



**CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS E NUTRICIONAIS
DE CLONES DE EUCALIPTO SUBMETIDOS A NÍVEIS DE
NITROGÊNIO E POTÁSSIO**

LILIANE ROQUE PINTO

2016

LILIANE ROQUE PINTO

**CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS E NUTRICIONAIS
DE CLONES DE EUCALIPTO SUBMETIDOS A NÍVEIS DE
NITROGÊNIO E POTÁSSIO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Prof. D.Sc. Joilson Silva Ferreira

Coorientadora

Prof. D.Sc. Paula Acácia Silva Ramos

**VITÓRIA DA CONQUISTA
BAHIA-BRASIL**

P726c

Pinto, Liliane Roque.

Características morfofisiológicas e nutricionais de clones de eucalipto submetidos a níveis de nitrogênio e potássio./ Liliane Roque Pinto, 2016.

76f.: il.; algumas col.

Orientador (a): D.Sc. Joilson Silva Ferreira.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração Fitotecnia. Vitória da Conquista, 2016.

Inclui referências. 61 a 72

1. Eficiência nutricional. 2. Nutrição animal. 3. Produção vegetal. I. Ferreira, Joilson Silva. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. T.

CDD: 634.97342

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
Área de Concentração em Fitotecnia

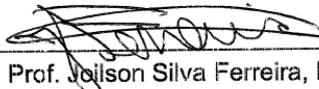
Campus de Vitória da Conquista – BA

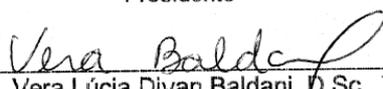
DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

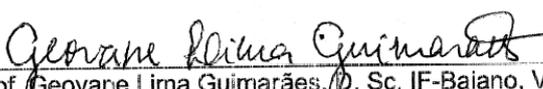
**Título: "CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS E
NUTRICIONAIS DE CLONES DE EUCALIPTO SUBMETIDAS A
DOSES DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO"**

Autor: Liliane Roque Pinto

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM FITOTECNIA, pela Banca Examinadora:


Prof. Jailson Silva Ferreira, D.Sc., UESB
Presidente


Prof. Vera Lúcia Divan Baldani, D.Sc., EMBRAPA


Prof. Geovane Lima Guimarães, D. Sc. IF-Baiano, Valença

Data de realização: 18 de fevereiro de 2016.

Estrada do Bem Querer, Km 4 – Caixa Postal 95 – Telefone: (77) 3425-9383
– Fax: (77) 3424-1059 – Vitória da Conquista – BA – CEP: 45031-900
e-mail: ppgagronomia@uesb.edu.br

"Porque o Senhor dá a sabedoria; da sua boca procedem o conhecimento e o entendimento."

Provérbios 2,6.

*A Deus, pelo dom da vida.
Aos meus pais, Luiz Antônio e M^a Lúcia,
pelo amor, incentivo e exemplo de caráter.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, por seu meu refúgio nos momentos de adversidade, sendo fonte de sabedoria e paciência. A Ele, também, pela criação da natureza que tanto nos instiga e alegra como pesquisadores;

Aos meus pais, Luiz Antônio e Maria Lúcia, pelo amor, zelo e confiança, fazendo-me entender os propósitos de Deus em todas as situações.

Aos meus irmãos Luciano e Lucinéia, pelo incentivo e orgulho de ver a irmã tornando-se mestre;

Ao meu noivo Marcos, pelo carinho e apoio constante;

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), pela formação profissional, e em especial ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia;

Ao meu orientador Joilson Silva Ferreira, pela oportunidade, orientação, confiança e grandes ensinamentos;

À minha coorientadora Paula Acácia Silva Ramos, pelo apoio, carinho e contribuição no desenvolvimento desta pesquisa;

Aos professores do Programa de Pós-Graduação, em especial, à professora Sylvana Matsumoto, Anselmo Viana, Otoniel Morais e Mauro Figueiredo, pelo laboratório e equipamentos cedidos para a realização das análises;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo;

Aos funcionários da Diretoria do Campo Agropecuário (DICAP), pela colaboração na instalação e condução do experimento;

Aos colegas e amigos da Pós-Graduação: Larissa Rocha, Thiago Prado, Yuri Amorim, Janderson Lacerda, Daniela Ribeiro, Suzany Leite, Rita de Cássia Antunes, Bruna Madureira, Jerffson Santos, Jefferson Gomes e Rayka Santos, pela convivência, conselhos e contribuições nesta pesquisa;

À estagiária do Laboratório de Melhoramento Florestal, Kauanne Almeida, pelo grande auxílio na condução e avaliação do experimento;

Aos membros da banca examinadora, pela participação e sugestões na melhoria deste trabalho;

A todos aqueles que me ajudaram na realização deste trabalho, muitíssimo obrigada!

RESUMO GERAL

PINTO, L. R. **CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS E NUTRICIONAIS DE CLONES DE EUCALIPTO SUBMETIDOS A NÍVEIS DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO.** Vitória da Conquista-BA: UESB, 2016. 76 p. Dissertação - Mestrado em Agronomia, Área de Concentração em Fitotecnia)*.

A Bahia se destaca no cenário nacional com grandes plantações de eucalipto, entretanto, pesquisas neste estado ainda devem ser desenvolvidas em relação à eficiência nutricional de híbridos comumente cultivados na região Sudoeste da Bahia e as adequadas doses de nitrogênio e potássio que devem ser incorporados no solo. Diante disso, este trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento do clone AEC 144 (híbrido espontâneo de *E. urophylla*) e do clone AEC 1528 (*E. urophylla* x *E. grandis*) a diferentes níveis de N e K em Vitória da Conquista-BA. O estudo foi desenvolvido em Delineamento em Blocos Casualizados, em arranjo fatorial 4 x 4, sendo composto por quatro níveis de nitrogênio (0, 40, 80, 120 mg dm⁻³), aplicados na forma de ureia e quatro níveis de potássio (0, 30, 60, 90 mg dm⁻³), utilizando o cloreto de potássio. O experimento constou de 16 tratamentos, com 4 repetições, totalizando 64 parcelas. O efeito da adubação nitrogenada e potássica foram estimados aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos por meio das seguintes avaliações: altura da parte aérea; diâmetro de caule; número de folhas; área foliar; massa seca da parte aérea; massa seca de raiz; índice SPAD (Soil Plant Analysis Development); fotossíntese líquida; concentração interna de CO₂ na câmara subestomática; condutância estomática; taxa de transpiração; temperatura interna da folha; percentagem de N foliar e atividade da enzima redutase do nitrato. Os dados foram submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade de variância e, posteriormente, à análise de variância. Os modelos para as interações significativas de N e K e para os níveis isoladas de N nas características avaliadas foram definidos a partir da análise de variância da regressão. Foi realizada também a correlação de Pearson a 5% de probabilidade. Os clones AEC 144 e AEC 1528 responderam à fertilização nitrogenada e potássica, com alterações nas variáveis dependentes, demonstrando crescimento inicial desejável. Houve efeito da interação entre as doses de N e K sobre as características morfológicas e fisiológicas dos clones AEC 144 e AEC 1528. Para o clone AEC 144, as doses recomendadas de nitrogênio estão entre 40 e 120 mg dm⁻³ e as de potássio entre 60 e 90 mg dm⁻³. Para o clone AEC 1528, as doses recomendadas estão entre 40 e 120 mg dm⁻³ de N e 84 e 90 mg dm⁻³ de K.

Palavras-chave: Eficiência nutricional, nutrição mineral, produção vegetal.

*Orientador: Joilson Silva Ferreira, D. Sc.- UESB e Coorientadora: Paula Acácia Silva Ramos D. Sc.- UESB.

ABSTRACT

PINTO, L. R. **MORPHOPHYSIOLOGICAL AND NUTRITIONAL CHARACTERISTICS EUCALYPTUS CLONES SUBMITTED TO LEVELS OF NITROGEN AND POTASSIUM.** Vitória da Conquista-BA: UESB, 2016. 76 f. (Dissertation - Master's degree in Agronomy, Field of Study: Phytotechny).*

Bahia stands out on the national scene with large eucalyptus plantations, however, research in this State should be further developed in relation to the nutritional efficiency of commonly grown hybrid in the Southwest Bahia region and appropriate levels of nitrogen and potassium to be incorporated into the soil. Thus, this study aimed to evaluate the behavior of clone ACE 144 (spontaneous hybrid of *E. urophylla*) and the clone ACE 1528 (*E. urophylla* x *E. grandis*) at different levels of N and K in Vitoria da Conquista, Bahia. The study was conducted in Delineation in blocks randomized in a factorial 4 x 4, being made of four nitrogen levels (0, 40, 80, 120 mg dm⁻³) applied as urea and four potassium levels (0, 30, 60, 90 mg dm⁻³) using potassium chloride. The experiment consisted of 16 treatments, with 4 repetitions, totaling 64 installments. The effect of nitrogen and potassium fertilization were estimated 90 days after application of treatments through the following ratings: shoot height; stem diameter; number of leaf; leaf area; dry mass of shoots; root dry weight; SPAD (Soil Plant Analysis Development index; net photosynthesis; internal concentration of CO₂ in the substomatal chamber; stomatal conductance; transpiration rate; internal leaf temperature; percentage of leaf N and activity of nitrate reductase enzyme. Data were subjected to the tests of normality and homogeneity of variance and subsequently, the analysis of variance. The models for the significant interactions of N and K and isolated levels in evaluated characteristics were defined from the regression analysis of variance. It also performed the Pearson correlation at 5% probability. The AEC 144 and AEC 1528 clones responded to nitrogen and potassium fertilization, with changes in the dependent variables, demonstrating desirable initial growth. There was a significant interaction between levels of N and K on the morphological and physiological characteristics of AEC and 144 AEC 1528. For the clones clone 144 AEC, the nitrogen recommended levels are between 40 and 120 mg dm⁻³ and potassium between 60 and 90 mg dm⁻³. To clone AEC 1528, the recommended doses are between 40 and 120 mg dm⁻³ N and 84 and 90 mg dm⁻³ K.

Key words: nutritional efficiency, mineral nutrition, crop production.

*Adviser: Joilson Silva Ferreira, *D. Sc.*- UESB e Coadviser: Paula Acácia Silva Ramos *D. Sc.*- UESB.

LISTAS DE FIGURAS

- Figura 1.** Diâmetro de caule (DC) do clone AEC 144 (*E. urophylla*) submetido a diferentes níveis de nitrogênio (N) e potássio (K), aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos.....28
- Figura 2.** Número de folhas (NF) e área foliar (AF) do clone AEC 144 (*E. urophylla*) submetido a diferentes níveis de nitrogênio (N) e potássio (K), aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos.....30
- Figura 3.** Massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR) do clone AEC 144 (*E. urophylla*) submetido a diferentes níveis de nitrogênio (N) e potássio (K), aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos.....32
- Figura 4.** Índice SPAD (Soil Plant Analysis Development) do clone AEC 144 (*E. urophylla*) submetido a diferentes níveis de nitrogênio (N) e potássio (K), aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos.....34
- Figura 5.** Temperatura interna da folha (*T_f*) do clone AEC 144 (*E. urophylla*) submetido a diferentes níveis de nitrogênio (N) e potássio (K), aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos.....35
- Figura 6.** Condutância estomática (*g_s*), concentração interna de carbono na câmara subestomática (*C_i*), taxa de transpiração (*E*) e fotossíntese líquida (*A*) do clone AEC 144 (*E. urophylla*) submetido a diferentes níveis de nitrogênio (N), aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos.....37
- Figura 7.** Altura da parte aérea (H) do clone AEC 144 (*E. urophylla*) submetido a diferentes níveis de nitrogênio (N), aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos.....39
- Figura 8.** Percentagem de N foliar (% N foliar) do clone AEC 144 (*E. urophylla*) submetido a diferentes níveis de nitrogênio (N), aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos.....40
- Figura 9.** Atividade da enzima redutase do nitrato (RN) do clone AEC 144 (*E. urophylla*) submetido a diferentes níveis de nitrogênio (N), aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos.....41
- Figura 10.** Diâmetro de caule (DC) do clone AEC 1528 (*E. urophylla* x *E. grandis*) submetido a diferentes níveis de nitrogênio (N) e potássio (K), aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos.....43

Figura 11. Número de folhas (NF) e área foliar (AF) do clone AEC 1528 (<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>) submetido a diferentes níveis de nitrogênio (N) e potássio (K), aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos.....	45
Figura 12. Massa seca da parte aérea (MSPA) do clone AEC 1528 (<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>) submetido a diferentes níveis de nitrogênio (N) e potássio (K), aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos.....	48
Figura 13. Índice SPAD (Soil Plant Analysis Development) do clone AEC 1528 (<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>) submetido a diferentes níveis de nitrogênio (N) e potássio (K), aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos.....	49
Figura 14. Condutância estomática (<i>g_s</i>) e fotossíntese líquida (<i>A</i>) do clone AEC 1528 (<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>) submetido a diferentes níveis de nitrogênio (N) e potássio (K), aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos.....	51
Figura 15. Taxa de transpiração (<i>E</i>) e concentração interna de carbono na câmara subestomática (<i>C_i</i>) do clone AEC 1528 (<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>) submetidos a diferentes doses de nitrogênio (N), aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos.....	53
Figura 16. Altura da parte aérea (<i>H</i>) do clone AEC 1528 (<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>) submetido a diferentes níveis de nitrogênio (N), aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos.....	54
Figura 17. Massa seca de raiz (MSR) do clone AEC 1528 (<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>) submetido a diferentes níveis de nitrogênio (N), aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos.....	55
Figura 18. Percentagem de N foliar (% N foliar) do clone AEC 1528 (<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>) submetido a diferentes níveis de nitrogênio (N), aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos.....	56
Figura 19. Atividade da enzima redutase do nitrato (RN) do clone AEC 1528 (<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>) submetido a diferentes níveis de nitrogênio (N), aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos.....	58

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AF	Área foliar (cm ²)
A	Fotossíntese líquida (μmol m ⁻² s ⁻¹)
C _i	Concentração interna de CO ₂ (μmol mol ⁻¹)
DC	Diâmetro de caule (mm)
E	Taxa de transpiração (mmol m ⁻² s ⁻¹)
g _s	Condutância estomática (mol m ⁻² s ⁻¹)
H	Altura da parte aérea (cm)
K	Potássio
MSPA	Massa seca da parte aérea (g)
MSR	Massa seca de raiz (g)
N	Nitrogênio
NF	Número de folha
% N foliar	Porcentagem de N foliar (%)
RN	Atividade da enzima redutase do nitrato (μmol NO ₂ ⁻ g ⁻¹ MF h ⁻¹)
SPAD	Índice SPAD (Soil Plant Analysis Development)
T _f	Temperatura interna da folha (°C)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 Importância da eucaliptocultura na Bahia.....	16
2.2 Descrição do clone AEC 144 (<i>E. urophylla</i>)	17
2.3 Descrição do clone AEC 1528 (<i>E. urophylla x E. grandis</i>).....	18
2.4 Adubação nitrogenada e potássica na cultura do eucalipto.....	19
2.5 Comportamento de genótipos de eucalipto submetidos a níveis de N e K.	21
3. MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1 Localização e condições meteorológicas	22
3.2 Aquisição de Mudas.....	22
3.4 Manejo do experimento	22
3.5 Delineamento experimental e tratamentos.....	23
3.6 Variáveis avaliadas	24
3.7 Análise estatística	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1 Variáveis morfofisiológicas e nutricionais do clone AEC 144.....	28
4.2 Variáveis morfofisiológicas e nutricionais do clone AEC 1528.....	43
5. CONCLUSÕES	60
6. REFERÊNCIAS	61
7. ANEXOS	73

1. INTRODUÇÃO

A área de florestas com eucalipto está em franca expansão na maioria dos estados brasileiros, devido, principalmente, ao rápido crescimento dessa espécie em ciclo de curta rotação, à alta produtividade florestal e à expansão e direcionamento de novos investimentos por parte de empresas de segmentos, que utilizam sua madeira como matéria-prima em diversos processos industriais (ABRAF, 2010).

