisadas em laboratório. Os clones estudados são capazes de tolerar uma restrição hídrica mais severa sem que tenham redução de sobrevivência. O efeito da restrição hídrica se intensifica na idade de 40 meses

após o plantio. Os clones apresentam ritmo e forma de crescimento, conteúdo e eficiência de utilização de nutrientes diferenciados, independentemente da disponibilidade de água. Dos clones testados, o A1 e o R9 são aqueles que melhor se adaptam às condições de Coração de Jesus, apresentando sobrevivência elevada e maior produção. As perdas de produção do clone R9 foram menores, comparado ao A1, quando submetido à restrição hídrica mais severa. O clone C3 apresenta uma curva característica de crescimento ao longo do tempo diferenciada em relação aos demais materiais genéticos, bem como o desenvolvimento de DAP e os incrementos em área basal, indicando sua estratégia diferenciada de sobrevivência que pode ser relacionada a expansão radicular. O conteúdo de nutrientes e a eficiência de utilização dos mesmos para conversão em produtividade são fortemente influenciados pelo material genético, independentemente do nível de precipitação e disponibilidade de água. O conteúdo de macronutrientes, de modo geral, foi mais elevado nas árvores dos clones cultivados em ambiente sem exclusão de água de chuvas, devido a maior produção de matéria seca, pois, os teores de nutrientes encontrados no tronco das plantas foram similares nas duas condições de disponibilidade de água.

Palavras-Chave: água, nutrição mineral, *Eucalyptus*, clones

CHAPTER III

GROWTH, YIELD AND NUTRIENT CONTENT OF EUCALYPT GENOTYPES UNDER WATER RESTRICTION

ABSTRACT

The Minas Gerais State, Brazil, has the largest area planted with *Eucalyptus* and shows great edaphoclimatic diversity, characterized in many regions, such as North and Jequitinhonha Valley, due to considerable water and nutritional limitations. The objective of this study was to evaluate the effects of partial rainwater removal on growth, yield and nutrient content in the trunk of different genotypes of *Eucalyptus*, in an area with soil and climatic conditions that are naturally limiting. The data collection was carried out in an area belonging to TTG Florestal Company, located in the municipality of Coração de Jesus, which presents an Aw type tropical climate and predominant Cerrado vegetation. The clones A1, C3, R9 and P7 were submitted to two water regimes: one corresponding to the natural precipitation of the region (SE - without exclusion) and one in which partial rainwater removal (CE - with exclusion) was carried out, reducing the infiltration and availability of water in the soil. Removal of water from the area was done by means of plastic canvases stretched under the trees and supported by wood frame and smooth wire. At the end of each plot, the collected water was channeled out of the experimental area. Each experimental unit consisted of eighty plants, spaced 3 x 3 m. Growth analyzes were performed based on forest inventories, yield estimates (trunk volume and dry mass) and nutrient content in the trunk. For the nutritional analyzes, bark and wood samples were collected using a borer, which was introduced into the trunk up to the middle portion of the DAP. The collected samples were dried, ground and analyzed in the laboratory. The clones studied are capable of tolerating a more severe water restriction without reducing survival. The effect of water restriction intensifies at the age of 40 months after planting. The clones present rhythm and form of growth, content and efficiency of use of differentiated nutrients, regardless of the availability of water. Of the clones tested, the A1 and R9 are those that best adapt to the conditions of Coração de Jesus, presenting high survival and greater yield.

Yield losses of clone R9 were lower, compared to A1, when submitted to the most severe water restriction. Clone C3 presents a characteristic growth curve over time differentiated in relation to the other genetic materials, as well as the development of DAP and the increments in basal area, indicating its differentiated strategy of survival that can be related to root expansion. The nutrient content and its efficiency of use for productivity is strongly influenced by the genetic material, regardless of precipitation level and water availability. Macronutrient content was generally higher in clone trees cultivated in environment without rainwater exclusion due to higher dry matter yield, as nutrient contents found in the trunk of the plants were similar in both conditions of water availability.

Key-Words: Water, mineral nutrition, *Eucalyptus*, clones

INTRODUÇÃO

No Brasil existem aproximadamente 7,8 milhões de hectares de plantios florestais, que contribuem significativamente para a economia do país. Em 2015, o setor florestal foi responsável por uma receita bruta de R\$ 69 bilhões, que equivaleu a 6 % do PIB brasileiro (IBÁ, 2015). Da área plantada com espécies florestais, quase 75 % correspondem a plantios de eucalipto, sendo o estado de Minas Gerais aquele com maior área (IBGE, 2015). No Estado, o reflorestamento trouxe um importante avanço sócioeconômico, principalmente para regiões como o Vale do Jequitinhonha e Norte de Minas Gerais, onde havia pouca opção de emprego para a população. Atualmente, a silvicultura está presente em 440 municípios mineiros promovendo uma geração de aproximadamente 379 mil empregos, diretos e indiretos (AMS, 2015).

As áreas mais extensas ocupadas com eucalipto em Minas Gerais estão situadas na metade norte do Estado. Esta região é caracterizada por estações de secas relativamente prolongadas e solos de baixa fertilidade, sejam eles argilosos ou arenosos. No estado de Minas Gerais, aproximadamente 66 % dos solos apresentam grau moderado de limitação da fertilidade para cultivo e 14 % com limitação considerada forte, sendo que 81 % deles apresentam limitação moderada devido à baixa saturação por bases (Silva, 2014). O relativo sucesso dos plantios florestais no norte de Minas Gerais deve-se às técnicas de manejo adotadas, representadas pela escolha de material genético mais adequado e ao emprego da correção e fertilização do solo.

Água e nutrientes são os dois recursos que mais limitam o crescimento florestal na região tropical (Barros e Comerford, 2002). Nos últimos anos variações consideráveis têm sido observadas no regime de chuvas na região norte de Minas Gerais, com períodos de seca mais prolongada do que normalmente verificado no passado e redução na quantidade de chuvas. As projeções de mudanças climáticas constituem preocupação quanto à sustentabilidade da atividade florestal na região. Medidas mitigadoras dos efeitos da seca, como adubação mineral específica e plantio de clones mais tolerantes têm sido utilizadas.

A baixa fertilidade dos solos, apesar de ser um fator limitante a elevadas produtividades do eucalipto, pode ser corrigida por meio das técnicas de calagem e adubação (Comissão..., 1988; Barros et al., 1997; Barros e Novais, 1999;

Gonçalves et al., 1999; SBCS, 2004; Prezzotti et al., 2007; Gomes e Passos, 2008; Neves et al., 2008; Rocha et al., 2015). Vários estudos indicaram o papel de nutrientes minerais na mitigação dos efeitos da seca em eucalipto. Althoff et al. (1991) relataram a redução da seca de ponteiros de *E. camaldulensis* cultivado no Cerrado de Minas Gerais pela aplicação de boro. Segundo Hodecker et al. (2014), o boro promove a translocação de carboidratos de folhas mais velhas para folhas mais novas e raízes, aumentando a estabilidade de membranas celulares e o crescimento de raízes, com eventual maior absorção de água. Por outro lado, os materiais genéticos selecionados para o plantio devem apresentar tolerância às adversidades climáticas da região onde são cultivados para garantir adequada sobrevivência e produtividade. O conhecimento dos limites de tolerância à seca de diferentes materiais genéticos é um dos pontos cruciais para a decisão de plantio em determinada região.

Neves et al. (2008) utilizaram o modelo ecofisiológico 3 PG para estimar o potencial de produtividade de eucalipto no Brasil, aos sete anos de idade, sendo que em Minas Gerais o potencial produtivo variou de 22 a 40 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, com o menor valor correspondendo ao extremo norte, na fronteira com a Bahia e o maior valor no sul do Estado. Esse potencial produtivo é influenciado por fatores edáficos, especialmente a textura, que determina a capacidade do solo em reter água. Silva (2014) classifica a região Norte de Minas Gerais em direção a leste, limitando com os estados da Bahia e Espírito Santo, como C1 – Subúmido seco, com índice de umidade variando de -33 a 0, índices médios pluviométricos acumulados entre 800 e 1100 mm e temperaturas médias anuais de 21 a 25 °C. O autor ainda ressalta o agravante do período chuvoso concentrado em 3 a 4 meses do ano e que 62 % das terras de Minas Gerais apresentam limitação moderada para cultivo devido à deficiência hídrica e 10 % apresentam forte limitação.

Fato agravante no que tange à disponibilidade de água para o crescimento vegetal são as mudanças no regime de chuvas nos últimos anos, caracterizadas ou por períodos de estiagem mais longo do que o normal ou por precipitações anuais bem inferiores às normais. Com isso, restrições hídricas têm sido impostas e não suportadas pela maioria dos materiais genéticos de eucalipto disponíveis para plantios, levando a acentuada mortalidade das árvores e redução na taxa de crescimento (Barros Filho, 2014). A identificação de genótipos mais tolerantes à seca e a avaliação da intensidade das perdas experimentadas por cada genótipo e

sua ligação com a nutrição mineral são, portanto, aspectos de grande interesse da cultura do eucalipto de Minas Gerais.

O objetivo desse trabalho foi avaliar os efeitos da retirada parcial da água das chuvas sobre o crescimento, produção e conteúdo de nutrientes no tronco de diferentes genótipos de *Eucalyptus*, em área com condição edáfica e climática naturalmente limitante.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição do local de estudo

A coleta de dados foi realizada em área pertencente à TTG Florestal, onde se acha instalada uma unidade experimental do Programa Cooperativo de Tolerância de Clones de *Eucalyptus* aos Estresses Hídricos e Térmicos (TECHS) coordenado pelo Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF). O sítio experimental está localizado no município de Coração de Jesus nas coordenadas geográficas de 16°46'43.40 S e 44°18'33.97" W em altitude de 926 m. Essa região apresenta clima tropical tipo Aw, com temperatura média de 21,8 °C, precipitação média anual de 1296 mm (Climate-Data, 2016) e vegetação predominante Cerrado.

As informações meteorológicas do período entre dezembro de 2011 a julho de 2013 foram adaptadas a partir dos dados obtidos na estação climatológica do Instituto Nacional de Meteorologia em Montes Claros, que se encontra a uma distância de aproximadamente 75 km da área experimental, mesma classificação climática e altitude de 652 m. Os demais dados foram obtidos de estação meteorológica local que foi instalada em meados de agosto de 2013 (Figura 1).

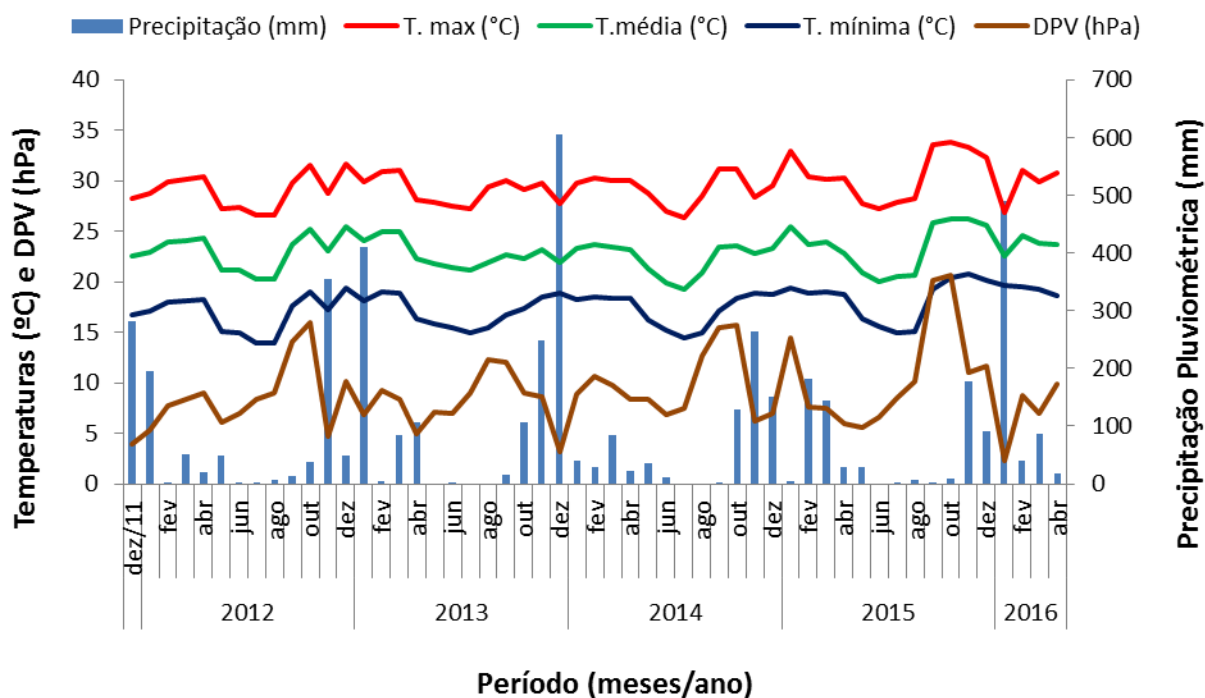


Figura 1. Informações climatológicas da área experimental situada no município de Coração de Jesus-MG. Fonte: Estimativa da Estação INMET – Montes Claros e Dados da Estação Meteorológica local da TTG Florestal, 2016.

Desenho experimental da área de estudo

A área experimental do Programa TECHS no município de Coração de Jesus está localizada em Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (Embrapa, 2013), cujas características químicas e granulométricas são apresentadas no Quadro 1. Os materiais genéticos estudados foram clones de híbridos, a saber: A1 (*Eucalyptus urophylla* x *E. sp.*), C3 (*Eucalyptus urophylla* x *E. camaldulensis*), R9 (*Eucalyptus urophylla*) e P7 (*Eucalyptus urophylla* x *E. tereticornis*). Cada clone forma uma parcela de oito por dez linhas, no espaçamento de 3 x 3 m, representando uma densidade populacional de 1111 plantas ha⁻¹. No extremo de cada parcela existe uma miniparcela, de oito por cinco linhas de plantas, que se destina à retirada de árvores para avaliações. Os clones foram distribuídos aleatoriamente na área (Figura 2).

Quadro 1. Análises química¹ e granulométrica² dos solos das áreas experimentais amostrados a profundidade de 0-20 e de 20-40 cm

Prof. cm	pH CaCl ₂	P ----- mg dm ⁻³	K ----- mg dm ⁻³	S ----- mg dm ⁻³	Ca ²⁺ ----- cmol _c dm ⁻³	Mg ²⁺ ----- cmol _c dm ⁻³	Al ³⁺ ----- cmol _c dm ⁻³	H+Al ----- cmol _c dm ⁻³
0-20	3,90	2,00	195,00	3,70	6,60	0,90	0,95	6,40
20-40	3,90	1,00	202,80	3,00	3,10	0,60	1,86	5,50

Prof. cm	V %	⁶ MO dag kg ⁻¹	T cmol _c dm ⁻³	Areia ----- dag kg ⁻¹	Silte ----- dag kg ⁻¹	Argila ----- dag kg ⁻¹	Classe Textural
0-20	55,50	3,00	14,40	60,5	6,70	32,8	Franco-argilo-arenoso
20-40	43,40	3,40	9,72	58,3	5,20	36,4	Argilo-arenoso

¹Raij et al. (2001) e ²Camargo et al. (2009).

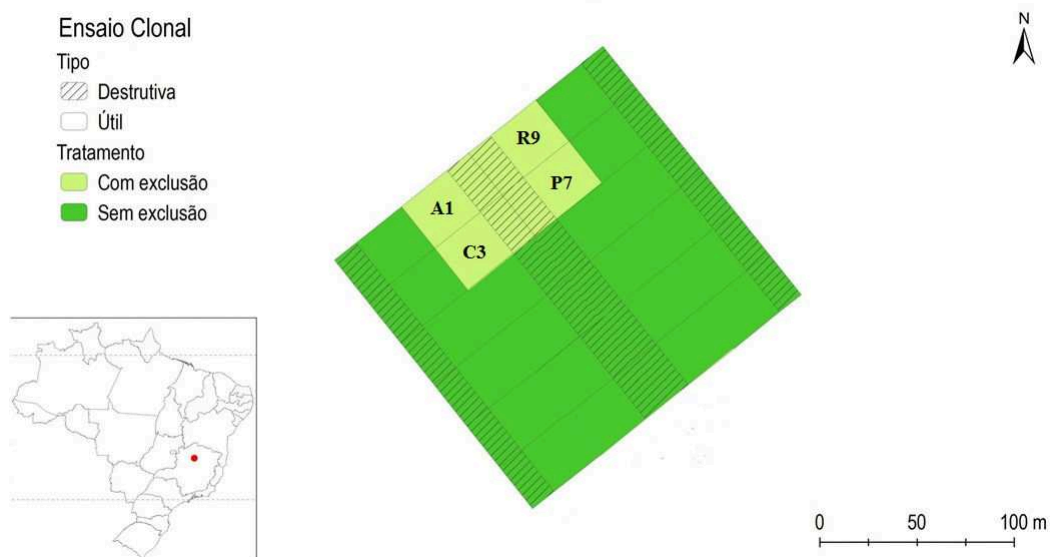


Figura 2. Croqui com a distribuição dos clones estudados dentro da área experimental do TECHS, no município de Coração de Jesus-MG. Fonte: Adaptado de IPEF, 2011.