Em 2014, a área plantada de *Eucalyptus* no Brasil totalizou 5,56 milhões de hectares, estando localizados principalmente nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Mato Grosso do Sul e Bahia (IBÁ, 2015). Nesses Estados, o principal fator que alavancou o crescimento em área de floresta plantada foi o estabelecimento de novos plantios frente à demanda futura dos projetos industriais do segmento de papel e celulose (ABRAF, 2013).

As principais espécies de eucalipto plantadas no Brasil são o *E. grandis*, *E. saligna*, *E. urophylla*, *E. viminalis*, híbridos de *E. grandis* x *E. urophylla*, *E. citriodora* e *E. camaldulensis* (CI FLORESTAS, 2015). Em razão deste elevado número de espécies e clones, o eucalipto apresenta grande possibilidade de expansão geográfica e econômica, uma vez que possuem materiais genéticos adaptados às mais diversas condições edafoclimáticas e que atende aos inúmeros requisitos tecnológicos dos mais diversos segmentos da produção industrial de base florestal (PINTO e colaboradores, 2011), como a produção de celulose, carvão, chapas, lâminas, compensados, aglomerados, madeira serrada e móveis, além de produtos não madeireiros, como óleo essencial e mel (QUEIROZ e colaboradores, 2009).

A escolha de uma espécie para implantação de um povoamento florestal deve estar associada, além das características ambientais e finalidade econômica, à demanda de nutrientes do solo e à eficiência das espécies em converter os nutrientes absorvidos em biomassa, situações fundamentais para a economia e racionalização no uso dos recursos edáficos, que podem ser

obtidos pela combinação do potencial genético das plantas com o uso eficiente dos nutrientes (PINTO e colaboradores, 2011).

O gênero *Eucalyptus* é o segundo gênero florestal com sequenciamento genômico funcional detalhado, destacando-se a importância de estudar as interações genótipo-ambiente dessa espécie (OTTO e colaboradores, 2013). Diversos trabalhos já têm constatado diferenças na eficiência nutricional entre espécies de eucalipto (SOARES e colaboradores, 2000; SANTANA e colaboradores, 2002; LIMA e colaboradores, 2005; SAMPAIO, 2014). Esse comportamento diferencial sugere a possibilidade de seleção e adaptação de genótipos de eucalipto às condições distintas de solo, além de representar um fator importante na economia ou no emprego coerente de fertilizantes (LIMA e colaboradores, 2005).

As características e quantidade de adubos a serem aplicadas dependerão das necessidades nutricionais das espécies, da fertilidade do solo, da forma de reação dos adubos com o solo, da eficiência dos adubos e de fatores de ordem econômica, assim como as recomendações de adubação devem ser definidas a nível regional para as espécies e tipos de solo mais representativos, envolvendo experimentação de campo, que devem ter por objetivo estabelecer classes de fertilidade do solo e de resposta às adubações (GONÇALVES, 1995).

Estudos já foram desenvolvidos com os clones AEC 144 e AEC 1528 avaliando o efeito da nutrição de mudas (MUNGUAMBE, 2012; GUIMARÃES e colaboradores, 2014; LAMÊGO e colaboradores, 2015). Entretanto, para estes clones, não há pesquisas avaliando as interações existentes entre o nitrogênio (N) e o potássio (K) na fase de campo. Considerando também que a ureia é uma fonte de nitrogênio que pode ser absorvida pelas plantas, estudos com este adubo tornam-se interessantes, uma vez que é o fertilizante nitrogenado mais utilizado no Brasil, devido ao seu menor custo por unidade de N em relação aos demais adubos que contêm esse nutriente (TASCA, 2011).

É de fundamental importância a pesquisa em condições de campo com os clones AEC 144 e AEC 1528 para verificar seus comportamentos, quando submetidos à adubação com N e K e seus efeitos em resposta à interação desses nutrientes. Muito embora, o nitrogênio e o potássio sejam os nutrientes mais exigidos pelas culturas, frequentemente, a resposta das plantas à adubação é mais dependente da interação entre esses elementos do que dos nutrientes isolados (MALAVOLTA e colaboradores, 1997).

Diante do exposto, associado ao fato que a Região Sudoeste da Bahia apresenta-se como promissora em áreas plantadas com espécies de eucalipto no estado, torna-se de fundamental importância trabalhos com clones que se adaptem aos fatores climáticos dessa região e apresentem um elevado potencial produtivo.

Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar características morfofisiológicas e nutricionais dos clones AEC144 (*Eucalyptus urophylla*) e AEC 1528 (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*) submetidos a níveis crescentes de nitrogênio e potássio, em Vitória da Conquista- BA.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Importância da eucaliptocultura na Bahia

A economia florestal constitui-se atualmente em uma das mais importantes atividades econômicas do País, e a Bahia situa-se entre os quatro principais estados de base florestal, possuindo 617 mil hectares plantados com espécies de eucalipto (FAEB, 2015), e com tendência de crescimento, tendo em vista que a produtividade dos plantios de eucalipto da Bahia é a maior no mundo, principalmente pelas condições edafoclimáticas regionais e pela tecnologia de ponta empregada na cultura (ABAF, 2016).

O crescimento da atividade silvicultural e a ampliação dos investimentos neste setor aumenta a importância econômica dessa atividade para a Bahia, fazendo com que o Estado seja referência na cadeia produtiva de base florestal em plantio de florestas, produção de papel e celulose, geração de energia, economia climática, sequestro de carbono, produção de móveis, madeira para construção civil, postes, compensados, painéis e outros (ABAF, 2015).

Na Bahia, a região sul se destaca como a mais dinâmica na expansão de plantações de eucalipto, devido à implantação de grandes áreas de reflorestamento para fins econômicos, por indústrias nacionais e internacionais, produtoras de papel e celulose (NOVAES e colaboradores, 2008). No entanto, outras regiões do estado também possuem perspectivas de crescimento na atividade florestal, como a região sudoeste, que é considerado um dos quatro polos madeireiros do estado (PAINEL FLORESTAL, 2016).

A crescente expansão do eucalipto na região sudoeste da Bahia deve-se, principalmente, ao fornecimento de madeira para a produção de carvão, para a indústria madeireira e para a produção de subprodutos, entretanto, independente da linha produtiva do eucalipto, os estudos relacionados aos

efeitos desse plantio na economia desta região, ainda, são incipientes (OLIVEIRA, 2009).

2.2 Descrição do clone AEC 144 (*E. urophylla*)

Dentre as espécies de eucalipto cultivadas no Brasil, o *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, além de ser uma das mais plantadas, é a que tem o maior potencial de crescimento em área, em função de sua boa produtividade e grande potencialidade para expansão nas fronteiras florestais, principalmente nas Regiões Norte e Nordeste (SCAVANACA JUNIOR; GARCIA, 2003).

O *Eucalyptus urophylla* tem sua ocorrência natural no Timor e em outras ilhas do arquipélago Indonésio, entre as latitudes de 8 a 10° e em altitudes que variam de 400 a 3.000 m. A precipitação pluviométrica média anual é compreendida entre 1.000 a 1.500 mm e a temperatura varia de 29°C nos meses mais quentes a 8°C nos meses mais frios (IPEF, 2015).

A utilização desta espécie para diversas finalidades, como produção de celulose, papel, chapas duras, serraria e carvão, aliado à tolerância ao fungo causador do cancro do eucalipto (*Cryphonectria cubensis*) são pontos favoráveis à sua ampla utilização (SCAVANACA JUNIOR; GARCIA, 2003). Além disso, o *E. urophylla* é considerada uma espécie com forte dominância apical, que responde ao espaçamento e à adubação e possui resistência ao déficit hídrico, tornando, assim, uma espécie importante para os programas de melhoramento genético (FERREIRA, 1992).

Dentre os clones procedentes do *Eucalyptus urophylla* destaca-se o genótipo AEC 144, desenvolvido pela empresa mineira Arcelormital. É um *urophylla* espontâneo com densidade de 515 kg m³, muito utilizado no Brasil como biomassa e matéria prima em serrarias (PORTAL FLORESTAL, 2014).

2.3 Descrição do clone AEC 1528 (*E. urophylla* x *E. grandis*)

O *Eucalyptus grandis* é considerada uma das espécies mais versáteis e indicadas para múltiplos usos, devido ao baixo peso específico e trabalhabilidade de sua madeira, podendo ser utilizada na construção civil, quando oriunda de plantações de ciclo longo, e para caixotaria, quando manejada em ciclos curtos (IPEF, 2015).

É uma espécie que apresenta rápido crescimento, alta produtividade, alto teor de fibras curtas, conferindo opacidade e textura lisa ao papel, boa forma do fuste e desrama natural (BATTIE LACLAU, 2013). Entretanto, sua madeira apresenta tendência de manifestar problemas de empenamento, contrações, rachaduras nas operações de desdobro e de secagem (ALZATE, 2004) e susceptibilidade ao cancro do eucalipto (MORA; GARCIA, 2000).

Porém, em condições ambientais adequadas, esta espécie apresenta um incremento volumétrico superior às demais espécies do gênero *Eucalyptus*, sendo desta maneira a mais plantada no Brasil, devido à sua plasticidade genética e por ser muito utilizada na obtenção de híbridos e em clonagem de árvores selecionadas (MORA; GARCIA, 2000).

O cruzamento, portanto, entre o *E. urophylla* e o *E. grandis* tem o objetivo de obter plantas com um bom crescimento, que é a característica principal do *E. grandis*, e com uma madeira levemente mais densa, com melhorias no rendimento e nas propriedades físicas da celulose, que são características do *E. urophylla* (CARVALHO, 2000).

Um dos clones do híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* é o clone AEC 1528 de procedência mineira, desenvolvido pela empresa Arcelomital, e considerado um genótipo tolerante ao psilídeo de concha, à ferrugem do eucalipto e indicado para regiões com baixo déficit hídrico (RS FLORESTAL, 2015). Por possuir uma densidade base de 531 kg m³, sua madeira pode ser utilizada para energia na forma de lenha, carvão e cavaco, para serraria, e como madeira tratada na forma de estacas, mourões e postes (RS FLORESTAL, 2015).

2.4 Adubação nitrogenada e potássica na cultura do eucalipto

A necessidade de adubação em plantios de eucalipto decorre do fato de que nem sempre o solo é capaz de fornecer todos os nutrientes que as plantas necessitam para um adequado crescimento (GONÇALVES, 1995). A disponibilidade do nitrogênio e do potássio e a adequada proporção entre eles no solo são, portanto, fatores importantes para o crescimento e desenvolvimento das plantas (VIANA; KIEHL, 2010).

O nitrogênio é o nutriente que se encontra em maiores concentrações nos vegetais superiores, sendo considerado um dos responsáveis por promover aumentos de produtividade em árvores de eucalipto (JESUS e colaboradores, 2012), devido à sua função, como componente estrutural de macromoléculas e enzimas (FAQUIN, 2005), participando da síntese de clorofilas, aminoácidos, proteínas, vitaminas, citocromos, ácidos nucleicos e hormônios (LIMA e colaboradores, 2009).

A deficiência de nitrogênio rapidamente inibe o crescimento vegetal, e quando desenvolve-se lentamente, é possível que as plantas tenham caules pronunciadamente delgados (TAIZ; ZEIGER, 2013), consistindo em uma característica indesejável para algumas finalidades da madeira de eucalipto.

Quando a deficiência de N é prolongada, outros sintomas podem ser visualizados nos tecidos mais velhos das árvores de eucalipto, como clorose uniforme nas folhas, as quais tomam tons mais avermelhados ou amarelados, dependendo da espécie, senescência precoce das folhas com subsequente queda das mesmas e redução de crescimento (GONÇALVES, 1995).

Entretanto, o excesso de nitrogênio também pode ser prejudicial às plantas, que podem apresentar folhagem abundante, promovendo sombreamento em demasia e interferindo no processo fotossintético, acamamento, sistema radicular pouco desenvolvido e baixo transporte de açúcares para as raízes (PRADO, 2008).

Com suprimento adequado, Rocha (2015) observou que o nitrogênio promoveu maior velocidade de enraizamento das miniestacas e acúmulo de

matéria seca das mudas formadas de *E. grandis* x *E. urophylla*. Já em plantas adultas de *E. urophylla*, a adubação nitrogenada incrementou o volume do tronco e a matéria seca da parte aérea (JESUS e colaboradores, 2012).

Embora o N tenha comprovado efeito preponderante no acúmulo de massa, muitas vezes, sua contribuição é limitada por inadequação de suprimento de K (MEGDA; MONTEIRO, 2010).

Em plantas de *E. grandis*, o potássio atua no incremento de holocelulose (SILVEIRA, 2000), no crescimento e na produção de madeira, além de influenciar positivamente características fisiológicas, como a capacidade fotossintética, as relações hídricas nas folhas, o controle dos movimentos estomáticos e as trocas gasosas foliares (BATTIE LACLAU, 2013).

As exigências de K das espécies são muito grandes, comparáveis às de N, podendo este elemento, apesar de não possuir função estrutural na vida da planta, ser essencial na ativação de importantes enzimas (MALAVOLTA, 1980), e no controle estomático, proporcionando em concentrações adequadas, maior atividade da enzima rubisco como carboxilase, devido à abertura estomática e assimilação de CO₂, promovendo maior taxa fotossintética (SILVEIRA; MALAVOLTA, 2000).

Em três clones de *E. grandis* x *E. urophylla*, o potássio contribuiu para a rustificação da muda (D'AVILA, 2008), indicando que, em genótipos melhorados, o suprimento de potássio deve ser aumentado, já que o melhoramento de plantas tem proporcionado maior fluxo de carboidratos do caule para órgãos reprodutivos, fazendo com que o caule das plantas fique mais enfraquecido, com menor espessura da parede celular, resultando em maior taxa de acamamento das plantas (PRADO, 2014).

Em árvores de eucalipto, a deficiência de potássio, semelhante ao do nitrogênio, é observada nos tecidos mais velhos, parte inferior da copa e base dos galhos, podendo provocar clorose nas pontas e margens das folhas, com necrose e queda precoce das mesmas, além de maior sensibilidade à deficiência hídrica do solo (GONÇALVES, 1995).

2.5 Comportamento de genótipos de eucalipto submetidos a níveis de N e K

Diferentes espécies de um mesmo gênero de *Eucalyptus* podem apresentar alterações em relação à absorção e utilização dos nutrientes disponíveis no solo.