Além dos materiais genéticos, outro fator em estudo foi a quantidade de água de chuvas que infiltra no solo. Para isto, foram constituídos dois tratamentos: 1) sem exclusão da água das chuvas (SE) e 2) com exclusão parcial de água das chuvas (CE). As parcelas com e sem exclusão de chuva foram montadas em uma disposição contínua, de modo que havia duas parcelas de cada clone no mesmo local. O escoamento de parte da precipitação era realizado por meio de lonas plásticas impermeáveis que foram fixadas sobre uma estrutura de madeira com

desnível para o centro da área experimental (Figura 3). A estrutura para exclusão da água foi montada de modo a cobrir trinta por cento da área da parcela. Portanto, foi assumido, a princípio, que a quantidade de chuva retirada da área fosse proporcional a esta cobertura, após a instalação da cobertura.

As lonas plásticas foram colocadas no formato de uma calha que conduz a água da chuva para uma canaleta central impermeabilizada com o mesmo tipo de plástico. A calha central remove a água da área experimental (Figura 3). O sistema de exclusão parcial de água das chuvas foi instalado em 16 de abril de 2013. Portanto, nos primeiros 16 meses de condução da cultura do eucalipto nessa área, ambas as parcelas receberam a precipitação integral.



Figura 3. Estrutura de lonas plásticas no estilo calhas, montado para retirada parcial da água das chuvas, em Coração de Jesus - MG. Foto: Josimar Rodrigues Oliveira, 2015.

Antes do plantio, a correção do solo foi realizada com a aplicação de 1500 kg ha^{-1} de calcário dolomítico (36 % de CaO e 12 % de MgO – PRNT 85 %) incorporado no sulco e 300 kg ha^{-1} de gesso agrícola (17 % de Ca e 14 % de S). Em uma operação posterior foram aplicados 300 kg ha^{-1} de superfosfato simples amoniado (17 % de P_2O_5 ; 3 % de N; 16 % de Ca e 10 % de S), também em sulco.

O plantio das mudas foi realizado no dia 13 de dezembro de 2011, utilizando 150 kg ha^{-1} do fertilizante formulado NPK 06-30-06 + 1 % de B, 1 % de Cu e 1 % de Zn. Três meses após o plantio foi realizada uma adubação de cobertura com 150 kg ha^{-1} de cloreto de potássio (52 % de K_2O e 1 % de B) e 150 kg ha^{-1} de sulfato de amônio (20 % de N e 22 % de S). Nove meses após o plantio foi realizada adubação complementar com 150 kg ha^{-1} de cloreto de potássio, 200 kg ha^{-1} de sulfato de amônio e 25 kg ha^{-1} de Borogran (10 % de B).

Avaliação da sobrevivência, crescimento e produção

A sobrevivência das árvores foi avaliada por meio dos registros em inventário florestal. A altura e o diâmetro a altura do peito (DAP) foram mensurados nas oitenta árvores da parcela aos 22, 28, 34, 40, 46 e 51 meses após o plantio. Os dados foram consistidos para detectar possíveis erros de natureza do procedimento de mensuração florestal. Em seguida foram aplicadas estatísticas descritivas como cálculo de médias, desvio padrão e coeficientes de variação.

O diâmetro quadrático médio foi calculado por meio da raiz quadrada da relação entre a soma do DAP^2 de todas as árvores da parcela e o número de indivíduos da população. Foi calculada a área seccional de cada árvore com base no DAP. A soma da área seccional de todas as árvores corresponde à área basal na parcela (Veiga, 1970) que foi transformada em metros quadrados por hectare.

Realizou-se o estudo do crescimento em altura, DAP, diâmetro quadrático médio e área basal comparando as variáveis avaliadas na parcela com exclusão parcial e na parcela sem exclusão de água das chuvas, obtendo-se a diferença relativa para cada clone em razão da restrição hídrica. Para cada época de medição, foi realizado o estudo da distribuição de classes de altura e diamétricas. A população da parcela foi dividida em classes com amplitude de altura de 2 m e de DAP de 1 cm, sendo o número de árvores existentes em cada classe convertidos em valores relativos.

Com as variáveis DAP e Área Basal, estimou-se o erro padrão por meio da relação entre o desvio padrão e a raiz quadrada do número de indivíduos mensurados na parcela. Foi calculado o intervalo de confiança ao nível de 5 % de significância para ambas as variáveis. Por meio do crescimento médio da área basal foi realizado o estudo do crescimento de cada clone ao longo do tempo submetido à condição normal de precipitação e com restrição hídrica, obtendo o incremento médio absoluto e relativo entre os períodos secos e úmidos, incremento médio total para cada período individualizado. Entende-se como período seco para o município de Coração de Jesus o intervalo de tempo entre abril até início de outubro.

Avaliação nutricional

Para realizar avaliação do estado nutricional dos clones submetidos aos dois regimes hídricos, optou-se por fazer amostragens não destrutivas de casca e lenho. A coleta foi realizada em meados de abril de 2016 (52 meses após o plantio), período no qual já não havia chuvas e a árvore recebeu seu máximo aporte nutricional (absorção).

Para essa amostragem foram selecionadas três árvores com diâmetro em torno da média por parcela, tanto no tratamento com exclusão parcial quanto no tratamento sem exclusão de água das chuvas. As amostras foram coletadas na altura de 1,30 m (DAP). Uma seção de aproximadamente 50 cm² de casca foi retirada com auxílio de um facão e pesada no local em balança de precisão. Em seguida, coletou-se a serragem do lenho utilizando Trado Manual Mathieson ¾ x 18". A serragem foi coletada diretamente em uma bandeja plástica e seu peso fresco determinado no campo com balança de precisão.

As amostras de materiais vegetais foram acondicionadas em estufa de circulação forçada de ar a 65±5 °C, para secagem até atingir peso constante. Após secagem, as amostras de lenho e casca foram passadas separadamente em moinho tipo Wiley equipado com peneira de 1 milímetro. O nitrogênio foi extraído por meio de digestão sulfúrica e dosado pelo método Kjeldahl (Galvani e Gaertner, 2006). O teor de fósforo determinado por colorimetria após formação do complexo fosfomolibdico e sua redução pelo ácido ascórbico (Braga e Defelipo, 1974); potássio por fotometria de chama; enxofre por turbidimetria e dos demais elementos por espectrofotometria de absorção atômica, conforme Malavolta et al. (1997).

Com essas análises químicas obtiveram-se os teores de macronutrientes nos compartimentos casca e lenho. Assumindo que a proporção de massa seca de casca e lenho observada para cada clone por meio de árvores abatidas nessa área experimental aos 47 meses após o plantio seria similar à encontrada aos 52 meses, independentemente do tratamento com e sem exclusão de precipitação pluviométrica, estimou-se o teor de macronutrientes do compartimento tronco.

Com base em dados obtidos nesta área experimental, por meio de árvores abatidas no tratamento sem exclusão aos 47 meses, foi calculado o fator de forma do tronco para cada clone pela relação entre o volume real da árvore calculado

pelo método de Smalian dividido pelo volume cilíndrico. Admitiu-se que o fator de forma observado nesta época para cada clone pudesse ser aplicado para as árvores na idade de 52 meses, independentemente do tratamento. Admitiu-se também que os valores médios de DAP e altura total mensurados no inventário florestal aos 51 meses fossem representativos para a idade na qual realizou-se a coleta não destrutiva de casca e lenho, com o objetivo de estimar o volume do tronco na parcela com e sem exclusão, no período em que essa amostragem foi realizada.

Considerando que a densidade do tronco determinada nas árvores abatidas no tratamento sem exclusão aos 47 meses seria mantida até a idade de 52 meses, independentemente do tratamento com e sem exclusão de precipitação, foi possível estimar a massa seca de tronco produzida por hectare nessa idade, para ambos os tratamentos. Desta forma, estimou-se o conteúdo de macronutrientes das árvores submetidas aos dois regimes pluviométricos. O conteúdo de macronutrientes foi submetido à Análise de Variância para avaliar a influência de clone, exclusão parcial de água das chuvas e da interação clone x exclusão no crescimento e composição mineral das árvores. Posteriormente, a diferença entre as médias foi avaliada por meio do Intervalo de Confiança, ao nível de 5 % de significância. As análises estatísticas foram realizadas com apoio dos softwares Excel[®] 2010 (Microsoft, 2010) e Sisvar 5.6 (Ferreira, 2011).

RESULTADOS

A sobrevivência das plantas não foi afetada pelos tratamentos, tendo em vista que não houve registro de mortalidade em razão da restrição hídrica natural do local ou devido à restrição imposta. O padrão apresentado pelas curvas de crescimento em altura entre 22 e 51 meses, para cada clone não apresentou grandes alterações em razão do tratamento com (CE) ou sem exclusão (SE) de precipitação (Figura 4). O crescimento é muito similar, quando se comparam as duas curvas de um mesmo clone. Os clones A1 e R9 se destacaram apresentando os maiores valores médios de altura desde as primeiras avaliações (22 e 28 meses).

A partir dos 40 meses após o plantio, as diferenças de altura entre as plantas cultivadas na parcela sem exclusão e naquelas com exclusão de precipitação de ambos os clones começaram a ser mais elevadas. Essas diferenças

foram da ordem de 5,6 a 6,5 % para o clone A1 entre o período de 40 a 51 meses. Para o clone R9 as diferenças entre altura na parcela sem exclusão em relação àquela que houve a retirada de águas de chuva foi de 7,4 % aos 40 e 46 meses e de 3,4 % aos 51 meses.

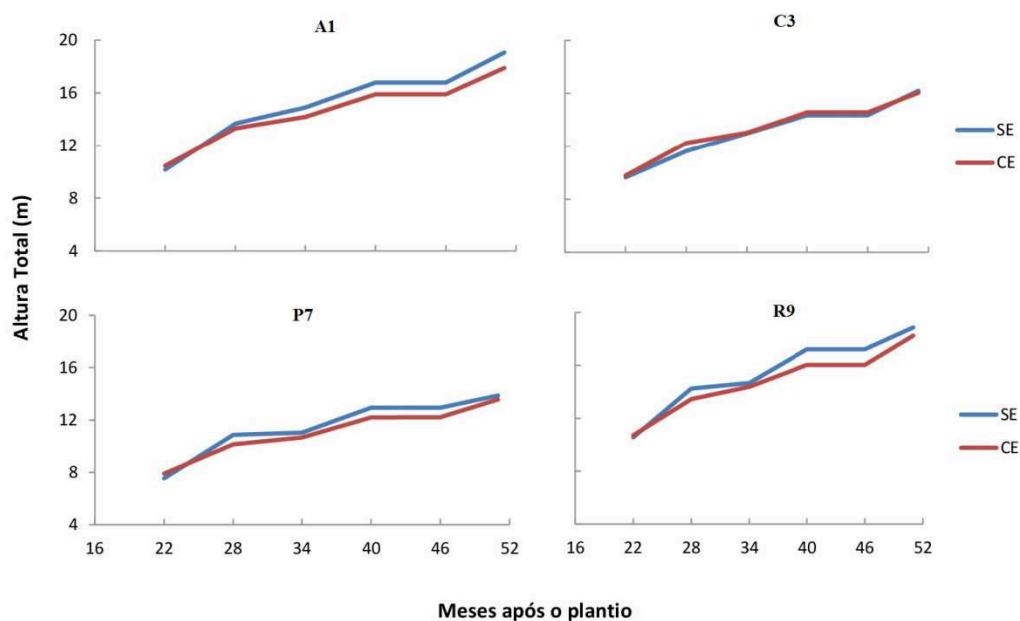


Figura 4. Crescimento em altura dos clones de eucalipto nas idades de 22 a 51 meses nas parcelas sem exclusão (SE) ou com exclusão (CE) das águas das chuvas, em Coração de Jesus-MG.

No período de 51 meses, a altura média dos clones na parcela com exclusão de precipitação foi de 18,25 m; 17,89 m; 16,06 m e 13,57 para os materiais genéticos R9, A1, C3 e P7, respectivamente (Figura 4). Na parcela sem exclusão de chuvas, o clone A1 apresentou o maior crescimento em altura (19,06 m), seguido por R9 (18,87 m), C3 (16,21 m) e P7 (13,88 m).

A distribuição das árvores em classes de altura, aos 51 meses de idade mostrou que as árvores dos clones A1 e R9 alcançaram os maiores crescimentos, independentemente do nível da disponibilidade de água das chuvas (Figura 5). O clone C3 mostrou-se intermediário e o clone P7 foi aquele que apresentou plantas com porte mais baixo, principalmente na parcela com exclusão da água das chuvas. De modo geral, as árvores cultivadas no tratamento sem exclusão (SE) de água das chuvas, concentraram-se em classes de alturas maiores, para todos os clones avaliados. Os clones A1 e R9 chegaram alcançar a classe de 21 m, ambos com 14 % das árvores na parcela sem exclusão de água das chuvas. Na parcela

onde houve a retirada parcial da água das chuvas, nenhuma árvore do clone A1 alcançou a classe de 21 m, enquanto que 8 % das árvores do clone R9 conseguiram alcançar a maior classe de crescimento em altura, mesmo sob restrição hídrica mais severa (Figura 5).

A maior parte das árvores do clone A1 na parcela com exclusão de chuva ficou concentrada na classe de 17 m (44 %), enquanto na parcela sem exclusão a distribuição das árvores na classe de 19 m foi mais elevada (58 %). O clone C3 apresentou maior distribuição percentual de árvores na classe de 17 m, independentemente do tratamento com ou sem exclusão de água das chuvas (51 e 55 %, respectivamente). O clone P7 apresentou 62 % das árvores na classe de 13 m, quando foi cultivada na parcela com retirada parcial da água das chuvas (CE) e 45 % na classe de 15 m, quando houve maior disponibilidade de água. O clone R9 manteve grande parte das árvores (57 %) na classe de 19 m, porém, encontraram-se apenas 38 % dos indivíduos dentro dessa classe na área com retirada parcial da água das chuvas (Figura 5).

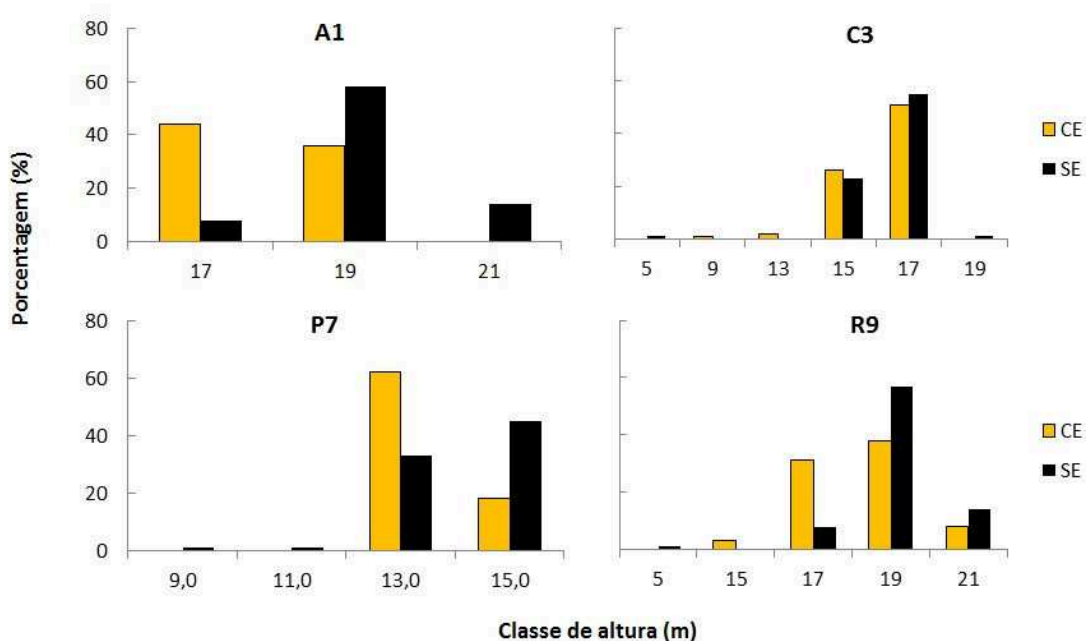


Figura 5. Distribuição percentual de árvores dos clones A1, C3, P7 e R9 em diferentes classes de altura na idade de 51 meses, com exclusão (CE) ou sem exclusão (SE) da água de chuvas, em Coração de Jesus-MG.

Os valores dos coeficientes de variação em altura foram relativamente baixos, sendo que, no tratamento com exclusão de precipitação a sequência foi P7, A1, R9 e C3 (Quadro 2). À partir dos 34 meses após o plantio, todos os clones, independentemente do regime hídrico tenderam a apresentar estagnação do crescimento em altura. Os maiores coeficientes de variação de altura total, em média, foram observados nas parcelas sem exclusão de precipitação.

Quadro 2. Coeficientes de variação da altura de árvores dos clones de eucalipto nas idades de 22 a 51 meses nas parcelas com exclusão (CE) ou sem exclusão (SE) da água de chuvas, em Coração de Jesus-MG

Clone	Exclusão	Idade (meses)						Média
		22	28	34	40	46	51	
Coeficiente de Variação (%) de Altura Total								
A1	CE	4,6	3,8	3,3	3,9	3,9	4,1	3,9
	SE	5,2	4,8	4,4	3,7	3,7	4,9	4,5
C3	CE	6,2	6,1	5,6	6,6	6,6	7,2	6,4
	SE	8,6	7,9	8,4	8,7	8,7	9,6	8,7
P7	CE	3,8	4,1	2,9	3,6	4,1	4,1	3,8
	SE	8,8	7,3	6,9	6,3	6,3	5,4	6,8
R9	CE	4,3	4,0	4,2	4,2	4,2	6,5	4,5
	SE	10,1	8,9	9,2	9,3	9,3	9,5	9,4

1/ A1 (*E.urophylla* x *E. sp.*), C3 (*E. grandis* x *E. camaldulensis*), R9 (*E. urophylla*), P7 (*E. urophylla* x *E. tereticornis*).

Por meio da avaliação da dinâmica de distribuição de classes diamétricas no período de 22 a 51 meses de idade foi possível observar que as árvores de todos os clones, de modo geral, tenderam a concentrar-se em classes diamétricas maiores após os períodos chuvosos, independentemente do nível de precipitação. Por outro lado, nos meses que correspondentes à a estação seca, as árvores tiveram um baixo incremento diamétrico, mantendo praticamente estável as classes predominantes em ambos os tratamentos. Houve diferença entre os clones quanto à distribuição de indivíduos nas diferentes classes diamétricas em todas as idades, independentemente do regime hídrico. O número de árvores nas maiores classes diamétricas em todas as idades foi negativamente influenciado pela exclusão da água das chuvas, ou seja, a maioria dos indivíduos não alcançaram as maiores classes diamétricas.

À idade de 51 meses, foram observadas maiores diferenças na distribuição das classes diamétricas em função dos tratamentos com e sem exclusão de água das chuvas (Figura 6). As classes diamétricas encontradas nessa idade para o clone A1 variaram de 9,5 a 16,5 cm. No tratamento sem exclusão de precipitação, 77,5 % dos indivíduos encontram-se distribuídos nas classes de 13,5 a 16,5 cm. No tratamento com exclusão de precipitação, apenas 30 % das árvores estavam nesse mesmo intervalo de classes diamétricas. A maior predominância de árvores do clone A1 submetidos a restrição hídrica severa estava nas classes de 12,5 cm (42,5 %) e na de 11,5 cm (26,25 %).

No caso do clone C3, ainda existiam 2,5 % de árvores entre as classes de 4,5 a 7,5 cm no tratamento com exclusão parcial de água das chuvas e apenas 1,25 % na classe de 6,5 cm para aquele tratamento que recebeu a precipitação normal, aos 51 meses de idade. A maior parte dos indivíduos manteve-se concentrada nas classes diamétricas de 9,5 e 10,5 cm desde os 34 meses de idade. Cerca de 41 % das plantas submetidas ao tratamento de exclusão ficaram na classe diamétrica de 9,5 cm, enquanto aquelas que tiveram uma disponibilidade maior de água tiveram uma concentração de 46,25 % das árvores na classe diamétrica de 10,5 cm (Figura 6).

Grande parte (93,75 %) das árvores do clone P7 na parcela sem exclusão de precipitação se manteve entre as classes de 9,5 e 11,5 cm, enquanto 98,75 % das árvores cultivadas na parcela com exclusão de chuvas encontravam em classes diamétricas inferiores; a maioria na classe de 9,5 cm (Figura 6). O clone R9 apresentou padrão de distribuição de classes diamétricas similar ao observado para o clone P7, com a maior parte das árvores (60 %) na classe de 9,5 cm na área com exclusão de água das chuvas enquanto na área sem exclusão as árvores tenderam a apresentar maior diâmetro.

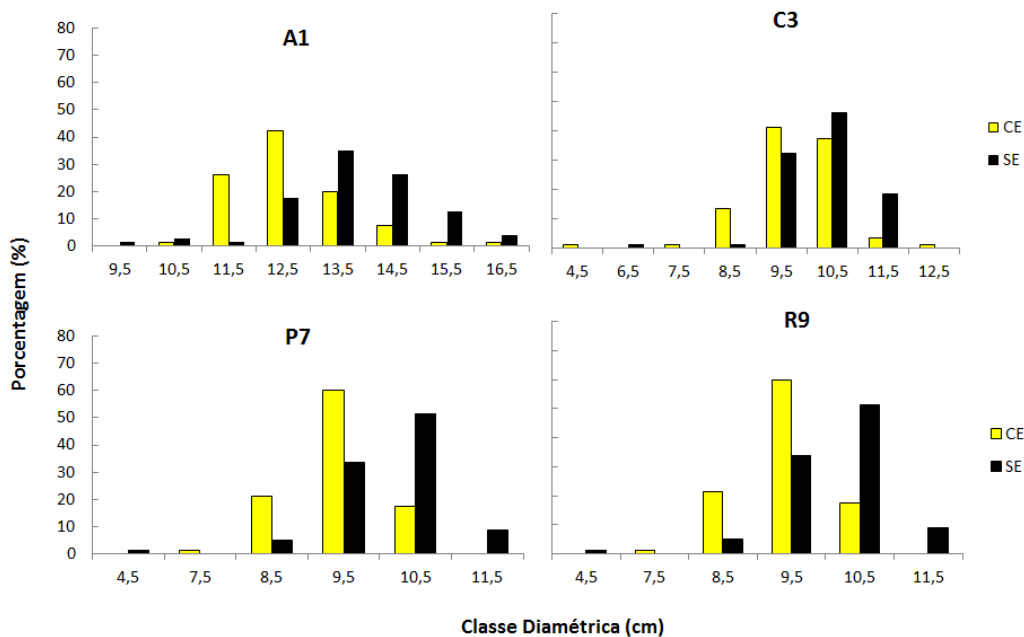


Figura 6. Distribuição percentual de árvores dos clones A1, C3, P7 e R9 em diferentes classes diamétricas na idade de 51 meses, com exclusão (CE) ou sem exclusão (SE) da água de chuvas, em Coração de Jesus-MG.

O crescimento em área basal (AB) foi mais acentuado no período chuvoso e reduzido no período considerado seco (Figura 7). A AB dos clones A1, R9 e P7 diferiu entre os tratamentos com e sem exclusão de chuvas a partir do 40º mês após o plantio. A área basal do clone A1 aos 51 meses, no tratamento sem exclusão da água das chuvas chegou a $16,66 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, sendo 18 % maior do que aquela com exclusão parcial da água das chuvas. A segunda maior área basal foi apresentada pelo clone R9, com $11,92 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ na parcela que recebeu a precipitação normal (SE) e, mesmo assim, o crescimento foi menor do que do clone A1 cultivado em ambiente com exclusão parcial da água das chuvas (CE).

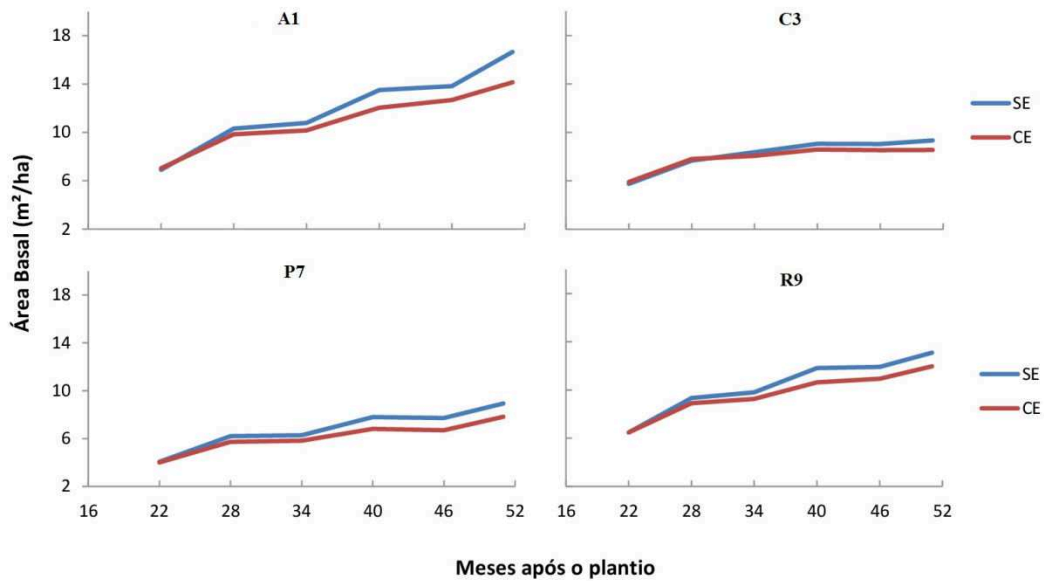


Figura 7. Área basal dos clones de eucalipto nas idades de 22 a 51 meses nas parcelas sem exclusão (SE) ou com exclusão (CE) da água de chuvas, em Coração de Jesus-MG.

A AB do clone R9 sem exclusão da chuva foi 9,5 % mais elevada do que com exclusão aos 51 meses de idade (Figura 7). A área basal do C3 foi menos afetada pela exclusão parcial da água das chuvas, já AB do clone P7, embora seja a menor dentre os clones estudados, se mostrou entre as mais sensíveis à restrição hídrica mais severa, com diferença de 14 % entre os dois tratamentos (Figura 7).

A variabilidade da AB se assemelhou à do DAP, tendendo a ser maior no tratamento sem exclusão da água de chuvas, exceto para o clone C3 que mostrou maior estabilidade nas idades de 46 a 51 meses.

Mesmo diante da restrição hídrica mais severa (remoção parcial da água de chuvas), o clone A1 se destacou com AB sendo 17,5 % superior em comparação ao clone R9, cerca de 65 % maior que o C3 e em torno de 81 % mais elevada quando comparado ao P7 (Quadro 4).

Quadro 3. Coeficientes de variação da área basal dos clones de eucalipto no período de 22 a 51 meses nas parcelas com exclusão (CE) e sem exclusão (SE) da água de chuvas, em Coração de Jesus-MG

Clone	Exclusão	Idade (meses)						Média
		22	28	34	40	46	51	
		Coeficiente de Variação (%) de Área Basal						
A1	CE	12,5	13,1	13,8	15,2	15,5	17,2	14,5
	SE	15,2	14,9	15,6	16,6	18,4	17,8	16,4
C3	CE	18,4	18,0	17,8	18,9	19,7	19,5	18,7
	SE	14,4	13,8	14,2	14,9	15,3	15,2	14,6
P7	CE	15,9	13,0	13,1	12,1	12,2	11,7	13,0
	SE	19,4	17,3	17,2	16,5	16,2	15,2	17,0
R9	CE	15,8	16,2	16,6	16,9	17,0	19,0	16,9
	SE	18,9	18,5	19,8	19,0	19,2	19,7	19,2

1/ A1 (*E.urophylla* x *E. sp.*), C3 (*E. grandis* x *E. camaldulensis*), R9 (*E. urophylla*) e P7 (*E. urophylla* x *E. tereticornis*).

Ao receberem a precipitação normal do local durante o período de 51 meses, a diferença entre A1 e R9 aumentou para 27 %, enquanto em comparação ao clone C3 foi de aproximadamente 79 % mais elevada e mais de 87 % comparado a P7 (Quadro 4). Nas duas primeiras avaliações não foi observada diferença significativa em área basal de um mesmo clone nas duas condições hídricas. Mas houve diferença significativa entre os materiais genéticos submetidos às duas condições de disponibilidade de água das chuvas.

Aos 34 meses após o plantio, foi detectada diferença significativa na AB média (Quadro 4) para o clone P7 nos tratamentos com e sem exclusão de água das chuvas, fato não constatado para os demais clones. Nas avaliações aos 40 e 46 meses, apenas o clone C3 não apresentava diferença significativa de área basal em função da diferença de disponibilidade de água. A diferença entre os materiais genéticos começou ser mais acentuada a partir dos 40 meses após o plantio (Quadro 4).

Aos 51 meses após o plantio, todos os clones diferenciaram entre si e mostraram menor crescimento em AB pela exclusão parcial de água das chuvas (Quadro 4).

Quadro 4. Área basal média, com intervalo de confiança, dos clones de eucalipto nas idades de 22 a 51 meses nas parcelas com exclusão (CE) ou sem exclusão (SE) da água de chuvas, em Coração de Jesus-MG

Clone	Regime Hídrico	Idade (meses)					
		22	28	34	40	46	51
		Área Basal ± IC 95 % (m ² ha ⁻¹)					
A1	CE	7,00±0,19	9,89±0,28	10,22±0,31	12,00±0,40	12,67±0,43	14,11±0,53
	SE	6,89±0,23	10,33±0,34	10,78±0,37	13,55±0,49	13,78±0,56	16,67±0,65
C3	CE	5,89±0,24	7,78±0,31	8,11±0,31	8,55±0,36	8,55±0,37	8,55±0,37
	SE	5,78±0,18	7,67±0,23	8,33±0,26	9,00±0,29	9,00±0,30	9,33±0,31
P7	CE	4,00±0,14	5,67±0,16	5,78±0,17	6,78±0,18	6,78±0,18	7,78±0,20
	SE	4,11±0,17	6,22±0,24	6,22±0,24	7,78±0,28	7,78±0,27	8,89±0,30
R9	CE	6,44±0,22	8,89±0,32	9,22±0,34	10,67±0,39	10,89±0,41	12,00±0,50
	SE	6,44±0,27	9,33±0,38	9,78±0,42	11,78±0,49	11,89±0,50	13,11±0,56

1/ A1 (*E.urophylla* x *E. sp.*), C3 (*E. grandis* x *E. camaldulensis*), R9 (*E. urophylla*) e P7 (*E. urophylla* x *E. tereticornis*); IC = Intervalo de Confiança a 5 % de significância.

Os maiores incrementos da AB seguiram a sequência A1 > R9 > P7 > C3. Todos os materiais genéticos apresentaram os maiores incrementos durante o período de 22 a 27 meses, independentemente do regime hídrico a que foram submetidos. O clone P7 entre 34 a 39 meses e 46 a 51 meses manteve um incremento de AB de 1 m² ha⁻¹, enquanto os demais clones apresentaram menor crescimento absoluto de área basal nesses dois períodos, quando houve exclusão parcial da precipitação (Quadro 5).

Na parcela sem exclusão de água das chuvas, o clone A1 foi aquele que apresentou incrementos similares nos dois últimos períodos chuvosos, enquanto os demais clones tenderam a apresentar menor crescimento absoluto de área basal durante esse intervalo de tempo. O clone C3 não apresentou crescimento absoluto de área basal no período de baixa precipitação que compreendeu dos 40 a 45 meses após o plantio (Quadro 5).

Quadro 5. Crescimento absoluto e relativo de área basal nos períodos úmidos (PU) e secos (PS) nas parcelas com exclusão (CE) ou sem exclusão (SE) da água de chuvas, em Coração de Jesus-MG

Clone	Período (meses)	Área Basal			
		Crescimento Absoluto (m ² ha ⁻¹)		Crescimento Relativo (%)	
		CE	SE	CE	SE
A1	22 a 27	2,89	3,44	41,29	49,93
	28 a 33	0,33	0,45	3,34	4,36
	34 a 39	1,78	2,77	17,42	25,70
	40 a 45	0,67	0,23	5,58	1,70
	46 a 51	1,44	2,89	11,37	20,97
	Incremento PU	6,11	9,10	85,94	93,05
	Incremento PS	1,00	0,68	14,06	6,95
	Total	7,11	9,78	-	-
C3	22 a 27	1,89	1,89	32,09	32,70
	28 a 33	0,33	0,66	4,24	8,60
	34 a 39	0,44	0,67	5,43	8,04
	40 a 45	0,00	0,00	0,00	0,00
	46 a 51	0,00	0,33	0,00	3,67
	Incremento PU	2,33	2,89	87,59	81,41
	Incremento PS	0,33	0,66	12,41	18,59
	Total	2,66	3,55	-	-
P7	22 a 27	1,67	2,11	41,60	51,34
	28 a 33	0,11	0,00	1,94	0,00
	34 a 39	1,00	1,56	17,30	25,08
	40 a 45	0,00	0,00	0,00	0,00
	46 a 51	1,00	1,11	14,75	14,27
	Incremento PU	3,67	4,78	97,09	100,00
	Incremento PS	0,11	0,00	2,91	0,00
	Total	3,78	4,78	-	-
R9	22 a 27	2,45	2,89	38,04	44,88
	28 a 33	0,33	0,45	3,71	4,82
	34 a 39	1,45	2,00	15,73	20,45
	40 a 45	0,22	0,11	2,06	0,93
	46 a 51	1,11	1,22	10,19	10,26
	Incremento PU	5,01	6,11	90,11	91,60
	Incremento PS	0,55	0,56	9,89	8,40
	Total	5,56	6,67	-	-

1/ A1 (*E.urophylla* x *E. sp.*), C3 (*E. grandis* x *E. camaldulensis*), R9 (*E. urophylla*) e P7 (*E. urophylla* x *E. tereticornis*); PU = período úmido; PS = período seco.

O clone P7 não apresentou variação na AB em nenhuma das avaliações feitas nos períodos secos. Todos os clones tiveram seus maiores incrementos relativos de AB (de 90 a 100 %) durante os períodos chuvosos, independentemente da quantidade de água de chuva (Quadro 5). Os clones A1, R9 e C3 apresentaram maior crescimento relativo de área basal somando-se os dois

períodos de menor precipitação quando estavam em condição de restrição hídrica (CE), do que quando havia maior disponibilidade de água advinda das chuvas (SE), ou seja, em termos percentuais parece haver uma maior eficiência de utilização do recurso hídrico por esses clones quando a situação se mostra mais limitante.