Estudos relacionados às interações entre genótipo e ambiente favorecem a produtividade dos reflorestamentos, podendo um genótipo ter alta eficiência nutricional, mesmo em condições adversas de fertilidade, disponibilidade hídrica ou salinidade, obtendo produtividade satisfatória em menor espaço de tempo (CAMARGO e colaboradores, 2004).

Algumas pesquisas já foram desenvolvidas para investigar as diferenças entre as espécies de eucalipto na utilização do nitrogênio e do potássio. Clones de *E. urophylla* e *E. camaldulensis* x *E. tereticornis*, demonstraram diferenças quanto à absorção de N, sendo o híbrido de *E. camaldulensis* x *E. tereticornis*, o que apresentou os maiores rendimentos nas condições climáticas de Vitória da Conquista, BA (NOVAIS e colaboradores, 2014).

Em clones de *E. grandis* x *E. urophylla*, e *E. grandis*, Lima e colaboradores (2005) constataram diferenças entre os híbridos em relação à eficiência de absorção para o K. Sampaio (2014) também verificou diferenças entre os genótipos estudados em relação à adubação potássica, relatando que o clone 1528 foi o que apresentou crescimento superior em relação aos demais clones avaliados.

Em plantios clonais de oito híbridos de *E. grandis* x *E. urophylla*, Neves (2000) também verificou diferenças na eficiência nutricional entre os clones estudados quanto à produção de biomassa de lenho e tronco.

Diante do exposto, pressupõe-se que a adubação nitrogenada e potássica promovam alterações nas plantas de eucalipto, de modo que estas apresentem crescimento desejável durante a fase inicial após o plantio no campo, sendo mantido até a fase final do plantio, na colheita florestal.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e condições meteorológicas

O experimento foi realizado no período de fevereiro a maio de 2015, em casa de vegetação, na área experimental da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), município de Vitória da Conquista, região Sudoeste do Estado da Bahia. O município está localizado entre as coordenadas 14° 51' Latitude Sul e 40° 50' Longitude Oeste, a uma altitude média de 941 metros (SANTOS e colaboradores, 2011).

A classificação do clima, segundo Köppen, é do tipo Cwa (tropical de altitude), com precipitação média anual de 717 mm, concentrada nos meses de novembro a março, e temperatura média anual de 19,6°C, com a média mínima de 15,1°C e máxima de 23,5°C (SEPLANTEC/CEI, 1994).

3.2 Aquisição de Mudas

As mudas foram adquiridas do viveiro Vereda Clone Florestal, situado no município de Águas Vermelhas, Estado de Minas Gerais. Foram utilizadas mudas de eucalipto provenientes de dois clones dos seguintes genótipos: AEC 144 (híbrido espontâneo de *Eucalyptus urophylla*) e AEC 1528 (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*). As mudas utilizadas foram padronizadas quanto a idade (90 dias), e ao número de pares de folhas (4 a 5).

3.3 Manejo do experimento

O solo utilizado para o plantio das mudas é classificado como um LATOSSOLO AMARELO Distrófico (EMBRAPA, 2013), o qual foi analisado quimicamente por meio de amostras de solo, coletada na camada arável (0-0,2 m), e analisadas pelo Laboratório de Química do Solo do

Departamento de Engenharia Agrícola e Solos (DEAS) da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, de acordo com a metodologia proposta pela EMBRAPA (1997) (Tabela 1 em anexo).

Após a realização da análise química do solo, o mesmo foi corrigido nutricionalmente, conforme recomendações de Barros e Novais (1999), com superfosfato simples, sendo esta fonte de P (18% de P_2O_5), Ca (16% de cálcio) e S (8% de enxofre).

Após o preenchimento dos vasos plásticos com o solo (18 dm^3 de solo), uma muda por vaso foi transplantada e mantida na casa de vegetação para aclimação por um período de 15 dias. Decorrido este período, cada unidade experimental recebeu os tratamentos designados. Os diferentes níveis de nitrogênio (N) e potássio (K) foram aplicados em cobertura, coroando a planta, conforme orientações de Belote e Neves (2001) para aplicação de N e K em eucalipto.

Após a aplicação dos adubos, o solo foi umedecido para maior incorporação destes no solo e maior eficiência na absorção. As irrigações foram realizadas no momento do transplante e durante todo o período de condução do experimento, diariamente, com volume igual de água para todas as unidades experimentais, mantendo a capacidade de campo.

3.4 Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi instalado em delineamento em blocos casualizados, em arranjo fatorial 4×4 , sendo composto por quatro níveis de nitrogênio (0, 40, 80, 120 mg dm^{-3}), disponibilizados na forma de ureia ($(NH_2)_2CO$), e quatro níveis de potássio (0, 30, 60, 90 mg dm^{-3}), disponibilizado pelo Cloreto de Potássio (KCl). Cada genótipo de eucalipto (híbrido de *Eucalyptus urophylla* e híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*) foi submetido aos 16 tratamentos. Cada vaso foi considerado uma unidade experimental. O estudo foi composto por 16 tratamentos, com 4 repetições, totalizando 64 parcelas.

3.5 Variáveis avaliadas

Ao final de 90 dias, após a aplicação dos tratamentos, foram realizadas as seguintes avaliações das variáveis morfofisiológicas e nutricionais das plantas:

3.5.1 Variáveis Morfológicas:

- a) **Altura da parte aérea:** Mensurada utilizando-se fita graduada, tomando como padrão o meristema apical;
- b) **Diâmetro de caule:** Determinado através de um paquímetro digital, a uma altura aproximada de 1 cm do solo;
- c) **Número de folhas:** Determinado pela contagem direta na planta;
- d) **Área foliar:** Registrada com um integrador da marca LI-COR (modelo 3100);
- e) **Massas seca da parte aérea e da raiz:** Na casa de vegetação, a parte aérea e o sistema radicial das mudas foram separados com o auxílio de uma tesoura de poda, e foram levados para o Laboratório de Fisiologia Vegetal. O sistema radicial das mudas foi lavado visando a retirada de todos os resíduos de substrato aderidos às raízes e, em seguida, as mesmas foram acondicionadas sobre folhas de jornal em bancadas do laboratório, por um período de 12 horas, para escoamento do excesso de umidade.

As partes aérea e radicial foram acondicionadas separadamente em embalagens devidamente etiquetadas e submetidos à secagem em estufa de circulação de ar forçada, previamente aquecida a 60°C, até obter peso constante, conforme orientações de Schuurman e Goedewaagen (1971),

citados por Böhm (1979). Decorrido esse tempo, as pesagens foram efetuadas, após esfriamento, utilizando-se balança de precisão.

3.5.2 Variáveis Fisiológicas:

- a) **Índice SPAD:** Realizado com clorofilômetro portátil, modelo SPAD-502 (Soil and Plant Analysis Development) da Minolta. O índice médio de cada planta foi resultante de aferições em três pontos da folha, sendo selecionadas folhas completamente expandidas e situadas no terço médio superior da planta, adotando-se a unidade SPAD;
- b) **Trocas gasosas:** As trocas gasosas foram avaliadas com base nas seguintes variáveis: **fotossíntese líquida** ($A \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$); **concentração interna de CO₂ na câmara subestomática** ($C_i \mu\text{mol mol}^{-1}$); **condutância estomática** ($g_s \text{ mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$); **taxa de transpiração** ($E \text{ mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e **temperatura interna da folha** ($T_f \text{ }^\circ\text{C}$).

As avaliações foram realizadas com um analisador infravermelho de gases (Infrared Gas Analyser) (IRGA LI-6400, LI-COR®, Nebraska/USA). Durante a mensuração, as plantas foram submetidas a uma irradiância de 900 mmol de fótons $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$, valores determinados pela curva de saturação luminosa para o eucalipto, situando-se entre 800 e 1.000 mmol de fótons $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (SILVA, 1998). As leituras foram realizadas entre 8h e 10h e 30 min da manhã, em uma folha no terço médio de cada planta da unidade experimental.

3.5.3 Variáveis Nutricionais:

- a) **Percentagem de N foliar:** A determinação da percentagem de nitrogênio foliar foi realizada no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, pelo método Semi-micro-Kjeldahl, segundo metodologia proposta por Malavolta e colaboradores

(1997). Neste processo, amostras secas da parte aérea foram fracionadas através da trituração em moinho de facas de aço do tipo Willey e armazenadas em sacos de polietileno para serem posteriormente submetidas à digestão sulfúrica (H_2SO_4 e H_2O_2).

Do material moído, foi retirado 0,2 gramas e transferido para tubos de digestão; depois adicionou-se 2 gramas de mistura catalítica (Sulfato de sódio (Na_2SO_4) a 10% + Sulfato de cobre pentahidratado ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) a 1%) e 5 mL de ácido sulfúrico. Os tubos com as amostras e reagentes foram acondicionados no bloco digestor, dentro da capela, até atingir a temperatura de $400^\circ C$ e obtiverem a coloração límpida, transparente azulada ou esverdeada.

Após este processo, as amostras esfriaram por um período aproximado de 30 minutos, para que fossem adicionados 15 mL de água destilada no tubo para dissolver a amostra e assim proceder a destilação. Para a destilação do nitrogênio, cada tubo de ensaio foi levado ao destilador, no qual foi adicionado 20 mL de NaOH 40% para a neutralização do ácido e alcalinização do meio, e posterior liberação do nitrogênio no erlenmeyer, contendo 10 mL de ácido bórico 3% e 3 gotas de solução indicadora (0,1% vermelho de metila + 0,1% azul de metileno). Após este processo, procedeu-se a titulação com solução de ácido clorídrico 0,1 N.

- b) **Atividade da enzima redutase do nitrato:** Determinada pelo método do ensaio “*in vivo*”, conforme metodologia de Jaworski (1971), adaptada por Cairo e colaboradores (1994), para espécies arbóreas. Para essa avaliação, foram coletadas duas folhas do terceiro par superior de folhas da planta, que foram envolvidas em papel alumínio, acondicionadas em isopor e levadas para o Laboratório de Fisiologia Vegetal, onde procedeu a fragmentação dessas folhas em pedaços menores e a pesagem de 0,5 gramas.

O material fracionado foi acondicionado em tubos de ensaio contendo 5 mL do meio de incubação (solução tampão KH_2PO_4 0,1 M a pH 7,5, n-propanol 3% e KNO_3 0,1 M) e submetidas ao banho maria no escuro a 30°C, por 10 minutos. Decorrido este tempo, foi extraída uma alíquota de 1 mL dos ensaios enzimáticos e adicionada a um tubo de ensaio contendo uma segunda solução (1,0 mL de sulfanilamida 1% em HCl 1,5 M, 1,0 mL de dicloridrato de N-1-naftilenodiamina 0,02% e 1,0 mL de água destilada) e levados para o espectrofotômetro, onde foram realizadas as leituras a 540 nm.

Decorridos 60 minutos da primeira leitura, foi realizada uma nova leitura da atividade enzimática. O resultado final foi obtido a partir da subtração do valor obtido na segunda leitura aos 60 minutos, pela primeira aos 10 minutos, sendo os resultados expressos em $\mu\text{mol NO}_2^- \text{g}^{-1}$ de massa fresca h^{-1} .

3.6 Análise estatística

Para todos os dados, os testes de homogeneidade de variância (Teste de Crochan) e de normalidade da distribuição dos erros (Teste de Lilliefors) foram realizados no programa SAEG (Sistemas para Análises Estatísticas e Genéticas), versão 9.1 (SAEG, 2007). Após a verificação dos requisitos necessários para o emprego da estatística paramétrica, os dados foram submetidos à análise no programa SISVAR (Sistema de Análise de Variância), versão 5.4 (FERREIRA, 2010). A determinação dos modelos que melhor expressavam a relação entre as variáveis avaliadas e os níveis de N e K foi realizada pelo coeficiente de variação superior a 60%, pela análise de variância da regressão a 5% de probabilidade.

Os dados também foram submetidos à Correlação de Pearson a 5% de probabilidade, no programa SAEG, versão 9.1(SAEG, 2007).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Variáveis morfofisiológicas e nutricionais do clone AEC 144

Para o clone AEC 144, houve interação significativa entre nitrogênio (N) e potássio (K), para as variáveis diâmetro de caule (DC), número de folhas (NF), área foliar (AF), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), índice SPAD (Soil Plant Analysis Development) e temperatura interna da folha (*T_f*). Houve efeito de N para condutância estomática (*g_s*), concentração interna de CO₂ na câmara subestomática (*C_i*), taxa de transpiração (*E*), fotossíntese líquida (*A*), altura da parte aérea (*H*), percentagem de N foliar (% N foliar) e atividade da enzima redutase do nitrato (RN) (Tabela 2 em anexo).

Para o diâmetro do caule, a interação entre o nitrogênio e o potássio (Figura 1A e 1B) indica que houve uma resposta diferencial de um nutriente em combinação com vários níveis do segundo nutriente, que foi aplicado simultaneamente (OLSEN, 1972).

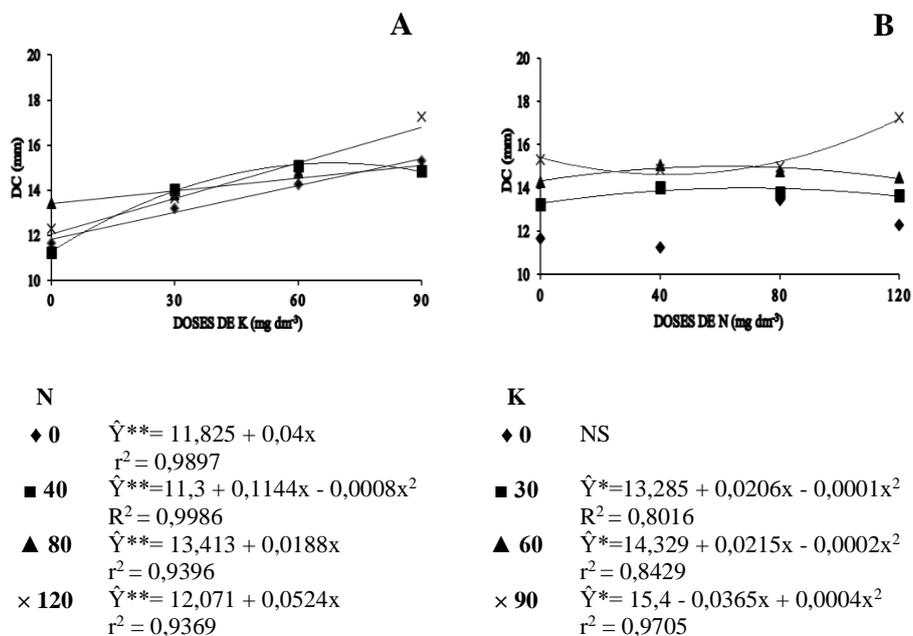


Figura 1. Diâmetro de caule (DC) do clone AEC 144 (*E. urophylla*) submetido a diferentes níveis de nitrogênio (N) e potássio (K), aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos.

**e *, Significativo a 1 e 5%, pelo teste F, respectivamente. NS: Não significativo.

As equações que explicaram o comportamento para o diâmetro de caule foram predominantemente lineares para a adubação nitrogenada e quadráticas para a adubação potássica (Figura 1A e 1B). As médias do diâmetro do caule demonstraram que o incremento máximo (16,78 mm) foi obtido quando se aplicou 120 mg dm⁻³ de N e 90 mg de K dm⁻³, maiores doses utilizadas no estudo (Figura 1A e 1B).

Os resultados indicam que, a demanda pelas plantas por nitrogênio é muito grande durante o seu crescimento e desenvolvimento (CARVALHO e colaboradores, 2011), assim também como a demanda por potássio, que é o segundo nutriente mais requerido, ficando atrás apenas do N, sendo as plantas produtoras de amido, açúcar e fibras, como é o caso do eucalipto, particularmente exigentes em K (FAQUIN, 2005).

Incrementos em diâmetro, proveniente da fertilização nitrogenada, também já foram relatados por outros autores, a exemplo de D'Avila (2008) em mudas de clones de *E. grandis* x *E. urophylla*; Tucci e colaboradores (2009), em mudas de mogno (*Swietenia macrophylla*); e Jesus e colaboradores (2012), em clone de *E. urophylla*.

Os resultados sugerem também que a aplicação de potássio em qualquer dose promoveu incrementos em diâmetro de caule superiores do que na ausência deste elemento. Gazola (2014), avaliando a adubação nitrogenada, fosfata e potássica em *E. urograndis*, verificou que a adubação potássica foi mais pronunciada em relação ao N e P, influenciando o crescimento em diâmetro, altura e volume do eucalipto, com a máxima produtividade de volume de madeira com a aplicação de 151 kg ha⁻¹ de K₂O aos 24 meses.

Plantas de eucalipto que apresentam diâmetro de caule mais pronunciado são desejáveis, já que maiores diâmetros são importantes para o equilíbrio e crescimento da parte aérea (NOVAIS e colaboradores, 2014).

Para as características número de folhas e área foliar, a interação positiva entre N e K, demonstrou que, quanto maior o suprimento destes nutrientes, maior o número de folhas e área foliar de plantas de eucalipto do clone AEC 144 (Figura 2A, 2B, 2C e 2D).

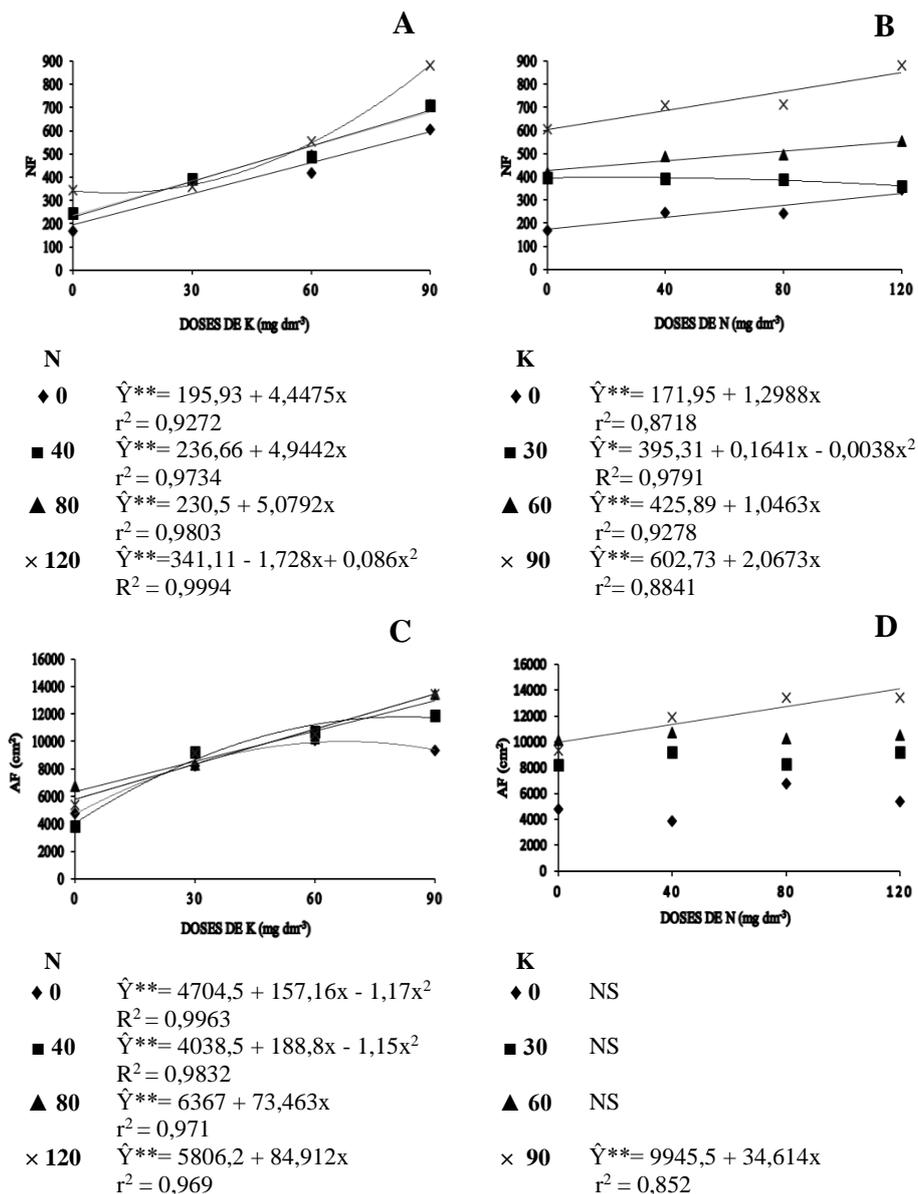


Figura 2. Número de folhas (NF) e área foliar (AF) do clone AEC 144 (*E. urophylla*) submetido a diferentes níveis de nitrogênio (N) e potássio (K), aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos.

**e *, Significativo a 1 e 5%, pelo teste F, respectivamente. NS: Não significativo.

A aplicação de ureia em plantas de eucalipto favoreceu o aumento gradativo do número de folhas em todos os níveis de N, em função das doses de K (Figura 1A). O máximo em número de folhas (882 e 850, respectivamente) foi verificado na dose de 120 mg dm⁻³ de N e 90 mg dm⁻³ de K (Figura 2A e 2B).

Os dados obtidos neste trabalho assemelham-se aos encontrados por Oliveira (2013) em plantas de pinhão manso, em que a adubação nitrogenada com ureia promoveu aumento linear do número de folhas sob o efeito da maior dose de N aplicada no solo (90 kg ha⁻¹).

Verificou-se, também, que as plantas supridas adequadamente com potássio tendem a apresentar maior número de folhas, situação inversa à encontrada em plantas deficientes deste nutriente, as quais apresentam redução da expansão foliar em relação ao tamanho e número de folhas (MARSCHNER, 2012), e senescência foliar precoce (PRADO, 2008).

Para a área foliar, obteve-se 9989,32; 11789,3; 12978,67 e 13448,28 cm², para os níveis de 0, 40, 80 e 120 mg dm⁻³ de N, respectivamente (Figura 2C). Também houve aumento linear crescente da área foliar em função das doses de K aplicadas, sendo a dose de 90 mg dm⁻³ a que obteve o máximo de crescimento da copa (14099,18 cm²) (Figura 2D).

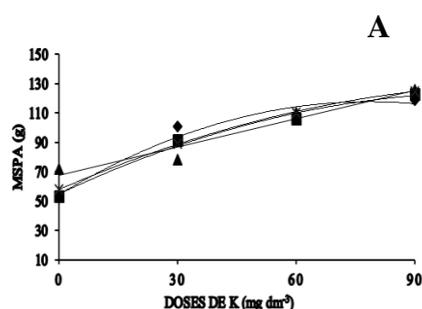
Esses dados corroboram os relatos de Marschner (2012), Jesus e colaboradores (2012) e Freiberguer (2012), de que a adubação nitrogenada promove alterações na morfologia das plantas, de modo que, em condições de alto suprimento, há aumento na área foliar.

Os dados neste trabalho indicam também a importância da fertilização potássica no aumento da área foliar, proporcionando, conseqüentemente, melhor aproveitamento da radiação, que, de acordo com Almeida e colaboradores (2007), têm promovido ganhos significativos de produtividade em plantações de *Eucalyptus* spp., devido, em grande parte, à participação do potássio no controle estomático, regulando a assimilação do carbono.

Houve correlação de Person a 5% de probabilidade entre o número de folhas e área foliar, na qual o maior número de folhas proporcionou maior

área foliar (Figura 2A, 2B, 2C e 2D). A correlação positiva entre estas duas variáveis, também foi relatada em pinhão manso (OLIVEIRA, 2013).

O estudo referente à massa seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR) indicou efeito da interação N e K, para a biomassa acumulada no período de 90 dias, para o clone AEC 144 (Figura 3A, 3B, 3C e 3D).



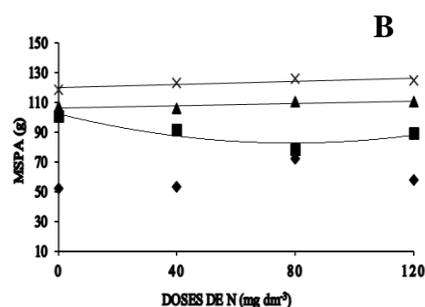
N

◆ 0 $\hat{Y}^{**} = 54,6 + 1,6117x - 0,0103x^2$
 $R^2 = 0,9571$

■ 40 $\hat{Y}^{**} = 54,93 + 1,267x - 0,0058x^2$
 $R^2 = 0,9863$

▲ 80 $\hat{Y}^{**} = 67,533 + 0,6469x$
 $r^2 = 0,9441$

× 120 $\hat{Y}^* = 57,95 + 1,172x - 0,0048x^2$
 $R^2 = 0,9997$



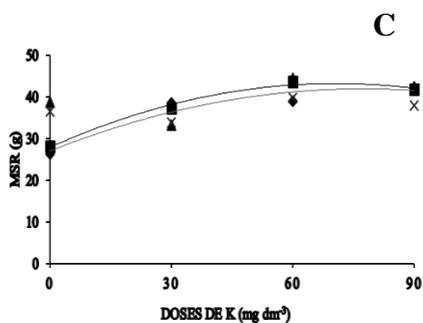
K

◆ 0 NS

■ 30 $\hat{Y}^{**} = 102,21 - 0,497x + 0,0032x^2$
 $R^2 = 0,8345$

▲ 60 $\hat{Y}^* = 106,41 + 0,0352x$
 $r^2 = 0,6537$

× 90 $\hat{Y}^* = 120,03 + 0,0538x$
 $r^2 = 0,7486$



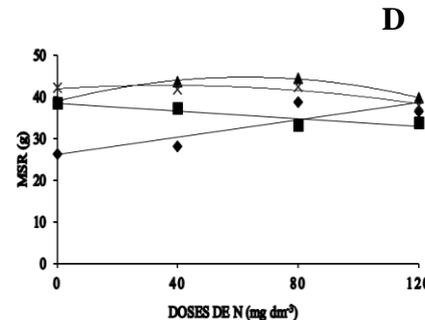
N

◆ 0 $\hat{Y}^* = 26,975 + 0,3867x - 0,0025x^2$
 $R^2 = 0,9291$

■ 40 $\hat{Y}^{**} = 27,872 + 0,435x - 0,0031x^2$
 $R^2 = 0,9878$

▲ 80 NS

× 120 NS



K

◆ 0 $\hat{Y}^{**} = 26,217 + 0,1033x$
 $r^2 = 0,7558$

■ 30 $\hat{Y}^{**} = 38,409 - 0,045x$
 $r^2 = 0,8212$

▲ 60 $\hat{Y}^* = 38,925 + 0,1856x - 0,0015x^2$
 $R^2 = 0,9951$

× 90 $\hat{Y}^{**} = 41,925 + 0,045x - 0,0006x^2$
 $R^2 = 0,8413$

Figura 3. Massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR) do clone AEC 144 (*E. urophylla*) submetido a diferentes níveis de nitrogênio (N) e potássio (K), aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos.

** e *, Significativo a 1 e 5%, pelo teste F, respectivamente. NS: Não significativo.

O máximo acúmulo de massa seca da parte aérea (MSPA) foi verificado nas doses de 120 mg dm⁻³ de N e 90 mg dm⁻³ de K, atingindo 129,48 e 126,5 gramas no desdobramento de N e K, respectivamente, indicando aumento na biomassa aérea em função dos tratamentos adotados (Figura 3A).

Incrementos da massa seca da parte aérea, semelhantes ao do presente estudo, também foram encontrados em plantas de barbatimão (*Stryphnodendron polyphyllum*) (SOUZA e colaboradores, 2014) e em mudas de *E. grandis* x *E. urophylla* (ROCHA e colaboradores, 2015), quando adubadas com nitrogênio, e em plantações de espécies do gênero *Eucalyptus* (LACLAU e colaboradores, 2009; ALMEIDA e colaboradores, 2010), quando adubadas com potássio.

Para a massa seca de raiz, verificou-se que, nos níveis de 0 e 40 mg dm⁻³ de N, o máximo acúmulo de massa aos 90 dias foi de 42 e 43 gramas, respectivamente (Figura 3C). Para a adubação potássica em função da adubação nitrogenada, o máximo em acúmulo de massa seca de raiz (44,6 g) foi verificada na dose de 60 mg dm⁻³ de K (Figura 3D).

Médias elevadas da massa de raízes em condições de baixo ou nulo fornecimento de N podem ser encontradas, não significando, entretanto, que este elemento não seja importante para o acúmulo de massa radicular. O crescimento radicular pode ser favorecido em solos deficientes de nutrientes, notadamente de N (MARSCHNER, 2012), promovendo inicialmente o alongamento do sistema radicular em detrimento das reservas da parte aérea (SOUZA; FERNANDES, 2006). No tratamento testemunha, sem adubação nitrogenada, apesar de se observar o maior volume de raízes, foi verificado menor crescimento em altura (Figura 7), área foliar (Figura 2C) e massa seca da parte aérea (Figura 3A).

Para as características massas seca da parte aérea e das raízes do clone AEC 144, verificou-se significância positiva pela correlação de Pearson a 5% de probabilidade (Figura 3), indicando um balanço entre a quantidade de fotoassimilados pela planta entre a parte aérea e raiz. Este equilíbrio deve existir já que uma maior translocação de fotoassimilados para o sistema radicular pode limitar o desenvolvimento vegetativo da parte aérea, diminuindo a área fotossinteticamente ativa (HORN e colaboradores, 2006).

Para o índice SPAD, houve interação entre N e K para o clone AEC 144 aos 90 dias (Figura 4).