Os maiores volumes e massa seca de tronco foram apresentados pelo A1 e R9, seguidos por C3 e P7, independentemente do nível de precipitação a que foram submetidos (Figuras 8 e 9). O clone A1 na condição de exclusão de água (CE) apresentou produção volumétrica cerca de 5 % maior do que o clone R9 em condições de precipitação normal (SE).

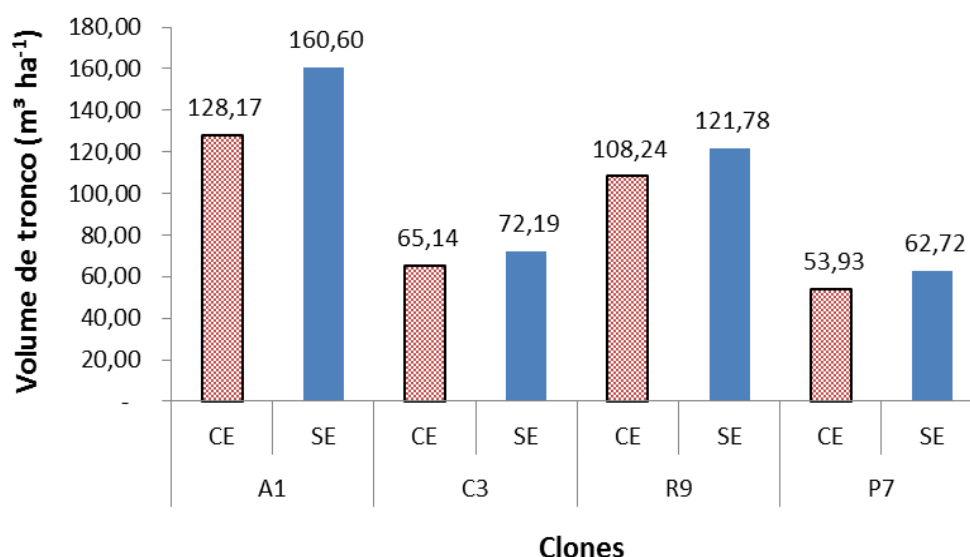


Figura 8. Volume de tronco dos clones de eucalipto, aos 52 meses de idade nas parcelas com exclusão (CE) ou sem exclusão (SE) da água de chuvas, em Coração de Jesus-MG.

Quando faz esse mesmo tipo de comparação do A1 com os clones C3 e P7, essa diferença é de 77,5 e 104 %. Apesar de apresentar a maior produção volumétrica (Figura 8), o clone A1 foi o mais sensível aos efeitos da restrição hídrica mais severa, ou seja, quando houve a retirada parcial de água das chuvas (CE). A diferença de volume produzido na área sem exclusão (SE) e na área com exclusão (CE) de água das chuvas é de aproximadamente 20 %, enquanto os clones P7, R9 e C3 apresentaram uma perda de 14, 12 e 10 %, respectivamente, quando submetidos a exclusão parcial de água das chuvas.

A produção de matéria seca do tronco (Figura 9) apresentou a sequência: A1 > R9 > P7 > C3, independentemente do tratamento, com ou sem exclusão de água das chuvas. O clone A1 em condição de restrição hídrica mais severa (CE) chegou a produzir mais matéria seca de tronco do que os clones C3 e P7 em condições normais de precipitação.

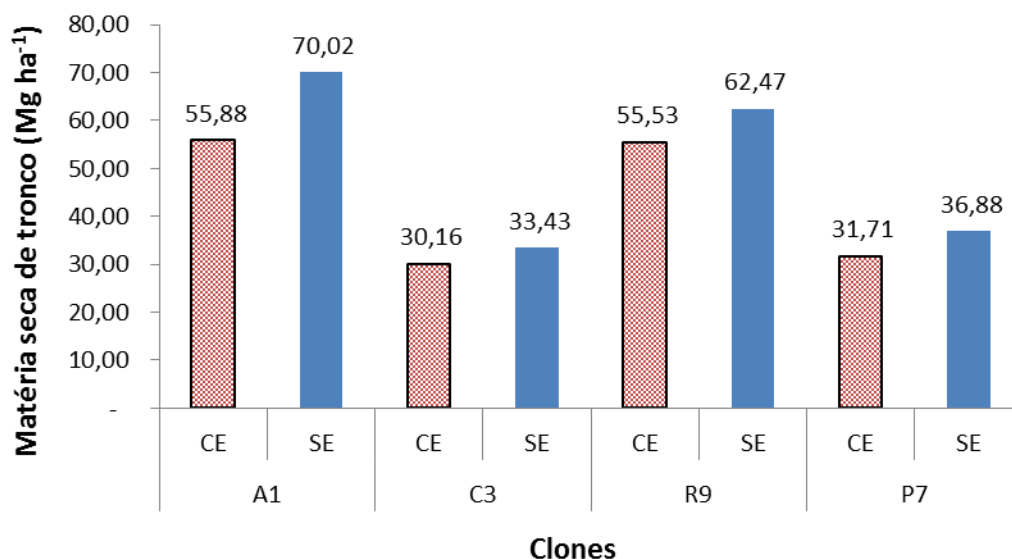


Figura 9. Matéria seca de tronco de clones de eucalipto, aos 52 meses de idade nas parcelas com exclusão (CE) ou sem exclusão (SE) da água de chuvas, em Coração de Jesus-MG.

A interação entre clone x exclusão de água das chuvas afetou significativamente ($p < 0,05$) o conteúdo de nitrogênio (N) no tronco das árvores (Quadro 6). O conteúdo de todos os macronutrientes foi influenciado pelo clone, enquanto o fator exclusão de chuva influenciou mais fortemente o conteúdo de potássio ($p < 0,01$) e de enxofre ($p < 0,05$).

Os maiores conteúdos de macronutrientes no tronco dos clones de eucalipto, de modo geral obedeceram a sequência de Ca > K > N > Mg > S > P. Os clones A1 e R9, que foram os mais produtivos, acumularam em média as maiores quantidades de macronutrientes no tronco, independentemente do nível de precipitação. Entre os de menor produtividade, o clone P7 somente não apresentou o menor conteúdo médio de nitrogênio.

Quadro 6. Conteúdo de macronutrientes no tronco de clones de eucalipto nas parcelas com exclusão (CE) ou sem exclusão (SE) da água de chuvas, em Coração de Jesus-MG

^{1/} Clone	Regime Hídrico	Conteúdo no tronco ± IC 95 % (kg ha ⁻¹)		
		N	P	K
A1	CE	112,61 (±51,35)	9,16 (± 2,06)	71,11 (± 9,33)
	SE	71,47 (±16,21)	8,15 (± 2,38)	86,33 (±11,18)
C3	CE	29,87 (± 8,97)	3,30 (± 0,30)	50,36 (± 5,02)
	SE	45,75 (±14,79)	3,51 (± 0,11)	59,50 (± 5,03)
R9	CE	56,21 (±12,77)	4,86 (± 0,19)	51,53 (± 2,63)
	SE	74,89 (± 4,26)	4,51 (± 0,11)	62,67 (± 0,90)
P7	CE	36,31 (± 2,43)	2,66 (± 0,07)	38,50 (± 2,90)
	SE	40,88 (± 3,58)	3,64 (± 0,18)	57,55 (± 7,55)
^{2/} F clone		*	*	*
^{2/} F exclusão		ns	ns	*
^{2/} F clone x exclusão		**	ns	ns
^{3/} CV (%)		31,14	19,99	9,59
		Ca	Mg	S
A1	CE	236,40 (±44,10)	34,77 (± 6,94)	11,78 (± 2,38)
	SE	224,64 (±26,02)	32,99 (± 6,57)	13,00 (± 1,08)
C3	CE	132,68 (± 5,87)	20,43 (± 1,34)	5,22 (± 0,29)
	SE	165,43 (±42,57)	28,34 (± 3,95)	5,81 (± 0,34)
R9	CE	163,74 (±20,54)	25,90 (± 2,05)	9,49 (± 1,98)
	SE	172,30 (±17,61)	28,78 (± 3,28)	11,39 (± 1,29)
P7	CE	103,05 (±20,72)	12,87 (± 0,79)	5,58 (± 0,24)
	SE	155,14 (±45,02)	15,37 (± 0,52)	6,08 (± 0,48)
^{2/} F clone		*	*	*
^{2/} F exclusão		***	***	**
^{2/} F clone x exclusão		ns	ns	ns
^{3/} CV (%)		16,16	13,99	13,16

^{1/} A1 (*E. urophylla* x sp.), C3 (*E. grandis* x *camaldulensis*), R9 (*E. urophylla*) e P7 (*E. urophylla* x *tereticornis*); IC = Intervalo de Confiança a 5 % de significância. ^{2/}ns = não significativo, * significativo a 1 %, **significativo a 5 % e *** significativo a 10 % e ^{3/}Coefficiente de variação de médias de clones.

Os clones de eucalipto cultivados na parcela sem exclusão de precipitação pluviométrica apresentaram conteúdos mais elevados de potássio (26 %), seguido do cálcio (13 %), magnésio (12 %) e enxofre (13 %) (Quadro 6). O regime hídrico não influenciou os conteúdos de N e P.

Houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os conteúdos de N, P, K nos clones R9 e P7 nos tratamentos com e sem exclusão de água das chuvas. O clone P7 ainda apresentou diferença significativa para Mg, em função dos tratamentos.

O clone C3 apresentou diferença significativa em função da exclusão parcial de água das chuvas apenas para Mg.

Os clones C3 e P7 apresentaram conteúdos de todos os macronutrientes mais elevados na condição normal de precipitação pluviométrica (SE). O clone A1 apresentou apenas o conteúdo de K e S mais elevado na parcela sem exclusão de chuva e o clone R9 apresentou maior conteúdo de P no ambiente com menor disponibilidade de água (CE).

DISCUSSÃO

A exclusão da água das chuvas só foi implementada em meados de abril de 2013; portanto, até os 16 meses de idade todas as plantas receberam uma precipitação acumulada de 1671,24 mm. Após a instalação do sistema de lonas, seguiu-se um período de seis meses que foi caracterizado como estação seca na região de Coração de Jesus, onde houve precipitação acumulada de 126,48 mm. Como na área em estudo não foi instalado um sistema para quantificar o volume real de água retirada por meio das lonas, foi assumido que esta retirada era igual à superfície coberta, que era de 30 % (Stape et al., 2015).

Com base nisso, a precipitação acumulada até os 51 meses de idade, foi de 4714,52 mm na parcela sem exclusão da água de chuvas, enquanto que na parcela com exclusão foi de 3801,54 mm. Portanto, em média houve a retirada estimada de 19 % das águas de chuva durante o período de avaliação. Assumindo que o nível da interceptação pela copa foi o mesmo nas parcelas com e sem exclusão de precipitação e o nível de escoamento pelo tronco foi cerca de 3 % (Momolli et al., 2012), pode-se afirmar que a exclusão de água das chuvas acumulada até os 51 meses ficou entre 16 a 19 %.

Nesse sentido, o crescimento, produção e nutrição dos clones de eucalipto aos 51 meses, estiveram em função destes níveis de precipitação acumulada e da dinâmica da água disponível devido fatores de solo e clima. Certamente, se a retirada de água pelo sistema de exclusão estivesse implantada desde o momento do plantio das mudas, diferenças ainda mais elevadas em termos de crescimento e produção ao longo do tempo e no acumulado da última avaliação, teriam sido observadas, considerando-se a estreita relação entre produtividade das plantações e precipitação pluviométrica no Brasil (Stape, 2002; Stape et al., 2010; Stape et

al., 2014). De modo geral, as maiores diferenças de crescimento e produção foram observadas nas avaliações a partir de 40 meses após o plantio.

Os clones C3 e P7, apesar de apresentarem as menores produções, apresentaram curvas de crescimento em altura com menor variação ao longo do tempo e dentro de cada avaliação, quando comparado às duas situações hídricas a que foram submetidos. Desse modo, pode ser inferido que a restrição hídrica tem influencia negativa menor nesses dois clones quando comparado aos demais, pois, mesmo com a retirada parcial da precipitação, o incremento de altura foi muito próximo ao obtido com a precipitação normal do local. Isso pode, ainda, ser um indicativo que esses dois genótipos investiram mais recursos na produção e aprofundamento de raízes, como estratégia de sobrevivência (Taiz e Zeiger, 2009; Römheld e Kirkby, 2010; Pinto et al., 2011). Stape et al. (2014) salientam que a adaptabilidade dos clones aos estresses abióticos não lhes garante adequada produtividade, pois é cada vez mais constante a ocorrência de pragas e doenças associadas com os estresses ambientais, de forma que seus efeitos são agravados, numa situação de déficit hídrico. Não foi o caso observado neste trabalho, uma vez que apenas uma árvore do clone C3 na parcela sem exclusão de precipitação teve o código de praga ou doença atribuído. Portanto, a menor produtividade desses clones no sítio de Coração de Jesus foi controlada pela interação do genótipo com as condições edafoclimáticas locais, pois, muitas das vezes um material genético que é selecionado em uma condição específica de sítio não mostra boa produtividade quando plantado em outro local (Kageyama, 1980).

O coeficiente de variação da altura teve amplitude de baixo a médio (Garcia, 1989) e mostrou que o plantio tendeu a apresentar menor variabilidade quando houve maior restrição hídrica. O clone A1 apresentou baixo coeficiente de variação em ambos os tratamentos, mostrando manter maior homogeneidade de crescimento, independentemente da condição hídrica. Por outro lado, os clones C3 e P7 apresentaram coeficientes de variação baixos apenas na parcela com exclusão.

Similarmente ao observado para crescimento em altura, a estabilidade no DAP das árvores do clone C3, ao longo do tempo, em qualquer situação de fornecimento de água reforça seu comportamento à variação no suprimento de água, com estagnação de crescimento entre os 34 e 51 meses. De modo geral, os clones foram mais responsivos à variação no fornecimento de água e apresentaram

crescimento mais elevado durante o período úmido, com tendência de baixo ou nulo crescimento diamétrico durante os períodos secos.

O maior crescimento apresentado pelo clone A1 refletiu sua melhor adaptação às condições edafoclimáticas de Coração de Jesus, o que permitiu maior aquisição dos recursos de crescimento em comparação com os demais clones. Barros Filho (2014), ao avaliar a sobrevivência e crescimento de vários clones no Norte de Minas, constatou que esse mesmo genótipo teve sua sobrevivência e crescimento menos afetados por um forte evento de seca ocorrido em 2007. Segundo esse autor, o clone A1 apresentou a maior estabilidade na discriminação de ^{13}C durante estações de seca e de chuvas, o que poderia indicar a manutenção de abertura parcial dos estômatos em condições de restrição hídrica e absorção de CO_2 para o processo fotossintético. As características deste clone permitiram que mesmo sob a condição de exclusão parcial de água de chuva seu DAP fosse maior do que dos demais clones em condições normais de precipitação, que refletiu nos incrementos de área basal. No entanto, houve uma queda percentual de produção volumétrica de tronco mais elevada (20 %) do clone A1 comparado aos demais (pouco mais de 10 %), quando submetido à retirada parcial de água das chuvas.

O maior efeito do alívio do estresse hídrico é o aumento da eficiência de uso da luz, seguido do aumento do Índice de Área Foliar (Stape et al., 2010) e da quantidade de horas de luz do dia (Sette Jr. et al., 2010). Neste estudo, A1 e R9 apresentaram os maiores índices de área foliar ($2 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$) aos 47 meses após o plantio (Dados não apresentados). Mattos (2015) observou maiores valores de radiação fotossinteticamente ativa incidente (PAR) e maiores índices de eficiência de utilização da luz desses dois clones na região de Buri-SP, classificando-os como de eficiência alta e intermediária, respectivamente.

Fontes (2016) também observou maior eficiência de uso da luz pelo clone A1 em Estrela do Sul-MG e Três Marias-MG, quando comparado a um clone de *Eucalyptus grandis* x *E. camaldulensis*. Essa maior eficiência redundou em maiores valores de produtividade primária líquida do tronco (WNPP). Além disso, existem variações nas regulações do potencial hídrico foliar, posição e inclinação das folhas e crescimento radicular (Ryan, 2011) que podem ser mecanismos importantes de tolerância aos déficits hídricos.

No caso do clone C3 outros mecanismos de tolerância devem operar, pois seu crescimento foi sistematicamente menor, e com pouca variação,

independentemente da exclusão ou não da água das chuvas, dentre os clones deste estudo. O teor de K foliar foi um dos mais altos neste clone aos 47 meses de idade (Capítulo II), tendendo ao excesso (Galdino, 2015), o que dá indícios de que houve regulação do fechamento estomático e transpiração. O K está diretamente ligado à abertura estomática (Rosolem, 2005) e a nutrição adequada com esse nutriente em condições de estresse ambiental mantém parte da fotossíntese e minimiza a produção de espécies reativas de oxigênio que podem induzir a danos oxidativos nos cloroplastos (Cakmak, 2005). O fechamento estomático eficiente é um mecanismo importante para evitar a perda de água da planta. Embora reduza a fixação de carbono e a sua produtividade, tal perda de crescimento pode ser preferível em comparação com a alta taxa de mortalidade das plantações sujeitas à seca intensa e de longa duração (Hodecker, 2015). Além disso, estudos mostraram que o clone C3 apresenta alta eficiência no uso da luz (Mattos, 2015) e aparentemente de água, como visto por meio do crescimento relativo do clone nos períodos secos e úmidos neste trabalho, em condições de exclusão da água da chuva. Essa maior eficiência no uso da água pode estar relacionada com a estratégia de fechamento estomático (Parry et al., 2005), seja ele total ou parcial, e no desenvolvimento radicular mais profundo e com mais raízes finas (Taiz e Zeiger, 2009; Römheld e Kirkby, 2010; Pinto et al., 2011).

Os clones C3, P7 e R9 apresentaram dinâmica de crescimento diferenciada ao longo do tempo, mas no final dos 51 meses após o plantio, a maioria das árvores desses clones apresentou classes diamétricas de 8,5 a 10,5 cm (com maior número de indivíduos em 9,5 cm) na parcela com exclusão parcial da precipitação e de 9,5 a 11,5 cm (com maior número de indivíduos em 10,5 cm) na condição de precipitação normal (SE). Otto et al. (2013) em estudo sobre fotossíntese, condutância estomática e produtividade de clones de *Eucalyptus* sob diferentes condições edafoclimáticas, observaram que na área úmida (Eunápolis-BA), os valores de altura e DAP foram 2 e 1,1 vezes maiores do que os obtidos em sítio mais seco localizado no município de Salto da Divisa-MG, que tem o mesmo tipo climático de Coração de Jesus (Aw). Neste trabalho, constatou-se que a tendência de maior crescimento ocorreu na área que recebeu maior volume de água de chuva. Isso é importante, pois, como o solo de Coração de Jesus apresenta baixo teor de argila, a água disponível e o tempo de sua retenção no solo é menor, comparado a solos mais argilosos. Além disso, o déficit hídrico no solo é mais intenso em função das características climáticas locais associadas ao tipo de solo.

O crescimento em área basal observado para os clones nas duas situações de precipitação reforça a característica comportamental e de produtividade dos materiais genéticos. O valor de área basal do clone C3 ficou estagnado dos 40 aos 51 meses após o plantio na parcela com exclusão parcial de precipitação. Na parcela sem exclusão de água das chuvas, o valor de área basal ficou estável na avaliação de 40 e 46 meses após o plantio e teve incremento de aproximadamente 3 % aos 51 meses. O clone P7 também apresentou estagnação do crescimento de área basal no período de 40 a 46 meses, em ambos os tratamentos e retornou o crescimento até os 51 meses. O clone P7 apresentou teor de K considerado suficiente aos 47 meses após o plantio em Coração de Jesus (Capítulo II) e apresenta baixa eficiência no uso da luz (Mattos, 2015). Com isso, pode-se inferir que seu controle estomático foi menos eficiente e outras estratégias de tolerância à restrição hídrica devem ser utilizadas por esse clone. Os outros dois clones apresentam área basal crescente ao longo do tempo, independente do nível de precipitação pluviométrica.

Para todos os clones avaliados neste trabalho, os maiores crescimentos absolutos e relativos de área basal foram obtidos no período chuvoso que compreendeu o intervalo de 22 a 27 meses após o plantio. A área basal está altamente correlacionada com a produtividade volumétrica (Husch, 1963; Finger, 1992) do eucalipto. A correlação entre a área basal e o volume de tronco no presente trabalho foi muito elevada ($r = 0,9859$), corroborando com a afirmação desses autores.

A produção da parte comercial de interesse aos 51 meses após o plantio, expressa em volume e/ou massa de tronco confirma a superioridade dos clones A1 e R9 em relação aos outros dois, sendo que tais clones também apresentaram os maiores conteúdos de macronutrientes no tronco aos 52 meses, independente do nível de precipitação a que foram submetidos. Otto et al. (2013) observaram um volume de tronco de *Eucalyptus* 3,3 vezes menor em sítio de clima Aw, no leste de Minas Gerais quando comparado com área de clima tropical úmido (Af) no sul da Bahia, confirmando a importância da maior disponibilidade de água para o desempenho produtivo do eucalipto.

O Incremento Médio Anual ($IMA_{4,2}$) de volume do tronco variou de 30,1 a 37,8 $m^3 ha^{-1} ano^{-1}$ para o clone A1 com e sem exclusão de água das chuvas. O clone R9 apresentou 25,5 $m^3 ha^{-1} ano^{-1}$ com exclusão de precipitação e 28,6 $m^3 ha^{-1} ano^{-1}$ na área sem exclusão da água de chuvas. O clone C3 apresentou $IMA_{4,2}$ de

15,3 e 17 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ com e sem exclusão de precipitação e P7 apresenta apenas 12,7 e 14,8 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente. Os valores de IMA_{4,2} dos clones A1 e R9 estão dentro da faixa estimada (31,4 a 37 m³ ha⁻¹ ano⁻¹) por Neves et al. (2008) para a região de Coração de Jesus, aos sete anos de idade.

Na área de Coração de Jesus, o maior déficit de pressão de vapor (DPV) médio foi observado a partir dos 28 meses após o plantio, com picos nos meses de agosto a outubro, na maioria dos anos. Os meses que apresentaram os valores mais elevados de DPV em Coração de Jesus foram setembro e outubro de 2015 que chegaram a valores mais elevados que 20 hPa. Os valores mais elevados encontrados em anos anteriores variaram de 12 a 16 hPa. O maior valor médio de DPV foi de 10,23 hPa no intervalo de 46 a 51 meses após o plantio. Alguns autores relatam que de modo geral, há queda da condutância estomática e da fotossíntese com aumento do DPV (Lima et al., 2003; Marrich, 2009; Otto et al., 2013; Gonzalez et al., 2014) e que o completo fechamento estomático acontece em DPV's variando de 28 a 45 hPa (Mielke, 1997; Marrichi, 2009; Otto et al., 2013). Portanto, os níveis médios de DPV ocorridos em Coração de Jesus não foram suficientes para causar o completo fechamento estomático e possivelmente não causaram grandes reduções na condutância estomática, de modo que mesmo em condição de restrição hídrica as plantas conseguiram ser eficientes no uso dos recursos água e nutrientes. Além disso, trabalho conduzido por Hodecker (2015) mostrou que árvores de eucalipto submetidas a períodos de restrição hídrica recorrente (como em Coração de Jesus) sofrem menos estresse do que aquelas crescendo sob uniforme e elevada precipitação anual que se mostram mais estressadas após longo período de déficit hídrico.

Apesar da área de Coração de Jesus está localizada em uma altitude elevada, seu posicionamento geográfico (latitude e longitude) e o macroclima proporcionado pela vegetação mais aberta de Cerrado favorece a ocorrência de temperaturas mais elevadas ao longo do ano (amplitude térmica de 12,1 °C), alta radiação solar (6,5 a 7 kWh m² dia⁻¹), uma insolação média diária anual de 9,5 horas (CEMIG, 2012), condições que aumentam o déficit de pressão de vapor (DPV) e a evapotranspiração potencial (ETP). Essas condições associadas às características do solo de textura média que levam a menor retenção de água disponível, conduzem a menores produções, mesmo sob um nível de adubação capaz de proporcionar uma adequada nutrição mineral.

Quanto à nutrição mineral, apenas o conteúdo de nitrogênio foi influenciado pela interação clone x exclusão de água de chuvas, devido a sua dinâmica no solo (Yamada et al., 2007). Para os demais macronutrientes, o clone foi o fator que mais ($p < 0,01$) influenciou o conteúdo. Portanto, pode-se concluir que o conteúdo de nutrientes esteve mais relacionado com a capacidade de cada clone em aumentar sua eficiência de absorção integrada com eficiência no uso dos demais recursos como água e luz, mesmo em condição adversa.

O conteúdo de macronutrientes, de modo geral, foi mais elevado nas árvores dos clones cultivados em ambiente sem exclusão de água de chuvas, devido a maior produção de matéria seca, pois, os teores de nutrientes encontrados no tronco das plantas foram próximos nas duas condições de disponibilidade de água. Santana et al. (2008) já haviam relatado a tendência de clones de eucalipto apresentarem maior conteúdo de nutrientes nos tecidos vegetais quando existe maior disponibilidade de água. O teor médio de K foliar dos quatro clones, aos 47 meses de idade em Coração de Jesus, foi alto (Capítulo II), segundo as faixas de suficiência estabelecidas por Galdino (2015). Os clones C3 e R9 foram aqueles que apresentaram os teores mais elevados nesse período, indicando que possivelmente, utilizam estratégia relacionada à regulação estomática associada a outros mecanismos de eficiência. Além disso, certamente ocorreu consumo de luxo de K, devido a elevada quantidade do nutriente no solo e da quantidade ainda fornecida por meio das fertilizações. Marschner (1995) destacou que quando as plantas estão bem supridas com K, há menor decréscimo da fotossíntese em condições de estresse hídrico.

O conteúdo de K foliar dos clones cultivados em Coração de Jesus, aos 47 meses de idade (Capítulo II), apresentou alta correlação com o conteúdo de K no tronco ($r = 0,8754$). Considerando a existência dessa correlação forte e que os maiores conteúdos de K no compartimento tronco seguiram a sequência: A1 > R9 > C3 > P7, independentemente do nível de água das chuvas, na idade de 52 meses, é provável que os teores foliares apresentassem a mesma tendência do observado anteriormente, ou seja, teores elevados.

Hodecker (2015) observou elevado incremento na eficiência do uso da água em plantas sob seca e suplementadas com boro (B), devido à combinação de alta taxa fotossintética, alta concentração de K foliar, promovendo maior fechamento estomático, menor perda de água e maior translocação de açúcares para crescimento radicular. Essa autora também afirmou que o suprimento de B

aumentou a concentração de K foliar e sugeriu que esse micronutriente também tem um papel importante na regulação estomática. Apesar do B não ser focado nesse trabalho, vale destacar que os teores foliares desse micronutriente nos clones cultivados em Coração de Jesus aos 47 meses de idade estavam altos na área sem exclusão de água de chuvas (Dados não apresentados), conforme níveis de suficiência estabelecidos por Galdino (2015), o que pode ter potencializado a absorção e acúmulo do K pelos clones.

Nessa mesma avaliação nutricional, teores foliares de Ca foram considerados altos pelos níveis de suficiência de Fernandes (2010). O Ca também é um nutriente que pode atenuar os danos causados pelo estresse hídrico (Stefanuto, 2002), uma vez que atua nos mecanismos de espessamento de parede celular e reduzem a possibilidade de perda de água a nível de célula (Taiz e Zeiger, 2009). Segundo Silveira et al. (2005), plantas bem nutridas em K apresentam maior síntese de material para a formação de parede celular, que pode ter contribuído para maior absorção de Ca.

O controle estomático, o aumento do número de estômatos por área foliar, acúmulo de solutos nas estruturas radiculares para reduzir o potencial osmótico e hídrico e maior produção de raízes finas (Taiz e Zeiger, 2009; Batista et al., 2010; Mao et al., 2010; Römheld e Kirkby, 2010; Pinto et al., 2011) são mecanismos de resistência ao déficit hídrico que também estão associados à nutrição com K e Ca.

Neves et al. (2008) apresentam os conteúdos médios de nutrientes que são encontrados em cada compartimento das plantas de eucalipto em função da produtividade de tronco. Considerando que Coração de Jesus teria um potencial médio produtivo de $30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e avaliando o conteúdo de nutrientes no tronco aos 52 meses de idade, somente o clone A1 apresentou os conteúdos de N, P, K e Ca acima da referência, na parcela com exclusão de precipitação. Na parcela onde não houve a exclusão de precipitação pluviométrica, o conteúdo de P estava próximo do esperado e para K e Ca estão acima. Os demais clones apresentaram conteúdos de nutrientes no compartimento tronco abaixo da referência, independentemente do tratamento.

CONCLUSÕES

Os clones estudados são capazes de tolerar uma restrição hídrica mais severa sem que tenham redução de sobrevivência. O efeito da restrição hídrica se intensifica na idade de 40 meses após o plantio.

Os clones apresentam ritmo e forma de crescimento, conteúdo e eficiência de utilização de nutrientes diferenciados, independentemente da disponibilidade de água. Dos clones testados, o A1 e o R9 são aqueles que melhor se adaptam às condições de Coração de Jesus, apresentando sobrevivência elevada e maior produção. As perdas de produção do clone R9 foram menores, comparado ao A1, quando submetido à restrição hídrica mais severa.

O clone C3 apresenta uma curva característica de crescimento ao longo do tempo diferenciada em relação aos demais materiais genéticos, bem como o desenvolvimento de DAP e os incrementos em área basal, indicando sua estratégia diferenciada de sobrevivência que pode ser relacionada a expansão radicular.

O conteúdo de nutrientes e sua eficiência de utilização para conversão em produtividade é fortemente influenciado pelo material genético, independentemente do nível de precipitação e disponibilidade de água.

O conteúdo de macronutrientes, de modo geral, foi mais elevado nas árvores dos clones cultivados em ambiente sem exclusão de água de chuvas, devido a maior produção de matéria seca, pois, os teores de nutrientes encontrados no tronco das plantas foram similares nas duas condições de disponibilidade de água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMS – ASSOCIAÇÃO MINEIRA DE SILVICULTURA. Florestas Plantadas 2015: um caminho para o desenvolvimento sustentável. Belo Horizonte, MG. 2015. 64 p.
- ALTHOFF, P., A.C. OLIVEIRA, E.J. MORAIS, S. FONSECA. "Eucalypt dieback in "Cerrado" areas in North Northwest of Minas Gerais". En: SCHÖNAU, A.P.G. (ed.) Symposium on Intensive Forestry: The Role of *Eucalyptus*. Pretoria, Southern Afr., Inst. For., 1991. p. 598-609.
- BARROS, N.F.; COMERFORD, N.B. Sustentabilidade da produção de florestas plantadas na região tropical. In: ALVAREZ V., V.H.; SHAEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V.; COSTA, L.M. (Eds.). Tópicos em ciência do solo. SBCS: Viçosa, MG, v. 2, 2002. p. 487-592.
- BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L.; NOVAIS, R.F. Nutrição e adubação do eucalipto. In: EPAMIG. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 18, n. 186, 1997. p. 70-75.
- BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. Eucalipto. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.H. Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª Aproximação. Viçosa-MG: UFV, 1999. p.303-305.
- BARROS FILHO, N.F. Discriminação isotópica do ¹³C e nutrição com cálcio e boro em clones submetidos ao déficit hídrico. UFV: Viçosa, 2014. (Tese de Doutorado).
- BATISTA, L. A. et al. Anatomia foliar e potencial hídrico na tolerância de cultivares de café ao estresse hídrico. Revista Ciência Agronômica, v. 41, n 3, p. 475-481, jul-set, 2010.
- BRAGA, J.M.; DEFELIPO, B.V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solos e plantas. Rev. Ceres, 21: 73-85, 1974.
- CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.A.S. Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos do Instituto Agronômico de Campinas. Campinas, Instituto Agronômico, 2009. 77 p. (Boletim técnico, 106, Edição revista e atualizada).
- CAKMAK, I. Protection of plants from detrimental effects of environmental stress factors. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L (Eds.). Potássio na agricultura brasileira. Potafos: Piracicaba, SP. 2005. p. 261-280.
- CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais. Atlas Solarimétrico de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG, 80 p. 2012.
- CLIMATE-DATA. Clima: Coração de Jesus. Disponível em: <<http://pt.climate-data.org/location/24916/>>. Acessado em 02 de Jan. 2016.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DE SOLOS DE GOIÁS. Recomendações de Corretivos e Fertilizantes para Goiás – 5ª Aproximação. Goiânia, GO, 1988. 90 p.

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. Ci. Agro., 35: 1039-1042, 2011.
- FERNANDES, L.F.V. Normas e determinação de faixas de suficiência para diagnose foliar com base no crescimento relativo de eucalipto. 2010. 83 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- FINGER, C. A. G. Fundamentos de Biometria Florestal. 1.Ed., Santa Maria: CEPEF, 1992, 269p.
- FONTES, L.L. Produtividade e dinâmica do índice de área foliar de clones de *Eucalyptus* sob condições climáticas distintas. 48 f. Monografia (Curso de Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2016.
- GALDINO, M.P. Valores de referência e faixas de suficiência nutricional para avaliação do estado nutricional da cultura do eucalipto no Brasil. 2015. 51 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).
- GALVANI, F.; GAERTNER, E. Adequação da Metodologia Kjeldahl para determinação de Nitrogênio Total e Proteína Bruta. Corumbá, MS: Embrapa. 2006. (Circular Técnica 63).
- GARCIA, C.H. Tabelas para classificação de coeficientes de variação. Piracicaba: IPEF, 12 p. 1989. (Circular Técnica, 171).
- GOMES, R.V.; PASSOS, M.A.A. Eucalipto. In: CAVALCANTI, F. J. de A. (Coord.). Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco: 2ª. aproximação. 2 ed. rev. Recife: IPA, 2008. 212 p. il. p. 150.
- GONÇALVES, J.L.M.; RAIJ, B. van; GONÇALVES, J.C. Florestais. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo – Boletim 100. Piracicaba, SP, 1999. 88 p.
- GONSALEZ, B.T., GONÇALVES, A.N., STAPE, J.L., OTTO, M.S.G. Caracterização do potencial fotossintético máximo e da condutância estomática em clones de *Eucalyptus* submetidos ao estresse hídrico. 22º Simpósio Internacional de Iniciação Científica e Tecnológica da USP, 2014.
- HODECKER, B.E.R.; BARROS, N. F.; SILVA, I. R; DIOLA, V.; SARKIS, J.E.S.; LOUREIRO, M.E.. Boron delays dehydration and stimulates root growth in *Eucalyptus urophylla* (Blake, S.T.) under osmotic stress. Plant and Soil (Print), 384,: 185-199, 2014.
- HODECKER, B.E.R. Comparison of drought stress responses of tolerant and sensitive eucalypt genotypes. UFV: Viçosa, 2015. (Tese de Doutorado).
- HUSCH, B. - Forest mensuration and statistics. New York, The Ronald Press, 1963. 474 p.
- IBA – INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. Dados e estatísticas. São Paulo, Abril, 2015. Disponível em: <<http://iba.org/pt/dados-e-estatisticas>>. Acesso em: 15.11.2016.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção da extração vegetal e silvicultura. Rio de Janeiro, Vol. 30, 2015. 48 p.