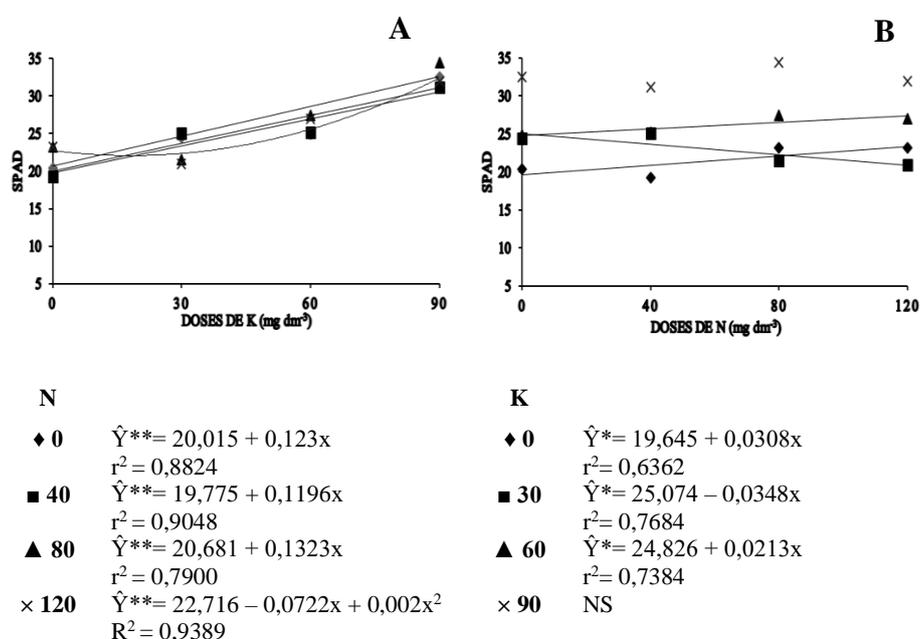


Figura 4. Índice SPAD (Soil Plant Analysis Development) do clone AEC 144 (*E. urophylla*) submetido a diferentes níveis de nitrogênio (N) e potássio (K), aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos.

**e *, Significativo a 1 e 5%, pelo teste F, respectivamente. NS: Não significativo.

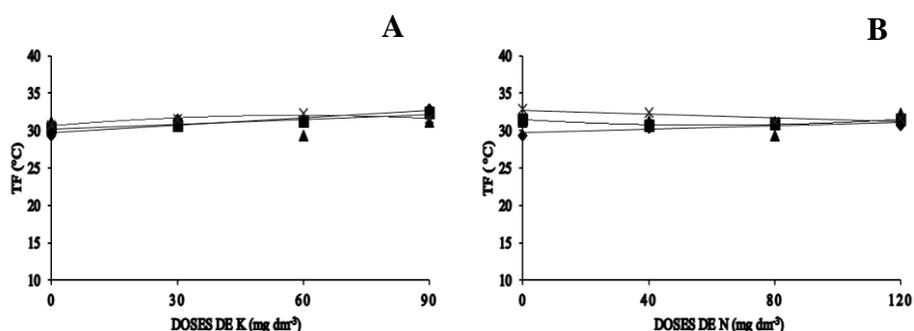
O valor máximo do índice SPAD obtido foi de 32,59 na dose de 80 mg dm⁻³ de N (Figura 4A). Para o desdobramento de K em função das doses fixas de N, verificou-se que, apesar da não obtenção de uma equação significativa para a dose de 90 mg dm⁻³ de K, as médias deste tratamento foram superiores às encontradas nos demais tratamentos avaliados (Figura

4B). Estes resultados indicam que este balanço nutricional de K e N incrementou o índice SPAD, favorecendo a formação e manutenção dos pigmentos de clorofila, o que intensifica a cor verde das folhas.

A concentração de clorofila ou intensidade da cor verde das folhas se correlaciona positivamente com a concentração foliar de N (SAMPAIO, 2014). Isso se deve ao fato de 70% do N contido nas folhas participarem da síntese e estrutura das moléculas de clorofila (MARENCO; LOPES, 2009).

Influência da adubação nitrogenada e potássica no índice SPAD também já foi relatada em outros trabalhos, como em plantas jovens de *E. urophylla*, em que a intensidade da cor verde das folhas não foi percebido visualmente, entretanto, houve diferença estatísticas entre as diferentes proporções de $\text{NO}_3^- / \text{NH}_4^+$ (0/100, 25/75, 50/50, 75/25 e 100/0) (GUIMARÃES, 2012). Ainda com plantas de eucalipto, o índice SPAD aumentou linearmente em função do aumento das doses de K_2O aos 6 e 12 meses após o plantio, havendo redução das exigências por K pela cultura aos 24 meses após o plantio (SAMPAIO, 2014).

A análise de parâmetros fisiológicos, como trocas gasosas, é fundamental para a melhor compreensão dos fatores que limitam a produtividade e/ou crescimento das plantas (DAVIES; ALBRIGO, 1994). Os dados referentes à temperatura interna foliar do clone AEC 144 foram analisados, verificando-se interação significativa entre o nitrogênio e o potássio (Figura 5A e 5B).



N		K	
◆ 0	$\hat{Y}^{**} = 29,715 + 0,0334x$ $r^2 = 0,8291$	◆ 0	$\hat{Y}^* = 29,693 + 0,012x$ $r^2 = 0,6705$
■ 40	$\hat{Y}^{**} = 30,208 + 0,0219x$ $r^2 = 0,9255$	■ 30	$\hat{Y}^* = 31,469 - 0,0256x + 0,0002x^2$ $R^2 = 0,9617$
▲ 80	NS	▲ 60	NS
× 120	$\hat{Y}^* = 30,652 + 0,047x - 0,0004x^2$ $R^2 = 0,9087$	× 90	$\hat{Y}^* = 32,744 - 0,0124x$ $r^2 = 0,7413$

Figura 5. Temperatura interna da folha (*T_f*) do clone AEC 144 (*E. urophylla*) submetido a diferentes níveis de nitrogênio (N) e potássio (K), aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos.

** e *, Significativo a 1 e 5%, pelo teste F, respectivamente.

As plantas submetidas às diferentes disponibilidades de nitrogênio e potássio apresentaram pequena variação da temperatura interna da folha (Figura 5A e 5B). Para o nível de 0, 40 e 120 mg dm⁻³ de N, a temperatura foliar foi de 32,7; 32,2 e 32,0°C. Já para os níveis de 0, 30 e 90 mg dm⁻³ de K, a temperatura foliar verificada foi de 31,1; 31,2 e 30,6°C.

A tendência dos valores encontrados demonstrou redução da temperatura foliar em função do aumento dos níveis de N e de K, pressupondo que as plantas supridas com altos teores destes nutrientes possibilitaram maior captação da radiação solar, e que, por as folhas estarem expostas a um excesso de luz, dissiparam o excedente de energia luminosa absorvido (TAIZ; ZEIGER, 2013), por meio de redução da temperatura, para que o aparato fotossintético não fosse prejudicado.

As demais variáveis de trocas gasosas, que incluem a condutância estomática, concentração interna de carbono na câmara subestomática, taxa de transpiração e fotossíntese líquida, foram influenciadas pela adubação nitrogenada, conforme figura 6.

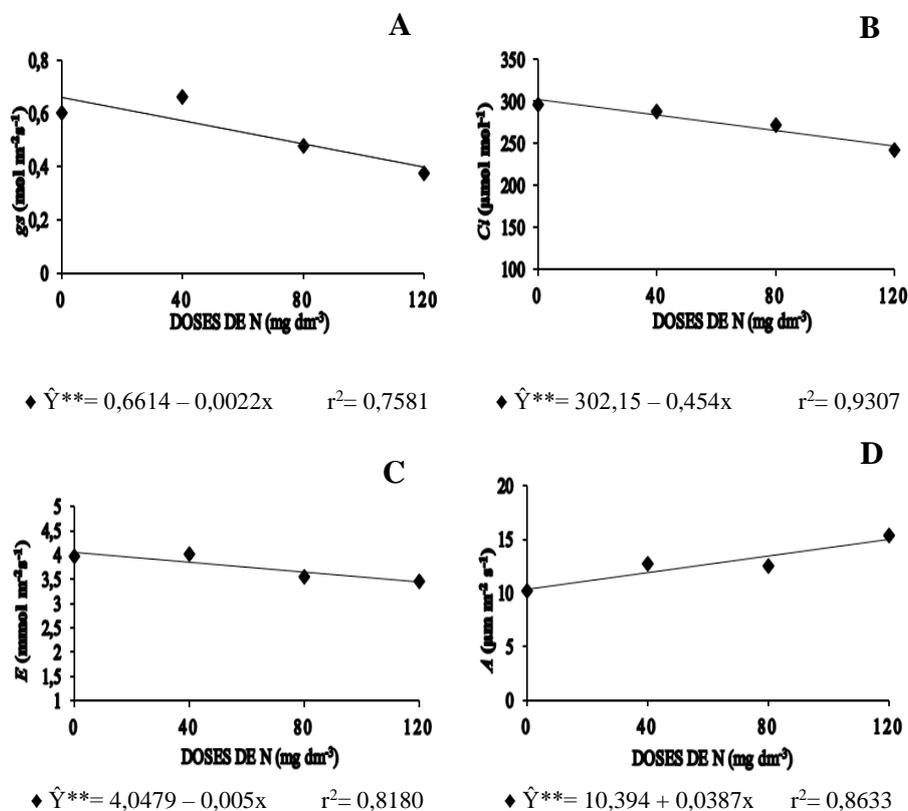


Figura 6. Condutância estomática (g_s), concentração interna de carbono na câmara subestomática (C_i), taxa de transpiração (E) e fotossíntese líquida (A) do clone AEC 144 (*E. urophylla*) submetido a diferentes níveis de nitrogênio (N), aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos.

** Significativo a 1%, pelo teste F.

Houve redução linear da condutância estomática (g_s) com o aumento do teor de N aplicado (Figura 6A), indicando uma redução da abertura estomática, com o aumento do fornecimento de N no solo.

Também em plantas de *E. urophylla*, clone AEC 144, o mesmo deste estudo, Fernandes (2012) não constatou diferenças significativas na condutância estomática das plantas submetidas a fontes nitrogenadas, sob diferentes proporções de nitrato e amônio (0/100, 25/75, 50/50, 75/25 e 100/0), indicando, segundo o autor, adaptação deste clone em uma ampla faixa de condições ecológicas.

Além de fatores nutricionais, a condutância estomática é afetada pelo índice estomático, distância entre os estômatos, grau de abertura dos ostíolos (SANTOS, 2014), radiação luminosa, temperatura, velocidade dos ventos, umidade do solo, umidade relativa do ar e concentração de CO₂ na câmara subestomática (COLL e colaboradores, 2001).

Esta influência do *g_s*, portanto, a fatores variados, pode explicar o que ocorreu neste estudo. Existe uma sensibilidade do controle de abertura estomática em relação ao gradiente de CO₂ atmosférico e o CO₂ da câmara subestomática (COLL e colaboradores, 2001). Os autores ora citados explicam que, se o gradiente aumenta, em princípio haveria maior fluxo de CO₂ em relação à demanda fotossintética, este fluxo em excesso é corrigido pelo fechamento dos estômatos, resultando em menor perda de água por transpiração, não provocando, entretanto, redução da atividade fotossintética, como verificado neste estudo (Figura 6C e 6D).

Dessa maneira, a redução da abertura estomática contribuiu para a redução linear da taxa de transpiração, e em parte, para a diminuição da concentração interna de carbono na câmara subestomática, uma vez que o carbono na câmara subestomática também foi reduzido pelo consumo no processo fotossintético (Figura 6B). Mesmo com a redução do *g_s*, *C_i* e *E* em função do aumento dos níveis de nitrogênio, houve aumento da fotossíntese em resposta à adubação nitrogenada, demonstrando que houve máxima eficiência fotossintética, provavelmente pela rubisco como carboxilase.

Incrementos na fotossíntese decorrentes da fertilização nitrogenada, semelhante a este estudo, também já foram relatados em plantas de mamona (SOARES e colaboradores, 2013) e em plantas de pinhão manso (SIMÕES e colaboradores, 2014). Estas constatações reforçam a importância do N tanto na síntese de clorofila, quanto na síntese da enzima Rubisco (ribulose 1,5 bifosfato carboxilase/oxigenase), que participa da fixação do CO₂ atmosférico em plantas C3 (PRADO, 2008), e demonstram, que o desenvolvimento e o funcionamento do sistema fotossintético das plantas são processos dependentes da assimilação de nitrogênio, e realizados a custo de

um consumo energético, compatível ao gasto na redução do carbono (ANDREEVA e colaboradores, 1998).

A fisiologia da fotossíntese, que envolve a captura da luz e sua conversão em energia e alocação do carbono, constitui a base da produtividade das plantas (HOPKINS; HÜNER, 2009). Sua medição pode ser realizada pela quantidade total de matéria orgânica fixada pela fotossíntese, corroborando este trabalho, no qual as doses de N e K tiveram efeitos positivos no teor de massa seca da parte aérea e radicial (Figura 3).

Para a altura das plantas, observou-se um comportamento quadrático em resposta à adubação nitrogenada (Figura 7).

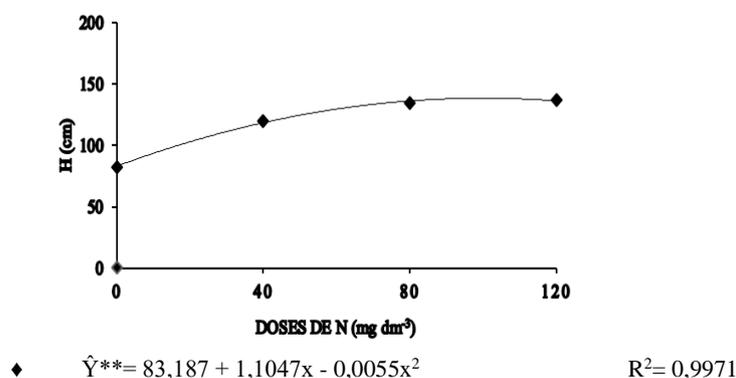


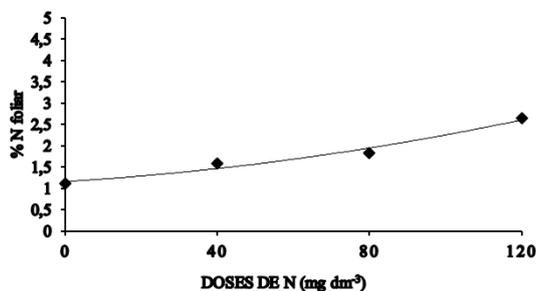
Figura 7. Altura da parte aérea (H) do clone AEC 144 (*E. urophylla*) submetido a diferentes níveis de nitrogênio (N), aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos. ** Significativo a 1%, pelo teste F.

Com o aumento do gradiente de N, foi verificado incremento na altura das plantas de eucalipto do clone AEC 144. O máximo crescimento em altura (138,7 cm) foi obtido na dose de 100,43 mg de N dm⁻³ (Figura 7). Efeitos positivos da adubação nitrogenada sobre o crescimento em altura de espécies florestais também foram observados em *Astronium fraxinifolium* (FEITOSA e colaboradores, 2011), pinhão manso (CARVALHO e colaboradores, 2011), em híbrido natural de *Eucalyptus urophylla* e em híbrido de *E. camaldulensis* x *E. tereticornis* (NOVAIS e colaboradores, 2014).

Em clones de *Eucalyptus* na região sul da Bahia, Araújo e colaboradores (2003) verificaram que o N é o nutriente mais limitante para o crescimento arbóreo, influenciando no crescimento de variáveis morfológicas, como altura, diâmetro a altura do peito, e volume de madeira.

O crescimento em altura, em função do aumento do teor de N, era esperado, uma vez que o nitrogênio é um elemento estrutural intrinsecamente relacionado ao crescimento vegetal, por ser constituinte de diversos componentes celulares, incluindo aminoácidos, proteínas e ácidos nucleicos (TAIZ; ZEIGER, 2013). Entretanto, a aplicação do N deve estar relacionada às exigências nutricionais das culturas e às condições ambientais locais, já que o excesso desse nutriente é desfavorável, podendo provocar o crescimento excessivo da parte aérea em detrimento das raízes (KERBAUY, 2012).