- IPEF – INSTITUTO DE PESQUISA E ESTUDOS FLORESTAIS. Croqui do TECHS 26 PLA, Coração de Jesus-MG – Plantar: Ensaio Espaçamento e Clonal. 2011.
- KAGEYAMA, P. Y. Variação genética em progênies de uma população de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden. 1980. 125f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1980.
- LIMA, W.P.; JARVIS, P.; RHIZOPOULOU, S.; Stomatal responses of *Eucalyptus* species to elevated CO₂ concentration and drought stress. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v.60, n.2, p.231-238, 2003.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, E.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas (princípios e aplicações). 2.ed. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.
- MAMOLLI, D.R.; SALVADOR, S.M.; SCHUMACHER, M.V.; ROCKENBACH, T.; ARAÚJO, E.F. Disposição da precipitação em um povoamento de *Eucalyptus saligna* no município de São Gabriel-RS. 4º Congresso Florestal Paranaense, Curitiba, 2012.
- MAO, X., ZHANG, H., TIAN, S., CHANG, X., E JING, R. TaSnRK2. 4, TaSnRK2.4, an SNF1-type serine/threonine protein kinase of wheat (*Triticum aestivum* L.), confers enhanced multistress tolerance in *Arabidopsis*. *Journal of Botany experimental*, 61 (3), 683-696, 2010.
- MARRICHI, A.H.C. Caracterização da capacidade fotossintética e da condutância estomática em sete clones comerciais de *Eucalyptus* e seus padrões de resposta ao déficit de pressão de vapor. 2009. 104p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.
- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2 ed. New York: Academic Press, 1995. 889 p.
- MATTOS, E.M. Caracterização da sazonalidade do crescimento do lenho, da copa e da eficiência do uso da luz em clones do gênero *Eucalyptus*. 128 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.
- MICROSOFT CORPORATION. Software de cálculos Microsoft Excel – Office 2010, EUA: 2010.
- MIELKE, M. S. Regulação fisiológica e ambiental das trocas gasosas num plantio clonal de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden. 92f. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1997.
- NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. Nutrição e adubação de plantios de eucalipto. In: EPAMIG, Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 29, n. 242, 2008. p. 42-46.
- OTTO, M.S.G.; VERGANI, A.R.; GONÇALVES, A.N.; VRECHI, A.; SILVA, S.R.; STAPE, J.L. Fotossíntese, condutância estomática e produtividade de clones de *Eucalyptus* sob diferentes condições edafoclimáticas. *Rer. Árv.*, 3: 431-439, 2013

- PARRY, M. A.J.; FLEXAS, J.; MEDRANO H. Prospects for crop production under drought: research priorities and future directions. *Ann. Appl. Biol.* 147 211–226, 2005.
- PINTO, S. I. C.; FURTINI NETO, A. E.; NEVES, J. C. L.; FAQUIN, V.; MORETTI, B. 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 mar./abr. 2011.
- PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. (Ed.). Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo: 5ª aproximação. Vitória, ES : SEEA; Incaper; CEDAGRO, 2007. 301 p.
- RAIJ, B.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. v.1. 285 p.
- ROCHA, J.H.T.; GONÇALVES, J.L.M.G.; GODINHO, T.O.; SOUZA FILHO, L.F.S. Nutrição e fertilização com enxofre e uso de gesso em plantações de eucalipto. IPEF: Piracicaba, 2015. 17 p. (Circular Técnica, 208).
- RÖMHELD, V.; KIRKBY, E.A. Research on potassium in agriculture: Needs and prospects. *Plant Soil*, 335:155-180, 2010.
- ROSOLEM, C.A. Interação do Potássio com outros íons. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L (Eds.). Potássio na agricultura brasileira. Potafos: Piracicaba, SP. 2005. p. 239-260.
- RYAN, M. G. Tree responses to drought. *Tree Physiology*, v.31, n.3, p.237-239, 2011.
- SBCS - SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Porto Alegre, RS, 2004. 400 p.
- SETTE JR, C. R. et al. Crescimento em diâmetro do tronco das árvores de *Eucalyptus grandis* W. Hill. ex. Maiden e relação com as variáveis climáticas e fertilização mineral. *Revista Árvore*, 6: 979-990, 2010.
- SILVA, V.A. Mapa de solos, conhecimento de campo, inventário florestal e zoneamento ecológico-econômico com base para aptidão agrícola das terras em Minas Gerais elaborada em SIG. UFLA: Lavras, 2014. 100 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo).
- SILVEIRA, R.L.V.A.; GAVA, J.L.; MALAVOLTA, E. O potássio na cultura do eucalipto. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L (Eds.). Potássio na agricultura brasileira. Potafos: Piracicaba, SP. 2005. p. 523-590.
- STAPE JL, BINKLEY D, RYAN MG, FONSECA S, LOOS RA et al. 2010. The Brazil *Eucalyptus* Potential Productivity Project: Influence of water, nutrients and stand uniformity on wood production. *Forest Ecology and Management* 259: 1684-1694.
- STAPE, J. L. Production Ecology of clonal *Eucalyptus* Plantation in northeastern Brazil. Fort Collins: Post Doctoral Repost. Colorado University. 2002. 225p
- STAPE, J.L. et al. Programa Cooperativo sobre Tolerância de *Eucalyptus* Clonais aos Estresses Hídrico e Térmico (TECHS) – Relatório Anual. IPEF, 2015. p. 52-63.

- STAPE, J.L., BINKLEY, D., GRATTAPAGLIA, D., CAMPOE, O., ALVARES, C., GOMES, F., MATTOS, E., OTTO, M., HAKAMADA, R., MORAES, M. T. Fatores hídricos e as decisões de silvicultura, de melhoramento e de proteção na eucaliptocultura. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA, 3., 2014, Campinas. Anais...Curitiba: Embrapa Florestas, 2014. p. 81-98.
- STEFANUTO, V.A. Efeito do cálcio na homeostase de brotações de um clone de *Eucalyptus grandis* Hill (ex Maiden) sob condições de deficiência hídrica induzida *in vitro*. ESALQ-USP: Piracicaba, 2002. (Dissertação de Mestrado).
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 4ª edição. Porto Alegre: Editora Artmed, 2009. 819 p.
- VEIGA, R. A. A. - Métodos de determinação de área basal em povoamentos florestais. Botucatu, F.C.M.B.B., 1970. 119 p.
- YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S. e; VITTI, G.C. (Ed.). Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira. Piracicaba: IPNI, 2007. p.355-412.

CONCLUSÕES GERAIS

O crescimento, produção, densidade de madeira, alocação de massa e partição de macronutrientes dos clones de eucalipto são variáveis de acordo com a interação do material genético com as condições edafoclimáticas as quais se encontra submetido ao longo do ciclo de cultivo.

Além do maior volume de precipitação pluviométrica, fatores como a regularidade na distribuição das chuvas ao longo do ano, menor amplitude térmica, menor evapotranspiração potencial, menor déficit de pressão de vapor, menor nível de radiação solar média anual e menor insolação associado às características de solo que permita maior armazenamento e disponibilidade de água proporcionam o melhor estado nutricional e produção comercial adequada dos clones de eucalipto.

Os macronutrientes K e Ca acumulado em grande quantidade nos tecidos foliares reflete as estratégias desses clones para sobreviver em ambiente mais restrito hidricamente, uma vez que esses nutrientes estão relacionados a processos mitigadores dos efeitos do estresse hídrico, confirmando resultados obtidos em outros trabalhos de campo ou condições controladas.

A restrição hídrica, mais severa, simulada com a retirada parcial de água das chuvas em um local onde já existe menor precipitação e maior demanda evapotranspiracional, mostrou que o eucalipto pode sobreviver nessas condições, desde que o material genético com estado nutricional adequado desenvolva mecanismos para adaptar-se as limitações edáficas e climáticas. Isso porque a resposta relacionada a crescimento, produção e conteúdo de nutrientes em relação à limitação hídrica mais severa variou em função do material genético.

APÊNDICE A

- Média dos dados climatológicos-

Quadro 1A. Dados climatológicos do sítio de Coração de Jesus-MG referentes ao mês de plantio dos clones de *Eucalyptus* até os 52 meses de idade

^{1/} Ano	Mês	Precipitação (mm)	T. máxima (°C)	T. média (°C)	T. mínima (°C)	^{2/} DPV (hPa)	
2011	Dez	282,47	28,30	22,52	16,73	3,92	
	Jan	195,10	28,75	22,91	17,07	5,30	
	Fev	2,95	29,92	23,97	18,01	7,74	
	Mar	52,26	30,11	24,13	18,15	8,32	
	Abr	20,37	30,37	24,34	18,30	8,99	
	Mai	49,31	27,27	21,18	15,08	6,04	
	2012	Jun	1,07	27,38	21,20	15,01	7,01
		Jul	2,68	26,65	20,29	13,93	8,38
		Ago	6,70	26,65	20,31	13,97	8,99
		Set	12,60	29,84	23,71	17,58	14,08
		Out	37,25	31,52	25,26	18,99	15,96
		Nov	354,56	28,82	23,06	17,29	4,69
2013	Dez	48,51	31,71	25,53	19,35	10,20	
	Jan	410,04	29,94	24,03	18,11	6,88	
	Fev	5,36	30,97	24,97	18,96	9,24	
	Mar	83,88	31,01	24,94	18,87	8,36	
	Abr	106,13	28,15	22,25	16,35	4,96	
	Mai	0,00	27,85	21,85	15,84	7,10	
	2013	Jun	2,68	27,44	21,44	15,43	7,03
		Jul	0,00	27,27	21,12	14,97	8,98
		Ago	0,00	29,40	21,88	15,53	12,33
		Set	16,80	30,08	22,74	16,70	12,08
		Out	107,00	29,15	22,35	17,38	9,00
		Nov	248,00	29,80	23,15	18,47	8,62
	Dez	606,00	27,70	21,98	18,90	3,17	

Cont. Quadro 1A,

^{1/} Ano	Mês	Precipitação (mm)	T. máxima (°C)	T. média (°C)	T. mínima (°C)	^{2/} DPV (hPa)
2014	Jan	40,80	29,80	23,37	18,30	8,92
	Fev	28,80	30,25	23,67	18,45	10,66
	Mar	84,00	30,03	23,50	18,38	9,77
	Abr	23,00	30,00	23,19	18,40	8,36
	Mai	36,00	28,80	21,34	16,20	8,38
	Jun	11,00	27,00	19,85	15,20	6,88
	Jul	0,00	26,40	19,30	14,50	7,44
	Ago	0,00	28,50	20,88	14,90	12,62
	Set	2,00	31,20	23,44	17,10	15,44
	Out	129,40	31,20	23,60	18,40	15,70
	Nov	263,80	28,40	22,86	18,85	6,19
	Dez	151,20	29,50	23,30	18,70	6,95
2015	Jan	4,60	33,00	25,45	19,40	14,42
	Fev	182,00	30,40	23,76	18,90	7,62
	Mar	145,20	30,20	23,90	19,00	7,48
	Abr	28,00	30,25	22,76	18,75	6,03
	Mai	29,80	27,70	20,90	16,30	5,55
	Jun	0,00	27,25	19,99	15,60	6,57
	Jul	1,80	27,90	20,59	15,00	8,55
	Ago	6,80	28,30	20,61	15,10	10,16
	Set	0,60	33,60	25,80	19,25	20,09
	Out	8,20	33,80	26,21	20,40	20,68
	Nov	177,40	33,30	26,24	20,75	11,02
	Dez	91,20	32,30	25,59	20,20	11,62
2016	Jan	490,80	26,90	22,56	19,60	2,34
	Fev	39,20	31,02	24,52	19,46	8,78
	Mar	87,20	29,91	23,79	19,28	6,92
	Abr	17,00	30,78	23,73	18,59	9,96

^{1/}Dados estimados de dezembro de 2011 a março de 2013, com base na estação climatológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizada em Montes Claros, os demais dados foram gerados por estação climatológica local instalada pela empresa Plantar; ^{2/}Déficit de Pressão de Vapor (DPV).

Quadro 2A. Dados climatológicos do sítio de Belo Oriente - MG referentes ao mês de plantio dos clones de *Eucalyptus* até os 47 meses de idade

¹ Ano	Mês	Precipitação (mm)	T. máxima (°C)	T. média (°C)	T. mínima (°C)	² DPV (hPa)	
2011	Dez	358,90	28,40	23,00	19,80	5,70	
	Jan	176,80	29,60	23,70	20,00	7,20	
	Fev	5,30	32,40	25,40	20,30	11,80	
	Mar	37,90	30,90	24,10	19,60	9,40	
	Abr	6,10	30,00	23,30	18,80	8,00	
	Mai	47,30	25,90	20,20	16,40	5,40	
	2012	Jun	2,80	26,00	19,40	15,00	5,30
		Jul	0,80	27,00	19,70	14,10	7,80
		Ago	33,00	27,00	19,90	15,20	7,70
		Set	21,30	30,00	23,00	17,30	12,20
		Out	50,80	32,60	25,10	19,30	15,10
		Nov	336,80	27,80	22,40	19,00	5,90
Dez		63,20	32,60	25,70	20,50	11,10	
2013		Jan	269,20	30,60	24,30	20,00	9,20
		Fev	13,50	30,80	24,10	19,20	8,90
		Mar	158,50	29,40	23,40	19,60	6,20
		Abr	58,90	26,70	20,80	17,20	4,80
		Mai	108,70	26,20	19,60	15,40	5,00
	Jun	19,30	25,30	18,80	15,00	3,80	
	Jul	1,30	26,20	19,50	14,40	6,20	
	Ago	3,80	27,80	20,10	14,10	8,60	
	Set	15,00	30,40	22,70	16,80	11,00	
	Out	148,10	28,30	22,30	17,70	8,40	
	Nov	274,60	29,80	23,80	19,20	8,50	
	Dez	388,40	29,40	23,50	19,90	5,60	
2014	Jan	9,90	32,60	25,60	21,50	11,50	
	Fev	15,20	34,20	26,30	21,30	13,60	
	Mar	151,90	31,20	24,60	20,70	7,90	
	Abr	73,10	29,50	23,00	19,70	6,20	
	Mai	5,30	28,10	20,60	17,90	6,00	
	Jun	11,70	27,00	19,20	17,40	5,20	
	Jul	12,40	26,00	19,10	16,70	5,90	
	Ago	5,10	28,80	20,30	16,70	9,50	
	Set	1,50	31,00	23,30	18,50	13,50	
	Out	82,00	32,60	24,90	18,90	14,40	
	Nov	214,90	31,20	24,40	19,50	10,00	
	Dez	147,80	30,90	24,40	19,40	9,40	

Cont. Quadro 2A,

¹ Ano	Mês	Precipitação (mm)	T. máxima (°C)	T. média (°C)	T. mínima (°C)	² DPV (hPa)
2015	Jan	45,00	35,30	27,40	20,90	17,00
	Fev	175,70	32,30	25,70	20,70	11,10
	Mar	45,00	33,70	25,80	20,60	11,20
	Abr	180,60	30,30	23,50	18,70	7,80
	Mai	127,00	26,30	20,20	16,50	4,20
	Jun	30,50	25,60	19,20	15,00	4,50
	Jul	6,10	26,20	19,50	14,60	6,00
	Ago	2,30	28,50	21,20	15,30	9,20
	Set	15,20	32,70	25,10	19,20	14,50
	Out	76,20	35,00	27,30	21,20	17,10
	Nov	119,10	35,40	27,90	22,30	14,50

¹Dados da estação climatológica instalada pela empresa Cenibra; ²Déficit de Pressão de Vapor (DPV).

Quadro 3A. Dados climatológicos do sítio de Guanhães - MG referentes ao mês de plantio dos clones de *Eucalyptus* até os 47 meses de idade

^{1/} Ano	Mês	Precipitação (mm)	T. máxima (°C)	T. média (°C)	T. mínima (°C)	^{2/} DPV (hPa)
2012	Jan	304,30	23,70	19,90	16,90	4,40
	Fev	9,90	24,90	20,70	17,00	6,80
	Mar	85,60	24,30	20,50	17,10	6,30
	Abr	13,20	24,20	20,50	17,30	5,80
	Mai	67,30	20,50	17,40	14,80	3,80
	Jun	9,40	21,50	18,10	15,10	4,40
	Jul	6,60	21,20	17,60	14,20	6,30
	Ago	35,10	19,90	15,90	12,80	4,40
	Set	15,80	23,80	18,90	14,50	8,10
	Out	34,30	25,40	20,40	15,70	9,60
	Nov	358,20	23,10	18,90	15,60	3,70
	Dez	70,10	26,90	22,40	18,30	9,80
2013	Jan	178,30	25,00	21,00	17,70	7,00
	Fev	13,70	25,50	21,10	17,50	7,80
	Mar	101,10	25,20	21,20	17,90	6,70
	Abr	56,60	21,60	17,90	14,60	4,60
	Mai	31,20	21,60	18,10	15,20	5,60
	Jun	39,90	20,90	17,50	14,80	4,50
	Jul	6,10	21,50	17,70	14,40	6,60
	Ago	3,60	22,20	17,70	13,50	8,10
	Set	35,80	23,00	18,30	13,60	7,60
	Out	96,00	23,00	18,20	13,80	6,50
	Nov	122,20	24,20	19,00	12,80	6,90
	Dez	482,90	25,00	20,50	16,90	5,50
2014	Jan	116,10	25,50	21,00	16,70	8,00
	Fev	11,90	25,20	20,50	16,60	8,10
	Mar	56,10	24,00	18,90	15,60	5,20
	Abr	20,60	24,20	19,20	16,90	6,00
	Mai	14,00	22,20	17,80	14,70	6,20
	Jun	6,90	20,30	16,10	13,00	4,60
	Jul	5,80	19,80	15,20	12,70	4,60
	Ago	1,30	22,10	17,00	13,10	7,90
	Set	1,00	24,10	19,10	14,50	9,40
	Out	174,00	25,90	20,40	16,40	6,70
	Nov	249,90	24,60	20,20	17,00	4,30
	Dez	94,80	25,40	21,10	17,80	5,40

Cont. Quadro 3A,

^{1/} Ano	Mês	Precipitação (mm)	T. máxima (°C)	T. média (°C)	T. mínima (°C)	^{2/} DPV (hPa)
2015	Jan	26,90	28,20	23,10	18,40	10,70
	Fev	228,10	25,70	21,60	18,20	6,40
	Mar	40,40	26,40	22,00	18,60	6,30
	Abr	102,80	24,40	20,30	17,40	4,20
	Mai	51,30	20,70	17,80	15,40	2,30
	Jun	23,60	20,90	17,60	14,90	3,60
	Jul	3,60	21,10	17,60	14,60	3,90
	Ago	5,80	22,10	17,90	14,50	5,40
	Set	19,00	27,60	22,10	17,50	11,00
	Out	32,00	27,80	22,70	18,00	11,50
	Nov	118,90	29,20	23,90	19,50	10,90
	Dez	116,60	27,30	22,60	18,40	7,10

^{1/}Dados da estação climatológica instalada pela empresa Cenibra; ^{2/}Déficit de Pressão de Vapor (DPV).

APÊNDICE B

- Média dos dados apresentados nas figuras do Capítulo I -

Quadro 1B. Diâmetro quadrático médio (q) dos clones cultivados em três ambientes edafoclimáticos distintos, aos 47 meses de idade

^{1/} Clone/Locais	Diâmetro quadrático médio (cm)			
	BO	CJ	GN	Média
A1	14,52	11,99	15,41	13,97
C3	13,15	10,36	14,9	12,80
E5	13,71	11,91	14,67	13,43
G7	13,88	10,68	15,19	13,25
R9	13,06	11,92	13,92	12,97
P7	11,45	9,25	12,24	10,98
Média	13,30	11,02	14,39	

^{1/} A1 (*E.urophylla* x sp.), C3 (*E. grandis* x *camaldulensis*), E5, G7 e R9 (*E. urophylla*), P7 (*E. urophylla* x *tereticornis*); BO = Belo Oriente, CJ = Coração de Jesus e GN = Guanhães.

Quadro 2B. Relação entre altura e diâmetro à altura do peito dos clones cultivados em três ambientes edafoclimáticos distintos, aos 47 meses de idade

^{1/} Clones/Locais	Relação H/DAP (m cm ⁻¹)			
	BO	CJ	GN	Média
A1	1,58	1,49	1,54	1,54
C3	1,54	1,49	1,36	1,46
E5	1,65	1,47	1,43	1,52
G7	1,57	1,41	1,37	1,45
R9	1,73	1,54	1,52	1,60
P7	1,69	1,52	1,55	1,59
Média	1,63	1,49	1,46	

^{1/} A1 (*E.urophylla* x sp.), C3 (*E. grandis* x *camaldulensis*), E5, G7 e R9 (*E. urophylla*), P7 (*E. urophylla* x *tereticornis*); BO = Belo Oriente, CJ = Coração de Jesus e GN = Guanhães.

Quadro 3B. Área Basal (AB) dos clones cultivados em três ambientes edafoclimáticos distintos, aos 47 meses de idade

Clone/Locais	Área Basal (m ² ha ⁻¹)			Média
	BO	CJ	GN	
A1	18,40	12,55	20,74	17,23
C3	15,08	9,36	19,37	14,60
E5	15,99	12,39	18,32	15,57
G7	16,80	9,70	20,14	15,55
R9	14,68	12,4	16,91	14,66
P7	11,44	7,47	13,08	10,66
Média	15,40	10,65	18,09	

1/ A1 (*E.urophylla* x sp.), C3 (*E. grandis* x *camaldulensis*), E5, G7 e R9 (*E. urophylla*), P7 (*E. urophylla* x *tereticornis*); BO = Belo Oriente, CJ = Coração de Jesus e GN = Guanhães.

Quadro 4B. Relação entre Área Basal (AB) e idade dos clones cultivados em três ambientes edafoclimáticos distintos, aos 47 meses de idade

Clone/Locais	Área Basal/Idade (m ² ha ⁻¹ mês ⁻¹)			Média
	BO	CJ	GN	
A1	0,39	0,27	0,44	0,37
C3	0,32	0,2	0,41	0,31
E5	0,34	0,26	0,39	0,33
G7	0,36	0,21	0,43	0,33
R9	0,31	0,26	0,36	0,31
P7	0,24	0,16	0,28	0,23
Média	0,33	0,23	0,39	

1/ A1 (*E.urophylla* x sp.), C3 (*E. grandis* x *camaldulensis*), E5, G7 e R9 (*E. urophylla*), P7 (*E. urophylla* x *tereticornis*); BO = Belo Oriente, CJ = Coração de Jesus e GN = Guanhães.

APÊNDICE C

- Dados complementares do Capítulo II –

Quadro 1C. Teores de macronutrientes em serapilheira de clones de *Eucalyptus* aos 47 meses de idade, cultivados em três regiões edafoclimáticas de Minas Gerais

1,2/ Clones/ Locais	Teores (g kg ⁻¹)									
	N			P			K			
	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN	
A1	8,8Aa	7,4Aa	7,4Aa	0,5Aa	0,2ABb	0,4Bb	1,2ABb	2,9Aa	1,4Ab	
C3	7,9Aa	10,4Aa	7,0Aa	0,4Aa	0,4Aa	0,3Ba	0,8Bb	3,0Aa	1,2ABb	
E5	10,0Aa	8,0Aa	9,2Aa	0,5Aa	0,3ABb	0,3Bb	0,9ABb	2,7ABa	0,7Bb	
G7	8,9Aa	9,0Aa	8,7Aa	0,4Aa	0,2ABa	0,4Ba	1,5Ab	2,8ABa	1,2ABb	
R9	8,4Aa	8,2Aa	7,1Aa	0,4Aa	0,2ABb	0,3Bab	1,0ABb	2,2Ba	0,8ABb	
P7	11,9Aa	8,1Aa	7,7Aa	0,4Ab	0,2Bc	0,6Aa	0,8ABb	2,6ABa	1,1ABb	
^{3/} Média	9,3	8,5	7,8	0,4	0,2	0,4	1,0	2,7	1,1	
^{4/} F clone		ns			**			*		
^{4/} F local		ns			*			*		
^{4/} F clone x		ns			*			**		
^{5/} DMS _{clone}		5,56			0,17			0,62		
^{5/} DMS _{local}		4,52			0,13			0,50		
^{6/} CV (%)		26,45			19,34			15,75		
		Ca			Mg			S		
A1	11,2ABCab	14,3ABa	9,6Ab	1,6Aab	1,7Aa	1,4ABb	0,6Aa	0,7Ca	0,5Aa	
C3	12,3ABa	13,1ABCa	11,6Aa	0,9Cb	1,1BCab	1,3ABCa	0,8Ab	1,5Aa	0,5Ac	
E5	9,0BCb	12,7ABCa	9,3Aab	0,9Cb	1,2BCa	0,9Cb	0,5Ab	1,3BCa	0,4Ab	
G7	8,8BCa	10,8BCa	8,9Aa	1,2BCa	1,2BCa	1,2BCa	0,6Ab	1,4BCa	0,6Ab	
R9	7,0Ca	9,2Ca	7,8Aa	0,9Ca	0,9Ca	1,1BCa	0,5Ab	1,1Ba	0,5Ab	
P7	13,6Aa	15,5Aa	8,3Ab	1,6ABa	1,4ABa	1,6Aa	0,8Ab	1,2BCa	0,5Ac	
^{3/} Média	10,3	12,6	9,2	1,2	1,2	1,3	0,7	1,2	0,5	
^{4/} F clone		*			*			*		
^{4/} F local		*			ns			*		
^{4/} F clone x		ns			*			*		
^{5/} DMS _{clone}		4,41			0,36			0,35		
^{5/} DMS _{local}		3,58			0,30			0,29		
^{6/} CV (%)		16,74			12,05			18,59		

1/ A1 (*E.urophylla* x sp.), C3 (*E. grandis* x *camaldulensis*), E5, G7 e R9 (*E. urophylla*), P7 (*E. urophylla* x *tereticornis*); 2/ BO = Belo Oriente, CJ = Coração de Jesus e GN = Guanhães, Valores seguidos por uma mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; Valores seguidos por uma mesma letra minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; 3/ Média dos clones em cada sítio; 4/ns = não significativo, * significativo a 1 %, **significativo a 5 % e *** significativo a 10 %; 5/Diferença Mínima Significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e 6/Coefficiente de variação de médias de clones.

Quadro 2C. Conteúdo de macronutrientes em serapilheira de clones de *Eucalyptus* aos 47 meses de idade, cultivados em três regiões edafoclimáticas de Minas Gerais

1,2/ Clones/ Locais	Conteúdo (kg ha ⁻¹)								
	N			P			K		
	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN
A1	110,6Bab	70,0Ab	215,5Aa	6,5Aa	2,1Aa	12,1Bb	15,4Ab	27,9Aa	40,0Aa
C3	136,5ABa	97,2Aa	162,6Aa	6,2Aab	3,5Ab	8,2BCa	12,5Ab	28,8Aa	28,7ABa
E5	103,4Ba	86,8Aa	173,2Aa	5,0Aa	3,0Aa	5,2Aa	9,9Ab	29,1Aa	12,8Cb
G7	109,9Ba	107,9Aa	197,1Aa	4,7Aab	2,9Ab	8,5BCa	18,4Ab	34,3Aa	26,1ABCab
R9	105,9Ba	133,8Aa	155,0Aa	4,9Aa	3,8Aa	5,7Ca	12,2Ac	35,4Aa	17,7BCb
P7	281,4Aa	125,3Aa	231,6Aab	9,1Ab	3,1Ac	18,5Aa	19,0Ab	40,9Aa	33,3Aa
^{3/} Média	141,3	103,5	189,2	6,1	3,1	9,7	14,6	32,7	26,4
^{4/} F clone		**			*			*	
^{4/} F local		*			*			*	
^{4/} F clone x		ns			*			**	
^{5/} DMS clone		145,02			5,64			14,99	
^{5/} DMS local		117,84			4,58			12,18	
^{6/} CV (%)		40,80			36,52			24,84	
		Ca			Mg			S	
A1	140,5Bb	136,4Ab	285,1Aa	20,1Bb	16,3Ab	40,8ABa	7,6BCb	6,7Bb	14,4ABa
C3	212,4ABab	126,0Ab	276,7Aa	16,0Bb	10,6Ab	30,4BCa	13,8ABa	13,9ABa	11,1ABa
E5	93,5Ba	135,5Aa	166,4Aa	9,4Ba	13,3Aa	15,7Da	5,6Cb	13,8ABa	6,9Bb
G7	110,4Ba	131,0Aa	201,8Aa	15,2Bb	14,3Ab	28,4BCDa	7,7BCb	16,7Aa	12,6ABab
R9	88,1Ba	150,4Aa	168,1Aa	11,2Bb	14,2Ab	24,9CDa	6,9BCb	17,9Aa	10,7ABb
P7	310,8Aa	239,7Aa	255,0Aa	35,4Ab	21,7Ac	49,6Aa	19,3Aa	18,2Aa	15,7Aa
^{3/} Média	159,3	153,2	225,5	17,9	15,0	31,6	10,1	14,6	11,9
^{4/} F clone		*			*			*	
^{4/} F local		*			*			*	
^{4/} F clone x		***			**			*	
^{5/} DMS clone		131,73			13,05			8,00	
^{5/} DMS local		107,03			10,64			6,50	
^{6/} CV (%)		29,90			24,68			26,68	

1/ A1 (*E.urophylla* x sp.), C3 (*E. grandis* x *camaldulensis*), E5, G7 e R9 (*E. urophylla*), P7 (*E. urophylla* x *tereticornis*); 2/ BO = Belo Oriente, CJ = Coração de Jesus e GN = Guanhães, Valores seguidos por uma mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; Valores seguidos por uma mesma letra minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; 3/ Média dos clones em cada sítio; 4/ns = não significativo, * significativo a 1 %, **significativo a 5 % e *** significativo a 10 %; 5/Diferença Mínima Significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e 6/Coefficiente de variação de médias de clones.

Quadro 3C. Coeficientes de utilização biológica de macronutrientes primários nas folhas, galhos, casca, lenho, copa e tronco para clones de *Eucalyptus* aos 47 meses de idade, cultivados em três regiões edafoclimáticas de Minas Gerais

CUB - Coeficientes de Utilização Biológica (kg de massa seca/kg de nutrientes)									
^{1,2/} Clones/ Locais	N			P			K		
	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN
Folhas									
A1	57Aa	68Aa	52Aa	908Aa	1329Aa	911Aa	98Aa	120Aa	102Aa
C3	40Aa	68Aa	54Aa	2245Aa	1740Aa	1044Aa	187Ab	67Aa	81Aa
E5	56Aa	65Aa	113Aa	637Aa	1623Aa	987Aa	101Aa	115Aa	129Aa
G7	49Aa	66Aa	62Aa	1159Aa	1911Aa	1233Aa	143Aa	48Aa	130Aa
R9	48Aa	69Aa	60Aa	803Aa	1942Aa	1429Aa	117Aab	52Aa	165Ab
P7	107Aa	83Aa	73Aa	1135Aa	2390Aa	1317Aa	182Aa	154Aa	163Aa
^{3/} Média	60	70	69	1148	1823	1154	138	93	128
^{4/} F _{clone}		ns			ns			ns	
^{4/} F _{local}		ns			*			**	
^{4/} F _{clone x local}		ns			ns			ns	
^{5/} DMS _{clone}		73			1752			122	
^{5/} DMS _{local}		59			1424			99	
^{6/} CV (%)		44,89			51,88			41,62	
Galhos									
A1	293Aa	322Aab	382BCb	2268Aa	1858Aa	5373Aa	442Aa	97Ab	314ABc
C3	211ABa	241Aa	391Cb	5764Ab	1052Aa	3057Aab	314Ab	74Aa	301ABb
E5	193Ba	297Ab	280Ab	1747Aa	4576ABa	5089Aa	344Ab	93Aa	401Bb
G7	293Aa	332Aab	381BCb	3151Aa	4629ABa	4547Aa	408Ab	97Aa	329ABb
R9	204ABa	247Aab	286ABb	1632Aa	3821ABa	4444Aa	349Ab	112Aa	402Bb
P7	249ABa	322Aa	312ABCa	3222Aa	7031Ba	3862Aa	328Ab	82Aa	226Ab
^{3/} Média	240	294	339	2964	3828	4395	364	92	329
^{4/} F _{clone}		*			ns			**	
^{4/} F _{local}		*			ns			*	
^{4/} F _{clone x local}		***			*			ns	
^{5/} DMS _{clone}		99			5156			144	
^{5/} DMS _{local}		81			4189			117	
^{6/} CV (%)		13,88			56,27			22,43	
Casca									
A1	270Aa	320Aa	344ABa	1823Aa	2959Ab	1797Aa	145Aa	306Aa	202Aa
C3	198Aa	327Ab	332ABb	1471Aa	3156Ab	1789Aa	238Aa	340Aa	232Aa
E5	203Aa	257Aa	262ABa	1290Aa	3069Ab	4796Bc	125Aa	180Aa	225Aa
G7	259Aa	296Aa	291ABa	1280Aa	5008Cb	1704Aa	189Aa	238Aa	208Aa
R9	215Aa	286Aa	260Aa	1261Aa	3501ABb	1798Aa	693Bb	282Aa	233Aa
P7	206Aa	299Aab	382Bb	1931Aa	4248BCb	1785Aa	220Aa	282Aa	241Aa
^{3/} Média	225	297,5	312	1509	3657,1	2278	268	271	223
^{4/} F _{clone}		**			*			**	
^{4/} F _{local}		*			*			ns	
^{4/} F _{clone x local}		ns			*			***	
^{5/} DMS _{clone}		122			884			358	
^{5/} DMS _{local}		99			719			291	
^{6/} CV (%)		17,86			14,51			57,26	

Quadro 3C, Cont.