Para a percentagem foliar de N do clone AEC 144, observou-se um comportamento quadrático em resposta à adubação nitrogenada (Figura 8).



$$\hat{Y}^{**} = 1,1629 + 0,0054x + 5E-05x^2 \quad R^2 = 0,9771$$

Figura 8. Percentagem de N foliar (% N foliar) do clone AEC 144 (*E. urophylla*) submetido a diferentes níveis de nitrogênio (N), aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos.

** Significativo a 1%, pelo teste F.

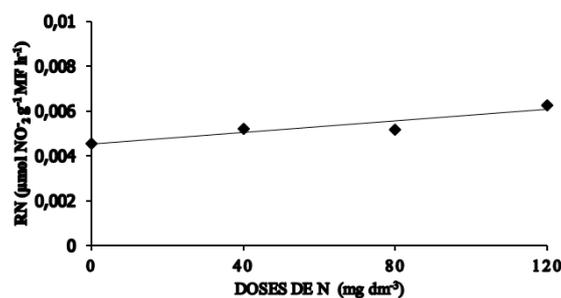
O máximo acúmulo foliar de nitrogênio (2,53% da massa seca) foi obtida na dose de 120 mg dm⁻³ de N, indicando que a adubação nitrogenada incrementa o conteúdo de N foliar.

Os dados encontrados neste estudo estão dentro da faixa dos teores foliares de N para as culturas (2 a 5% da matéria seca) (FAQUIN, 2005) e se assemelham aos encontrados por Leite e colaboradores (1998) em plantas de *E. grandis*, nas quais os autores constataram que o teor de N das folhas correspondeu a 2,13% da matéria seca, em um povoamento com densidade de 5.000 plantas ha⁻¹.

Efeitos positivos da adubação nitrogenada sobre a percentagem de N foliar em espécies florestais, semelhante a este estudo, também foram relatados por Lemos e colaboradores (1999), em plantas jovens de seringueira; e Silveira e colaboradores (2002), em híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla*.

Plantas de eucalipto com maiores percentagens de nitrogênio são desejáveis, não apenas pela função estrutural e participação deste elemento nos processos fisiológicos da planta, mas também por aspectos silviculturais. A composição química elementar da madeira, que inclui elementos como o carbono, hidrogênio, nitrogênio, oxigênio e enxofre, contribui, significativamente para o seu valor calorífico (MUNALULA; MEINCKEN, 2009), fator importante, principalmente quando a madeira é destinada para a produção de carvão.

Para a atividade da enzima redutase do nitrato, foi observado um comportamento linear crescente em função das doses de N (Figura 9).



♦ $\hat{Y}^{**} = 0,0045 + 1E-05x$ $r^2 = 0,8566$

Figura 9. Atividade da enzima redutase do nitrato (RN) do clone AEC 144 (*E. urophylla*) submetido a diferentes níveis de nitrogênio (N), aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos.

** Significativo a 1%, pelo teste F.

A máxima atividade da redutase do nitrato foi de $0,0057 \mu\text{mol NO}_2^- \text{g}^{-1} \text{MF h}^{-1}$, apresentando um incremento de 21% em relação ao tratamento sem adubação nitrogenada (Figura 9). Os valores encontrados neste estudo, apesar de crescentes, foram considerados baixos, se comparados aos encontrados em outras espécies, como em mudas de pupunheira (*Bactris gasipaes*) (OLIVEIRA e colaboradores, 2005) e em plantas de gabioba (*Campomanesia sp*) (OLIVEIRA e colaboradores, 2011).

Porém, valores baixos da atividade da RN em espécies florestais já foram relatados, como em mudas de *E. urophylla*, em que a máxima atividade observada no estudo ficou entre $0,005$ e $0,006 \mu\text{mol NO}_2^- \text{g}^{-1} \text{MF h}^{-1}$ na proporção de 50/50 de nitrato e amônio (GUIMARÃES, 2012). Já em plantas jovens de seringueira (*Hevea brasiliensis*), não foi possível detectar a atividade da RN nas folhas das plantas adubadas com diferentes proporções de $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ (LEMOS e colaboradores, 1999).

O nitrato é o principal substrato para a atividade da redutase de nitrato. Por isso, a atividade da RN é baixa, na maioria das espécies, ou não detectável, quando as plantas são cultivadas na ausência de nitrato (ANDREWS e colaboradores, 1990). Entretanto, Pessoa e colaboradores (2001), em estudos avaliando a atividade da RN em feijão (*Phaseolus vulgaris*), em resposta à adubação foliar com molibdênio, relataram que apesar de ser a ureia fonte de nitrogênio utilizada no plantio, a maior parte do amônio oriundo da degradação da ureia converteu-se a nitrato.

Pressupõem, assim, que este fato tenha ocorrido também neste estudo, já que a atividade da enzima redutase do nitrato intensificou com o aumento da concentração de N, indicando que as maiores doses de N forneceram maiores quantidades de substrato para a atividade enzimática.

4.2 Variáveis morfofisiológicas e nutricionais do clone AEC 1528

Para o clone AEC 1528, houve interação significativa entre nitrogênio (N) e potássio (K) para as variáveis: diâmetro de caule (DC), número de folhas (NF), área foliar (AF), massa seca da parte aérea (MSPA), condutância estomática (*gs*), fotossíntese líquida (*A*) e índice SPAD (Soil Plant Analysis Development). Houve efeito isolado de N para a altura da parte aérea (*H*), massa seca de raiz (MSR), concentração interna de CO₂ na câmara subestomática (*C_i*), taxa de transpiração (*E*), percentagem de N foliar (% N foliar) e atividade da enzima redutase do nitrato (RN). Não houve interação entre N e K, nem efeito isolado destes nutrientes para a temperatura interna da folha (*T_f*) (Tabela 3 em anexo).

Para o diâmetro de caule (DC), a interação entre N e K foi positiva (Figura 10). Geralmente, quanto maior o suprimento de N, maior o aumento de produtividade, devido ao K (ROSOLEM, 2005).

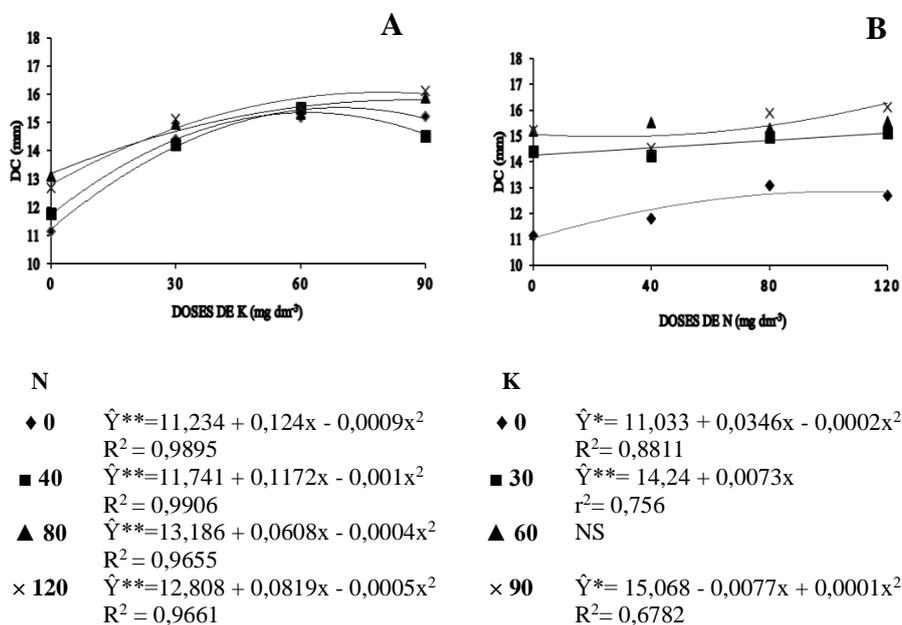


Figura 10. Diâmetro de caule (DC) do clone AEC 1528 (*E. urophylla* x *E. grandis*) submetido a diferentes níveis de nitrogênio (N) e potássio (K), aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos.

**e *, Significativo a 1 e 5%, pelo teste F, respectivamente. NS: Não significativo.

Houve efeito predominantemente quadrático da adubação nitrogenada no aumento do diâmetro de caule (DC) aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos (Figura 10). O máximo incremento em diâmetro do caule (16,2 mm) foi verificado na dose de 120 mg dm⁻³ de N na dose estimada de 70 mg dm⁻³ de K. Já a dose de 90 mg dm⁻³ de K atingiu o máximo diâmetro (15,58 mm) na maior dose de N. Estes valores foram 4,32% e 19,58%, superior ao diâmetro observado no tratamento testemunha para N e para K, respectivamente.

Os resultados encontrados neste estudo com o clone AEC 1528 corroboram outros trabalhos com espécies florestais. Em plantas de pinhão manso, a dose de 80 Kg ha⁻¹ de N foi a que promoveu ganhos de crescimento mais expressivos, para altura de plantas e diâmetro caulinar (OLIVEIRA; BELTRÃO, 2010). Em plantas de eucalipto, Gazola (2014) verificou que a dose estimada de 84 kg ha⁻¹ de N promoveu o máximo diâmetro à altura do peito (DAP) (10,7 cm), sendo este 9,4% superior ao tratamento testemunha.

Incrementos em variáveis morfológicas, proveniente da fertilização nitrogenada, ressaltam a importância da adubação mineral com N, especialmente em solos com baixos teores de matéria orgânica, como o verificado neste estudo (10 g dm⁻³) (Tabela 1 em anexo).

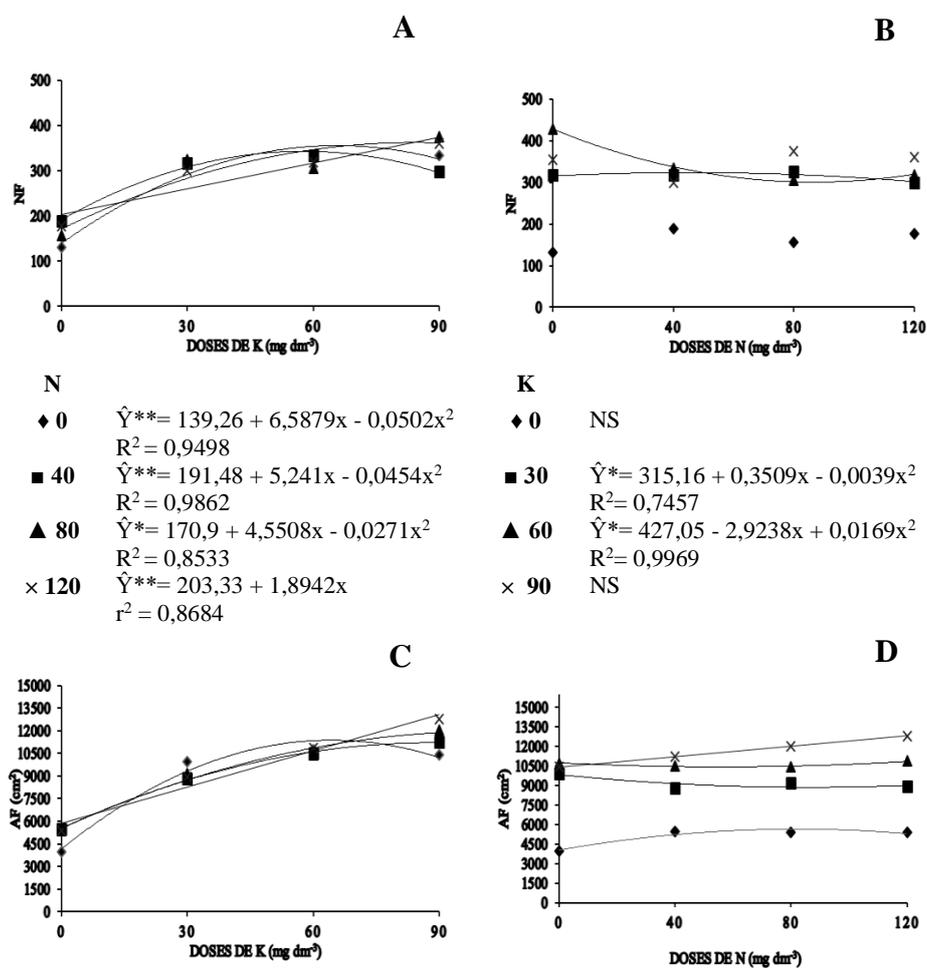
Embora as recomendações para a fertilização nitrogenada, para florestamentos com espécies de *Eucalyptus*, seja de 60 kg ha⁻¹ N em solos com concentrações de matéria orgânica entre 0-15 g dm⁻³ (GONÇALVES, 1995), Araújo e colaboradores (2003) sugerem que as doses de N em solos com baixos teores de matéria orgânica sejam mais elevadas que as comumente utilizadas (> 150 kg ha⁻¹ de N) para que plantas do gênero *Eucalyptus* aumente a eficiência de respostas à adubação nitrogenada. Este relato é comprovado neste estudo, em que a máxima produtividade foi obtida na maior dose de N aplicada (120 mg dm⁻³).

O efeito significativo do potássio no crescimento em diâmetro das plantas do clone AEC 1528 (Figura 10) indica que este elemento está relacionado ao engrossamento do caule (GONÇALVES, 1995), cujas plantas

bem nutridas com potássio apresentaram maior síntese de material para a formação da parede celular (SILVEIRA; MALAVOLTA, 2000).

Efeitos positivos da adubação potássica também foram verificados por Faria e colaboradores (2002) em povoamentos de *E. grandis*. Os autores verificaram que a produção volumétrica e de biomassa do tronco foi influenciada pelas doses de K aplicadas (30, 60, 120 e 240 kg ha⁻¹ de K₂O), tendo a produção volumétrica e o incremento médio anual (IMA) apresentado ganhos de 54%, na maior dose, em comparação com a testemunha.

Para as variáveis número de folhas (NF) e área foliar (AF), a interação entre N x K teve efeito predominantemente quadrático (Figura 11).



N		K	
◆ 0	$\hat{Y}^{**} = 4155 + 224,74x - 1,749x^2$ $R^2 = 0,9731$	◆ 0	$\hat{Y}^* = 4039,8 + 39,319x - 0,2398x^2$ $R^2 = 0,9026$
■ 40	$\hat{Y}^{**} = 5534 + 128,01x - 0,7225x^2$ $R^2 = 0,9986$	■ 30	$\hat{Y}^* = 9834,8 - 22,572x - 0,1312x^2$ $R^2 = 0,7250$
▲ 80	$\hat{Y}^* = 5526,2 + 125,59x - 0,611x^2$ $R^2 = 0,9828$	▲ 60	$\hat{Y}^* = 10747 - 11,573x + 0,1035x^2$ $R^2 = 0,9498$
× 120	$\hat{Y}^{**} = 5869,5 + 80,484x$ $r^2 = 0,9748$	× 90	$\hat{Y}^{**} = 10434 + 19,752x$ $R^2 = 0,9998$

Figura 11. Número de folhas (NF) e área foliar (AF) do clone AEC 1528 (*E. urophylla* x *E. grandis*) submetido a diferentes doses de nitrogênio (N) e potássio (K), aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos.