1,2/ ^{1,2} Clones/ Locais	N			P			K		
	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN
Lenho									
A1	562Aa	629ABab	767ABb	3889Aa	24008Aa	15591Aa	619Aa	958ABa	1036ABa
C3	400Aa	832BCb	838Bb	5414Aa	15707Aa	10870Aa	1219ABb	541Aa	651Aa
E5	465Aa	689ABab	555Ab	4970Aa	43305Aa	10185Aa	945ABa	913ABa	1263ABa
G7	564Aa	976Cb	828Bb	6108Aa	216632Bb	56778Aa	1324Ba	1509Ba	1662Ba
R9	477Aa	763BCab	653ABb	5789Aa	19625Aa	23264Aa	1409Ba	816Aa	1192ABa
P7	347Aa	487Aab	617ABb	7656Aa	8192Aa	14741Aa	994ABb	731Aa	1128ABab
³ Média	469	729	710	5638	54578	21905	1085	911	1155
⁴ F _{clone}		*			*			*	
⁴ F _{local}		*			*			**	
⁴ F _{clone x local}		*			*			**	
⁵ DMS _{clone}		229			75129			669	
⁵ DMS _{local}		186			61045			544	
⁶ CV (%)		14,63			111,70			25,93	
Copa									
A1	131Aa	148Aa	158Aa	1536Aa	1649Aa	2506Aa	216Ab	103Aa	209ABb
C3	109Aa	162Aa	152Aa	4341Ab	1139Aa	2035Aab	254Ab	72Aa	179Ab
E5	117Aa	147Aa	177Aa	1195Aa	2869Aa	2299Aa	203Ab	97Aa	250ABb
G7	133Aa	152Aa	162Aa	2252Aa	3268Aa	2652Aa	252Ab	75Aa	234ABb
R9	95Aa	124Aa	142Aa	1180Aa	2749Aa	2830Aa	202Aa	77Ab	290Bc
P7	163Aa	150Aa	141Aa	1951Aa	3939Aa	2170Aa	256Ab	101Aa	194ABb
³ Média	125	147	155	2076	2602	2415	231	87	226
⁴ F _{clone}		ns			ns			ns	
⁴ F _{local}		**			ns			*	
⁴ F _{clone x local}		ns			ns			ns	
⁵ DMS _{clone}		76			3515			107	
⁵ DMS _{local}		62			2856			87	
⁶ CV (%)		21,83			60,50			23,93	
Tronco									
A1	501Ba	547ABab	675BCb	3449Aa	11520ABb	8717ABb	454Aa	728ABb	730ABb
C3	363ABa	673BCb	734Cb	4262Aa	9730ABb	7382Aab	780Bb	495Aa	557Aab
E5	409ABa	558ABb	498Aab	3835Aa	13321Bb	9097ABb	563ABa	577ABa	843ABb
G7	506Ba	737Cb	697BCb	4463Aa	30254Cb	12840Bc	827Ba	856Ba	968Ba
R9	431ABa	654BCb	584ABC	4466Aa	13440Bb	12015AB	1206Cb	686ABa	8954Ba
P7	312Aa	441Aab	567ABb	5457Aa	7085Aa	7069Aa	686ABa	579ABa	801ABa
³ Média	421	602	626	4322	14225	9520	753	654	799
⁴ F _{clone}		*			*			**	
⁴ F _{local}		*			*			*	
⁴ F _{clone x local}		*			*			*	
⁵ DMS _{clone}		158			5400			299	
⁵ DMS _{local}		129			4388			243	
⁶ CV (%)		11,74			23,49			16,57	

1/ A1 (*E. urophylla* x sp.), C3 (*E. grandis* x *camaldulensis*), E5, G7 e R9 (*E. urophylla*), P7 (*E. urophylla* x *tereticornis*); 2/ BO = Belo Oriente, CJ = Coração de Jesus e GN = Guanhães, Valores seguidos por uma mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; Valores seguidos por uma mesma letra minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; 3/ Média dos clones em cada sítio; 4/ns = não significativo, * significativo a 1 %, **significativo a 5 % e *** significativo a 10 %; 5/Diferença Mínima Significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e 6/Coefficiente de variação de médias de clones.

Quadro 4C. Coeficientes de utilização biológica de macronutrientes secundários nas folhas, galhos, casca, lenho, copa e tronco para clones de *Eucalyptus* aos 47 meses de idade, cultivados em três regiões edafoclimáticas de Minas Gerais

CUB - Coeficientes de Utilização Biológica (kg de massa seca/kg de nutrientes)									
^{1,2} Clones/ Locais	Ca			Mg			S		
	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN
Folhas									
A1	181Ba	173Aa	237ABb	534ABa	417Aa	386Aa	1589ABa	935Aa	1242Aa
C3	172Ba	155ABa	229ABb	715ABa	530Aa	583ABa	1222Aa	971Aa	438Aa
E5	163Ba	157ABa	214Ab	1243Bb	561Aa	507ABa	1614ABa	1103Aa	1553Aa
G7	277Ca	135ABb	225ABc	738ABa	442Aa	363Aa	3480Bb	1060Aa	1070Aa
R9	237Cb	164Aa	239ABb	605ABa	592Aa	537ABa	1321Aa	1003Aa	1005Aa
P7	110Aa	106Ba	275Bb	462Aa	389Aa	1253Bb	1153Aa	1098Aa	1326Aa
³ Média	190	148	236	719	489	605	1730	1028	1106
⁴ F _{clone}		*			ns			ns	
⁴ F _{local}		*			***			**	
⁴ F _{clone x local}		*			**			ns	
⁵ DMS _{clone}		51			746			2143	
⁵ DMS _{local}		42			606			1741	
⁶ CV (%)		10,93			50,34			67,72	
Galhos									
A1	208Ab	130Aa	286ABc	1079Aa	746Aa	1855Bb	8265Bb	1901Aa	4203Aa
C3	189Aa	134Aa	331BCb	1545ABa	1231ABa	2260Bb	4111Aa	1590Aa	3768Aa
E5	241Ab	155Aa	388Cc	1131Aa	905ABa	2077Bb	6465ABa	1999Ab	9859Bc
G7	228Ab	110Aa	294ABb	1590ABab	1236ABa	2008Bb	8687Ba	1910Ab	4878Ac
R9	191Aa	180Aa	246ABa	1050Aa	934ABa	1128Aa	5665ABa	3421Aa	3645Aa
P7	161Aa	148Aa	280Ab	1924Ba	1478Ba	3054Cb	4623Aab	1962Aa	6679ABb
³ Média	203	143	304	1387	1088	2064	6303	2131	5505
⁴ F _{clone}		*			*			*	
⁴ F _{local}		*			*			*	
⁴ F _{clone x local}		*			*			*	
⁵ DMS _{clone}		85			597			3619	
⁵ DMS _{local}		69			485			2941	
⁶ CV (%)		16,01			16,07			31,70	
Casca									
A1	53ABa	62BCa	74Aa	486ABa	533Ba	715Bb	7001Ab	1906Aa	4171Aab
C3	33Aa	30Aa	67Ab	378Aa	287Aa	398Aa	4002Aa	1853Aa	4602Aa
E5	66BCa	87CDa	83Aa	593BCa	744Cb	1004Cc	6693Ab	1809Aa	7909Ab
G7	48ABab	37ABa	74Ab	691CDa	544Bb	702Bb	6792Ab	1865Aa	5242Aab
R9	91Ca	121Eb	117Bb	566BCa	461Ba	541Aa	5997Ab	1853Aa	3689Aab
P7	65BCa	100DEb	132Bc	831Da	869Ca	809Ba	4465Aa	1901Aa	5282Aa
³ Média	59	73	91	591	573	695	5825	1864	5149
⁴ F _{clone}		*			*			ns	
⁴ F _{local}		*			*			*	
⁴ F _{clone x local}		*			*			ns	
⁵ DMS _{clone}		31			157			5084	
⁵ DMS _{local}		26			127			4131	
⁶ CV (%)		17,28			10,31			48,35	

Quadro 4C, Cont.

1,2/Clones/ Locais	Ca			Mg			S		
	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN	BO	CJ	GN
Lenho									
A1	1331Bb	601Aa	1307Ab	5810ABb	3751Aa	5670Ab	9736Bb	2275Aa	4344Aa
C3	870ABa	514Aa	1487Ab	5419Ab	3309Aa	5647Ab	4288Aa	2512Aa	5070Aa
E5	1027ABab	682Aa	1150Ab	7294BCb	4075Aa	7425Bb	8737ABb	2684Aa	7218Ab
G7	782Aa	413Aa	1257Ab	7932Ca	3802Ab	6434ABc	5445ABa	2610Aa	4021Aa
R9	1057ABab	675Aa	1207Ab	6151ABb	4004Aa	4992Aab	3996Aa	2481Aa	4401Aa
P7	839Aab	577Aa	1195Ab	5690Aa	3799Ab	7540Bc	4253Aab	2420Aa	7653Ab
³ Média	984	577	1267	6383	3790	6285	6076	2497	5451
⁴ F _{clone}		ns			*			***	
⁴ F _{local}		*			*			*	
⁴ F _{clone x}		ns			*			**	
⁵ DMS _{clone}		486			1510			5077	
⁵ DMS _{local}		395			1227			4126	
⁶ CV (%)		21,00			11,20			44,20	
Copa									
A1	197ABa	141Ab	272ABc	821Aa	597Aa	991Aa	3622ABb	1432Aa	2743ABab
C3	184ABa	138Aa	297ABb	1230Aa	980Aa	1313ABa	2704Aa	1417Aa	1271Aa
E5	213Ba	156Ab	314Bc	1128Aa	765Aa	1094ABa	3525Aab	1621Aa	3927Bb
G7	239Bb	116Aa	272ABb	1179Aa	808Aa	908Aa	5464Bb	1545Aa	2509ABa
R9	205Bab	174Aa	244Ab	832Aa	762Aa	872Aa	2629Aa	1686Aa	2068ABa
P7	138Aa	126Aa	277ABb	910Aa	691Aa	1669Bb	2228Aa	1486Aa	2718ABa
³ Média	196	142	279	1017	767	1141	3362	1531	2539
⁴ F _{clone}		**			**			**	
⁴ F _{local}		*			*			*	
⁴ F _{clone x local}		*			***			***	
⁵ DMS _{clone}		65			588			2344	
⁵ DMS _{local}		53			477			1905	
⁶ CV (%)		12,97			24,53			38,51	
Tronco									
A1	362Aab	266ABCa	494Ab	2617ABa	2028Bb	3375BCc	9282Bb	2211Aa	4326Aa
C3	244Aa	148Aa	508Ab	2320Ab	1275Aa	2561Ab	4251Aa	2384Aa	5012Aa
E5	408ABab	348CDa	499Ab	3361Ca	2498Bb	4509Dc	8386ABb	2508Aa	7273Ab
G7	317Aa	168ABb	484Ac	3925Cb	2050Ba	3543BCb	5415ABa	2470Aa	3681Aa
R9	568Bab	463Da	698Bb	3411Cb	2266Ba	3027ABb	4040Aa	2399Aa	4326Aa
P7	332Aa	324BCDa	620ABb	3257BCa	2451Bb	3921CDc	4238Aab	2315Aa	7178Ab
³ Média	372	286	551	3148	2095	3489	5935	2381	5299
⁴ F _{clone}		*			*			***	
⁴ F _{local}		*			*			*	
⁴ F _{clone x local}		ns			*			***	
⁵ DMS _{clone}		169			676			4987	
⁵ DMS _{local}		137			549			4052	
⁶ CV (%)		17,09			9,46			44,72	

1/ A1 (*E.urophylla* x sp.), C3 (*E. grandis* x *camaldulensis*), E5, G7 e R9 (*E. urophylla*), P7 (*E. urophylla* x *tereticornis*); 2/ BO = Belo Oriente, CJ = Coração de Jesus e GN = Guanhães, Valores seguidos por uma mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; Valores seguidos por uma mesma letra minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; 3/ Média dos clones em cada sítio; 4/ns = não significativo, * significativo a 1 %, **significativo a 5 % e *** significativo a 10 %; 5/Diferença Mínima Significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e 6/Coefficiente de variação de médias de clones.

APÊNDICE D

- Média dos dados do Capítulo III -

Quadro 1 D. Altura média dos clones de eucaliptos cultivados em ambiente com exclusão das águas de chuva (CE) e sem exclusão (SE), no município de Coração de Jesus – MG, nas idades de 22 a 51 meses após o plantio

Idade (meses)	^{1/} Clones							
	A1		C3		R9		P7	
	CE	SE	CE	SE	CE	SE	CE	SE
----- Altura (m) -----								
22	10,46	10,17	9,78	9,65	10,71	10,56	7,90	7,54
28	13,31	13,67	12,25	11,64	13,45	14,25	10,14	10,87
34	14,18	14,90	13,03	12,99	14,38	14,67	10,65	11,03
40	15,89	16,79	14,57	14,36	16,03	17,21	12,20	12,95
46	15,89	16,79	14,57	14,36	16,03	17,21	12,22	12,95
51	17,90	19,06	16,06	16,21	18,25	18,87	13,57	13,88

^{1/} A1 (*E.urophylla* x sp.), C3 (*E. grandis* x *camaldulensis*), R9 (*E. urophylla*), P7 (*E. urophylla* x *tereticornis*); CE = com exclusão de 30 % da precipitação; SE = sem exclusão de precipitação.

Quadro 2 D. Diâmetro a altura do Peito (DAP) dos clones de eucaliptos cultivados em ambiente com exclusão das águas de chuva (CE) e sem exclusão (SE), no município de Coração de Jesus – MG, nas idades de 22 a 51 meses após o plantio

Idade (meses)	^{1/} Clones							
	A1		C3		R9		P7	
	CE	SE	CE	SE	CE	SE	CE	SE
----- DAP (cm) -----								
22	9,00	8,90	8,18	8,09	8,59	8,55	6,75	6,78
28	10,60	10,80	9,42	9,35	10,06	10,28	8,08	8,38
34	10,80	11,10	9,56	9,77	10,27	10,52	8,15	8,43
40	11,70	12,40	9,87	10,16	11,00	11,56	8,82	9,41
46	12,00	12,50	9,83	10,14	11,16	11,60	8,74	9,36
51	12,70	13,80	9,84	10,31	11,66	12,16	9,45	10,08

^{1/} A1 (*E.urophylla* x sp.), C3 (*E. grandis* x *camaldulensis*), R9 (*E. urophylla*), P7 (*E. urophylla* x *tereticornis*); CE = com exclusão de 30 % da precipitação; SE = sem exclusão de precipitação.

Quadro 3 D. Diâmetro quadrático médio (q) dos clones de eucaliptos cultivados em ambiente com exclusão das águas de chuva (CE) e sem exclusão (SE), no município de Coração de Jesus – MG, nas idades de 22 a 51 meses após o plantio

Idade (meses)	^{1/} Clones							
	A1		C3		R9		P7	
	CE	SE	CE	SE	CE	SE	CE	SE
	q (cm)							
22	8,98	8,89	8,23	8,12	8,62	8,62	6,77	6,82
28	10,62	10,87	9,46	9,38	10,10	10,35	8,10	8,43
34	10,80	11,12	9,61	9,79	10,31	10,60	8,17	8,48
40	11,74	12,44	9,92	10,19	11,04	11,64	8,83	9,46
46	12,05	12,58	9,88	10,18	11,20	11,69	8,76	9,40
51	12,73	13,82	9,90	10,34	11,71	12,25	9,47	10,12

^{1/} A1 (*E.urophylla* x sp.), C3 (*E. grandis* x *camaldulensis*), R9 (*E. urophylla*), P7 (*E. urophylla* x *tereticornis*); CE = com exclusão de 30 % da precipitação; SE = sem exclusão de precipitação.

Quadro 4 D. Área Basal dos clones de eucaliptos cultivados em ambiente com exclusão das águas de chuva (CE) e sem exclusão (SE), no município de Coração de Jesus – MG, nas idades de 22 a 51 meses após o plantio

Idade (meses)	^{1/} Clones							
	A1		C3		R9		P7	
	CE	SE	CE	SE	CE	SE	CE	SE
	Área Basal (m ² ha ⁻¹)							
22	7,03	6,90	5,91	5,75	6,48	6,48	4,00	4,06
28	9,84	10,31	7,81	7,68	8,90	9,34	5,72	6,20
34	10,17	10,78	8,06	8,37	9,27	9,80	5,82	6,27
40	12,04	13,51	8,59	9,06	10,63	11,82	6,81	7,80
46	12,68	13,82	8,53	9,04	10,94	11,92	6,70	7,71
51	14,14	16,66	8,54	9,34	11,96	13,10	7,82	8,93

^{1/} A1 (*E.urophylla* x sp.), C3 (*E. grandis* x *camaldulensis*), R9 (*E. urophylla*), P7 (*E. urophylla* x *tereticornis*); CE = com exclusão de 30 % da precipitação; SE = sem exclusão de precipitação.