**e *, Significativo a 1 e 5%, pelo teste F, respectivamente. NS: Não significativo.

O máximo número de folhas (374) avaliado no clone AEC 1528 foi obtido na dose de 120 mg dm⁻³ de N na dose estimada de 84 mg dm⁻³ de K (Figura 11A e 11B). De maneira geral, a adubação nitrogenada proporcionou incremento do número de folhas para o clone AEC 1528, indicando que, o nitrogênio estimula o crescimento vegetativo, e em baixo suprimento, pode ocorrer redução na produção de folhas, tanto em tamanho, quanto em número (MAFFEIS e colaboradores, 2000).

Verificou-se também a importância do potássio no maior número de folhas, corroborando estudos realizados por Costa e colaboradores (2010) que, trabalhando com plantas de gabioba (*Campomanesia spp*), constataram que a espécie necessita de altas doses de potássio para obter uma quantidade de folhas adequadas a sua nutrição.

A variável número de folhas (NF) está intimamente relacionada com a área foliar (AF). Na maioria dos estudos, o conhecimento da área foliar é fundamental, por ser um dos parâmetros mais importantes na avaliação de crescimento vegetal (MARACAJÁ e colaboradores, 2008).

Semelhante ao número de folhas, o desdobramento de N e K, indicou que o máximo em área foliar (13113,06 e 12804,2 cm²) foi verificado no nível de 120 mg dm⁻³ de N e 90 mg dm⁻³ de K, respectivamente (Figura 11C e 11D).

Na carência de N há redução na produção de folhas, como resultado das funções que o N desempenha na planta (MAFEIS e colaboradores,

2000). Os resultados encontrados neste trabalho confirmam observações realizadas por outros autores, a exemplo de Jesus e colaboradores (2012) que, trabalhando com o clone AEC 1528, observaram que a adubação nitrogenada aumentou a quantidade de copa, com consequente aumento de área foliar das plantas de eucalipto.

Em plantas de pinhão manso, Simões e colaboradores (2014) verificaram que a área foliar total e a altura das plantas apresentaram aumento significativo com o aumento das doses de N (0; 120; 240; e 360 kg ha⁻¹). Em mudas de cedro (*Cedrela fissilis*), Freiburger e colaboradores (2013) também verificaram incrementos em altura, diâmetro, área foliar e massa seca das mudas em razão do aumento das doses de N (0, 40, 80, 120 e 160 mg dm⁻³), evidenciando, segundo os autores, a importância da adubação nitrogenada no desenvolvimento inicial dessa espécie.

O potássio aplicado aumentou a área foliar das plantas e a captação de energia (Figura 11D). Resultados semelhantes foram encontrado por Faria e colaboradores (2002) em um povoamento de *E. grandis*, que, quando adubado com K, promoveu aumento da quantidade de copa das árvores, e como consequência incremento da área foliar e da captação de energia, obtendo biomassa de copa 108,9 % superior ao tratamento testemunha, na maior dose de K₂O aplicada (240 kg ha⁻¹).

As plantas bem nutridas com K apresentam maior área foliar (BATTIE LACLAU, 2013), e isto é particularmente importante, uma vez que a folha assume funções estratégicas nas plantas, tais como a interceptação e absorção da luz e capacidade fotossintética (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Para a massa seca da parte aérea (MSPA), verificou-se interação entre N e K, com modelos matemáticos de raiz quadrada para a maioria dos níveis dos nutrientes estudados (Figura 12A e 12B).

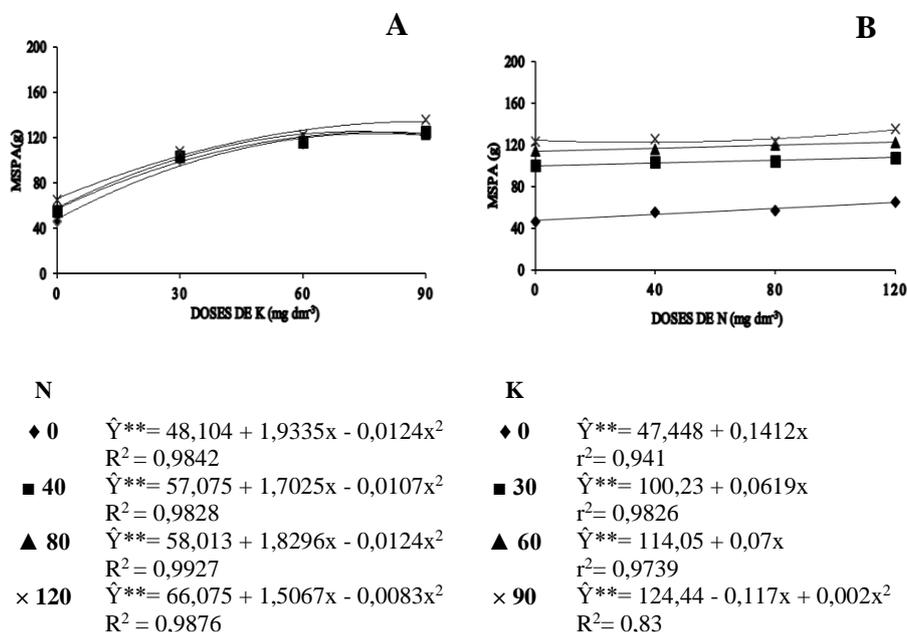


Figura 12. Massa seca da parte aérea (MSPA) do clone AEC 1528 (*E. urophylla* x *E. grandis*) submetido a diferentes níveis de nitrogênio (N) e potássio (K), aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos.

** e *, Significativo a 1 e 5%, pelo teste F, respectivamente.

Quando os níveis de N foram fixados em função dos níveis de K, o máximo acúmulo de massa seca da parte aérea (MSPA) foi obtido na interação de 120 mg dm⁻³ de N e 90 mg dm⁻³ de K, obtendo 134,45 e 122,42 g, para o desdobramento de N e K, respectivamente. Esses valores foram 8,2% e 52,6% superiores à testemunha com N e K, respectivamente.

Aumentos na produção de massa seca da parte aérea em função do aumento da adubação nitrogenada também já foram relatados por Jesus e colaboradores (2012), para o clone de eucalipto AEC 1528. Os autores verificaram que a dose estimada de 143,3 Kg ha⁻¹ de N foi a que proporcionou a máxima produção de massa seca aos 30 meses de idade, com ganhos máximos de produção de 47,2% em comparação com a testemunha.

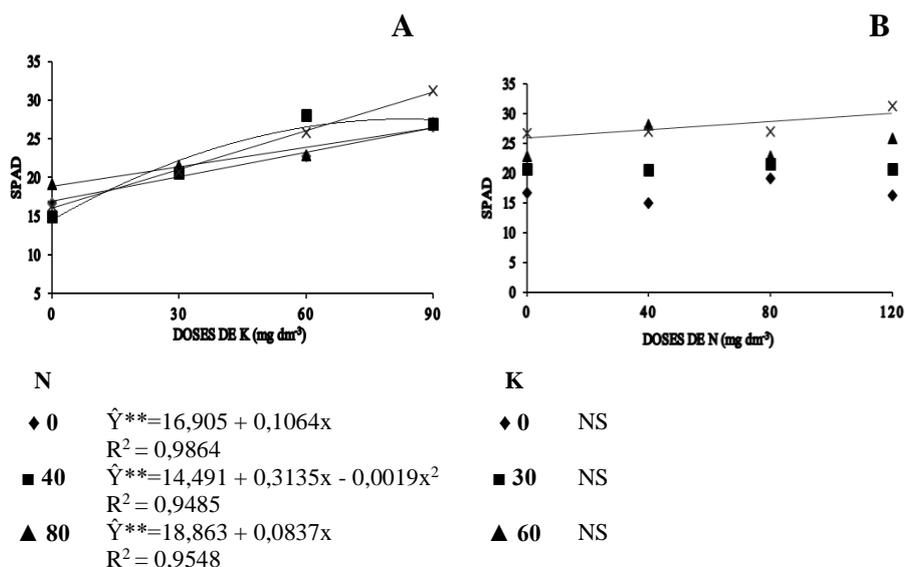
Neste estudo, verificou-se também a importância do potássio no aporte de massa de plantas de eucalipto (Figura 12). Isso se deve possivelmente à expansão celular, que irá resultar posteriormente em maior acúmulo de

massa seca da parte aérea, resultado do acúmulo de K nas células, que é requerido para estabilizar o pH do citoplasma e aumentar o potencial osmótico do vacúolo (MARSCHNER, 2012).

Os resultados obtidos são interessantes, uma vez que a produção de fitomassa é considerada como uma função da eficiência de conversão da radiação solar fotossinteticamente ativa, interceptada em fotoassimilados, que é variável conforme as condições em que as plantas são cultivadas (CARON e colaboradores, 2012).

Cairo e colaboradores (2008) consideram que cerca de 90% da matéria seca acumulada pelas plantas ao longo do seu crescimento é resultado da atividade fotossintética, e o restante, da absorção de nutrientes minerais do solo. Entretanto, quantificar as contribuições isoladas da fotossíntese e da nutrição mineral para o crescimento vegetal é, para os autores citados, tarefa difícil, devido à estreita relação existente entre esses dois processos, de tal forma que deficiências em um prejudicam o outro, direta ou indiretamente.

Para o índice SPAD (Soil Plant Analysis Development), houve ajuste dos dados aos modelos de regressão de primeiro e segundo grau para a interação doses de nitrogênio e potássio (Figura 13A e 13B).



$$\times 120 \quad \hat{Y}^{**} = 16,04 + 0,1663x \\ r^2 = 0,9981$$

$$\times 90 \quad \hat{Y}^{**} = 25,865 + 0,0348x \\ r^2 = 0,6715$$

Figura 13. Índice SPAD (Soil Plant Analysis Development) do clone AEC 1528 (*E. urophylla* x *E. grandis*) submetido a diferentes níveis de nitrogênio (N) e potássio (K), aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos.

**e *, Significativo a 1 e 5%, pelo teste F, respectivamente. NS: Não significativo.

Para todos os níveis de N e K, houve aumento do índice SPAD, mas o índice máximo alcançado (31,01 e 30,04) foi obtido na interação das doses de 120 mg dm⁻³ N e 90 mg dm⁻³ de K, respectivamente (Figura 13). O aumento no índice SPAD, em função da adubação com N e K, como verificado neste estudo, é interessante, já que este índice indica a capacidade da folha em absorver luz, que resultará posteriormente em maior quantidade de fotoassimilados e, conseqüentemente, maior produtividade.

Aumentos no índice SPAD, semelhante a este estudo, já foram relatados em mudas de cedro (FREIBERGER e colaboradores, 2013), de goiaba (DIAS, 2012) e em plantas de barbatimão (SOUZA e colaboradores, 2014), quando adubadas com nitrogênio, e em plantas de *Eucalyptus*, quando adubadas com potássio (BATTIE LACLAU, 2013; SAMPAIO, 2014).

O índice SPAD não determina o teor de clorofila, mas sim a intensidade da cor verde das folhas. Entretanto, pelos resultados obtidos, pode-se inferir que a prática da fertilização potássica e nitrogenada incrementa o teor de clorofila, uma vez que, esta é responsável por deixar a folha com o verde mais intenso. A aplicação de N, especialmente, promove incremento linear na fotossíntese, uma vez que, após ser metabolizado, o nitrogênio se encontra quase todo na forma orgânica (90%) e, assim, apresenta função estrutural, como constituinte de compostos orgânicos, como a clorofila (PRADO, 2008).

A avaliação das variáveis fisiológicas das plantas de eucalipto, do clone AEC 1528, indicou que a temperatura interna da folha (*T_f*) não apresentou interação entre a adubação nitrogenada e potássica, nem efeito isolado do N e do K. Já para as variáveis condutância estomática (*g_s*) e fotossíntese líquida (*A*), houve efeito da interação N x K (Figura 14).

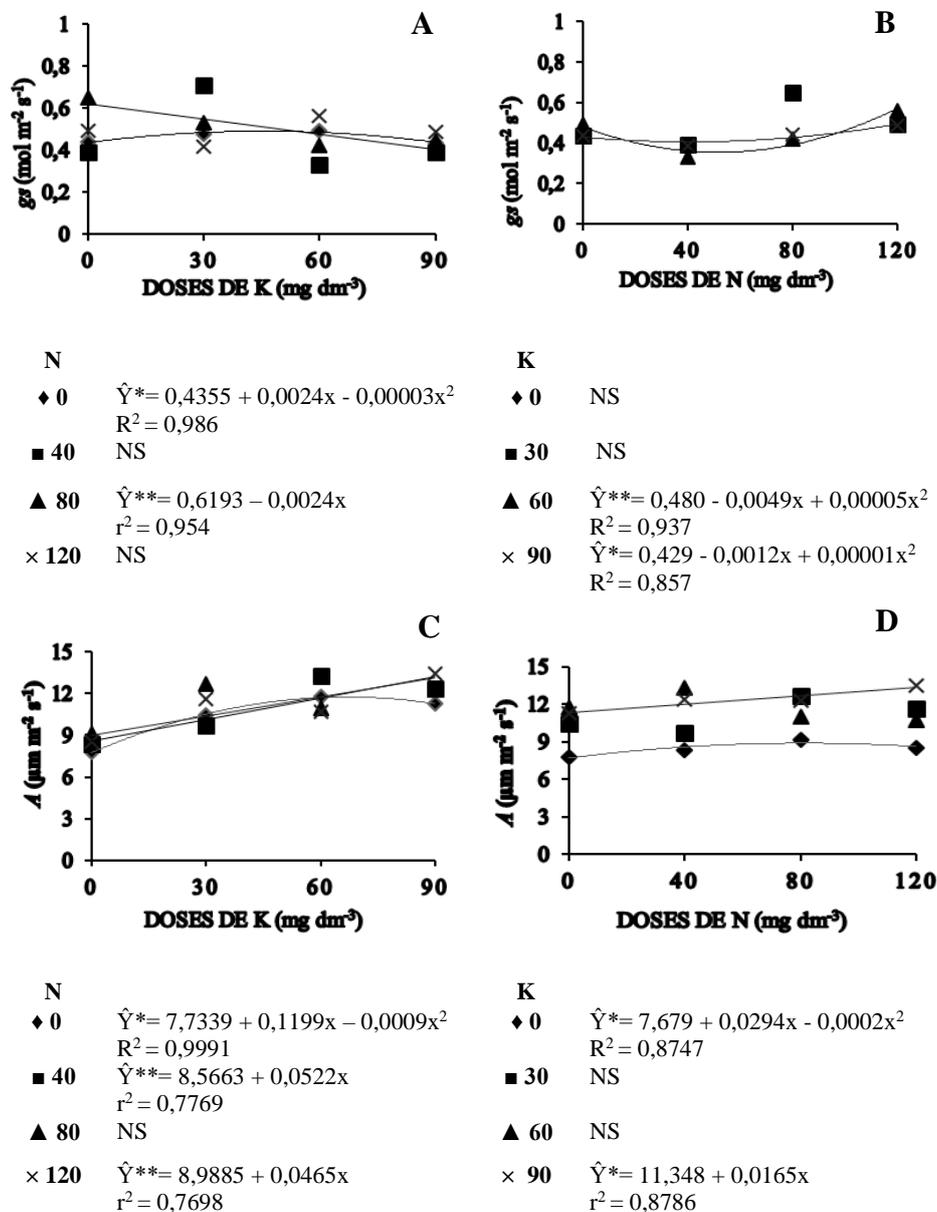


Figura 14. Condutância estomática (g_s) e fotossíntese líquida (A) do clone AEC 1528 (*E. urophylla* x *E. grandis*) submetido a diferentes níveis de nitrogênio (N) e potássio (K), aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos.
 ** Significativo a 1%, pelo teste F. NS: Não significativo.

A condutância estomática (g_s) apresentou equações significativas, quando os níveis de 0 e 80 mg dm⁻³ de N foram fixados, em função dos

níveis de K (Figura 14A). As plantas que não receberam fertilização atingiram 0,48 de gs ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). As plantas em que foi fornecido 80 mg dm^{-3} de N tiveram uma gs inicial superior à testemunha, porém apresentou tendência linear decrescente com o aumento do gradiente de N, indicando um fechamento estomático.

Plantas submetidas a fontes de N exclusivamente na forma de NH_4^+ podem apresentar valores reduzidos da condutância estomática, pela elevação de teores de ácido abscísico (ABA) (JESCHKE; HARTUNG, 2000). O ABA apresenta respostas indutivas rápidas nas plantas, que envolvem frequentemente alterações no fluxo de íons através da membrana, podendo inibir o fluxo do K^+ , que é necessário para a abertura estomática (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Quando os níveis de 60 e 90 mg dm^{-3} de K foram fixadas, em função dos níveis de N, a condutância estomática (gs) apresentou equações quadráticas significativas, atingindo $0,36$ e $0,39$ de gs , respectivamente (Figura 14B).

Para a fotossíntese líquida (A), foi verificado incremento em todos os níveis de N e K. A maior atividade fotossintética foi verificada na dose de 40 mg dm^{-3} de N e 90 mg dm^{-3} de K, obtendo $13,26$ e $13,33 \mu\text{m m}^{-2} \text{s}^{-1}$, respectivamente (Figura 14C e 14D). Analisar o comportamento fotossintético de uma planta é extremamente importante, porque seu crescimento depende do saldo de matéria seca acumulada pela fotossíntese (CARON e colaboradores, 2012).

A taxa fotossintética líquida da planta é resultante da assimilação de CO_2 após as perdas que ocorrem na respiração e fotorrespiração (FERNANDES, 2012), e pode ser afetada pela concentração de CO_2 , intensidade luminosa, temperatura, umidade do solo e teor de nitrogênio da folha (MARENCO; LOPES, 2009; MENDES e colaboradores, 2013).

Assim como o teor de nitrogênio da folha pode afetar a capacidade fotossintética das plantas, a fotossíntese líquida realizada nas plantas do clone AEC 1528, que não receberam a adubação potássica, também podem ser afetadas, como verificado neste estudo, em que a fotossíntese nas plantas

sem a fertilização com K foram inferiores às demais plantas (Figura 14D). Este resultado indica que o K está envolvido na fotossíntese, e na carência deste nutriente ocorre redução da taxa fotossintética por unidade de área foliar e aumento das taxas de respiração (SILVEIRA e colaboradores, 2005).

Para as variáveis: taxa de transpiração (E) e concentração interna de carbono na câmara subestomática (C_i), verificou-se efeito isolado do N (Figura 15).

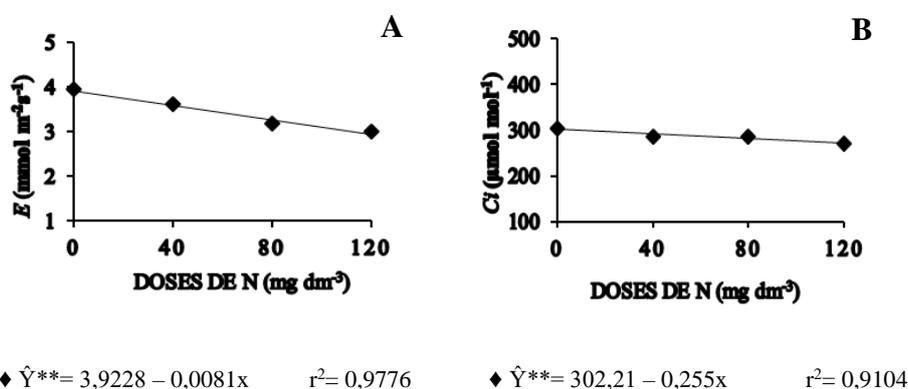


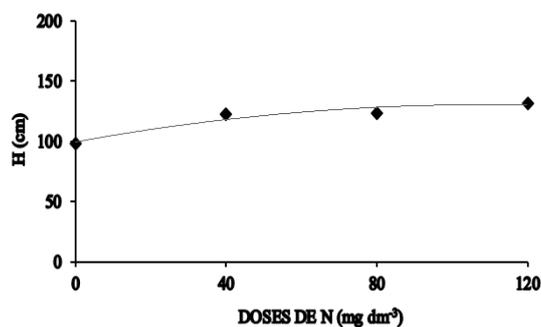
Figura 15. Taxa de transpiração (E) e concentração interna de carbono na câmara subestomática (C_i) do clone AEC 1528 (*E. urophylla* x *E. grandis*) submetido a diferentes níveis de nitrogênio (N), aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos.
** Significativo a 1%, pelo teste F.

A taxa de transpiração (E) e a concentração interna de carbono na câmara subestomática (C_i) das plantas do clone AEC1528 apresentaram um comportamento linear decrescente em função da adubação nitrogenada com ureia (Figura 15). A redução da transpiração de plantas submetidas a doses crescentes de N pode estar relacionada à indução do fechamento estomático (Figura 14A), o que também levou à redução da concentração interna de carbono na câmara subestomática (Figura 15B). A redução do C_i deve-se também à sua utilização no processo fotossintético.

Quando a planta perde água a uma taxa superior à sua capacidade de absorção e transporte, o potencial hídrico da folha diminui, levando ao fechamento dos estômatos e redução da fotossíntese (COSTA; MARENCO,

2007), no entanto, verificou-se, neste estudo, incremento da atividade fotossintética (Figura 14C e 14D).

Para a altura das plantas do clone AEC 1528, foi verificado um comportamento quadrático em resposta à adubação nitrogenada (Figura 16).



$$\hat{Y}^{**} = 99,559 + 0,5671x - 0,0026x^2 \quad R^2 = 0,9177$$

Figura 16. Altura da parte aérea (H) do clone AEC 1528 (*E. urophylla* x *E. grandis*) submetido a diferentes níveis de nitrogênio (N), aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos.

** Significativo a 1%, pelo teste F.

Verificou-se que a altura da parte aérea (H) das plantas foi incrementada quando receberam adubação nitrogenada com ureia. O maior crescimento em altura (130,5 cm) foi obtido na dose de 109 mg dm⁻³ de N. A partir desta dose, houve uma tendência de estabilização do crescimento em altura (Figura 16).

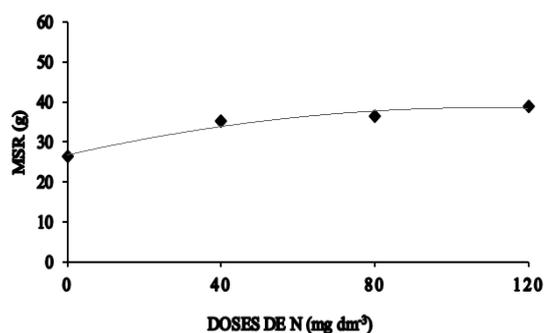
Incrementos na altura de plantas de eucalipto, provenientes da fertilização nitrogenada já foi relatado em plantas de *Eucalyptus* por Araújo e colaboradores (2003) e D' Avila (2008) em mudas de três clones de *Eucalyptus* spp., provenientes de miniestacas de híbridos de *E. grandis* x *E. urophylla*.

Em outras espécies florestais, a prática da adubação nitrogenada também têm promovido ganhos significativos na altura das plantas. Em plantas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra*), o crescimento em altura foi afetado pelas fontes nitrogenadas (nitrato de amônio, sulfato de amônio e nitrato de

cálcio) sendo as maiores médias obtidas com as fontes amoniacais, e pelas diferentes doses, com maiores médias na dose estimada de 140 mg dm⁻³ de N (MARQUES e colaboradores, 2006), próximo ao encontrado neste trabalho (109 mg dm⁻³) (Figura 16).

A deficiência de nitrogênio rapidamente inibe o crescimento vegetal (TAIZ; ZEIGER, 20013). Por isso, plantios comerciais de eucalipto devem está adequadamente supridos deste nutriente, uma vez que maior crescimento em altura desta espécie é desejável, já que sua madeira é largamente utilizada em serrarias para a fabricação de mourões, tábuas, estacas, e diversos outros subprodutos, como a criação de móveis.

Para a variável massa seca de raiz (MSR), houve efeito isolado do N, 90 dias após a aplicação da adubação química com ureia (Figura 17).



$$\hat{Y}^{**} = 26,741 + 0,2177x - 0,001x^2 \quad R^2 = 0,959$$

Figura 17. Massa seca de raiz (MSR) do clone AEC 1528 (*E. urophylla* x *E. grandis*) submetido a diferentes níveis de nitrogênio (N), aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos.

** Significativo a 1 %, pelo teste F.

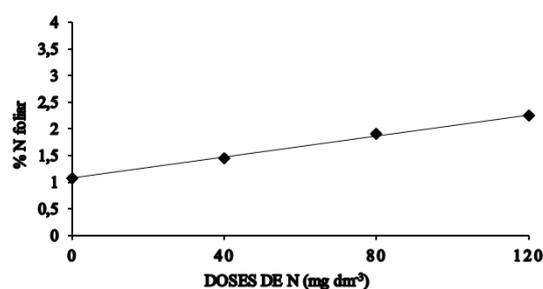
Verificou-se que o aumento do gradiente de N exerceu efeito no acúmulo de massa seca de raiz das plantas de eucalipto, clone AEC 1528. Os dados foram ajustados ao modelo de regressão quadrática, havendo uma tendência ascendente no acúmulo de massa seca de raiz, até um ponto máximo (38,59 g), que foi verificado na dose estimada de 108 mg dm⁻³ de N. A partir desta dose, houve uma estabilização da linha, indicando

possivelmente que o aumento nos níveis de N não influenciou mais o acúmulo de massa, ou que o vaso plástico em que a planta estava alocada foi de certa maneira limitante ao crescimento das raízes (Figura 17).

Apresentar o sistema radicular com maior volume de raízes é fator positivo a ser considerado no estudo nutricional de espécies arbóreas, uma vez que a habilidade das plantas em obter água e nutrientes minerais do solo está relacionada à sua capacidade de desenvolver um extenso sistema radicular (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Os resultados encontrados neste trabalho corroboram os encontrados por Novais e colaboradores (2014) em mudas de *Eucalyptus*; e Rocha e colaboradores (2015) em clones de híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, em que houve aumento de massa seca de raiz em função da adubação nitrogenada. Este aumento na massa seca de raiz é muito importante, por ela estar em contato mais estreito com o solo, estando mais propensa a ser afetada por fatores nutricionais, podendo estes influenciar tanto seu crescimento, quanto sua morfologia (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

Para a percentagem de N foliar (% N foliar), verificou-se efeito isolado de N, com ajuste dos dados à equação de regressão linear (Figura 18). A avaliação de variáveis nutricionais é importante porque, assim como a fertilidade do solo, os conteúdos dos nutrientes na planta refletem o estado nutricional da mesma (GONÇALVES, 1995).



$$\hat{Y}^{**} = 1,0749 + 0,0099x$$

$$R^2 = 0,9972$$

Figura 18. Percentagem de N foliar (% N foliar) do clone AEC 1528 (*E. urophylla* x *E. grandis*) submetido a diferentes níveis de nitrogênio (N), aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos.

** Significativo a 1%, pelo teste F.

A percentagem de N foliar apresentou crescimento ascendente em função das doses de nitrogênio, apresentando o ponto máximo (2,26% da massa seca) na dose de 120 mg dm⁻³ de N. Este crescimento linear no teor de nitrogênio foliar foi expressivo, sendo 52,44% superior às plantas que não receberam fertilização mineral nitrogenada.

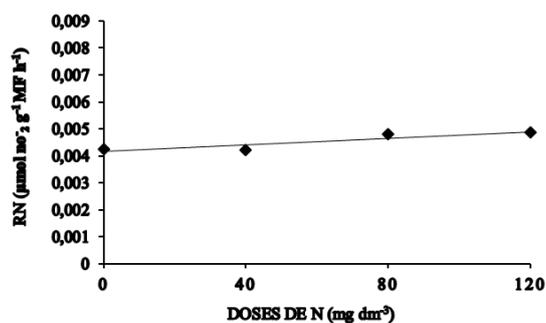
Gonçalves (1995) descreveu em estudos as faixas de concentrações adequadas de nutrientes em folhas de plantas adultas de *Eucalyptus*. Para o N, os teores adequados encontram-se entre 13,5 e 18,0 g Kg⁻¹ de massa seca ou 1,35 a 1,8% da massa seca. Segundo o autor, quanto mais distante dessas faixas forem os teores dos nutrientes, maior o grau de deficiência ou toxidez, respectivamente, para valores inferiores ou superiores aos das faixas.

A análise dos dados expressos na figura 18 permite verificar que plantas sem adubação nitrogenada com ureia tiveram teores de N foliares abaixo (1,07% da massa seca) do recomendado por Gonçalves (1995), já nas doses mais altas, os teores ficaram acima do recomendado (2,26% da massa seca). Estes resultados indicam que as espécies de eucalipto apresentam diferenças em relação aos teores foliares de N, que podem ser atribuídas ao genótipo utilizado, às fases de desenvolvimento das plantas, à finalidade do plantio e às variações climáticas, hídricas e nutricionais.

Alguns estudos já identificaram as diferenças referentes aos teores foliares de N no gênero *Eucalyptus*. Em cinco espécies de eucalipto, Haag e colaboradores (1997) verificaram que o *E. grandis* apresentou concentrações mais elevadas de N em comparação às outras espécies, em duas cidades de São Paulo (Mogi Guaçu e Areia Branca), sendo que na cidade de Mogi Guaçu os teores de N foram de 2,26%, igual ao deste estudo.

Plantas com altos teores foliares de N são importantes, já que este nutriente desempenha papel essencial para o crescimento e produção das culturas, participando de diversos processos fisiológicos vitais para o ciclo de vida das plantas (PRADO, 2008).

Para a atividade da enzima redutase do nitrato (RN), foi observado um comportamento linear ascendente em função da adubação nitrogenada (Figura 19).



$$\hat{Y}^{**} = 0,0042 + 0,000006x \quad R^2 = 0,8029$$

Figura 19. Atividade da enzima redutase do nitrato (RN) do clone AEC 1528 (*E. urophylla* x *E. grandis*) submetido a diferentes níveis de nitrogênio, aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos.

** Significativo a 1 %, pelo teste F.

A atividade da enzima redutase do nitrato aumentou linearmente com o fornecimento de N. A máxima atividade enzimática observada foi de 0,0049 $\mu\text{mol NO}_2^- \text{g}^{-1} \text{MF h}^{-1}$ (Figura 19). O aumento da atividade da RN é importante, pois é possível inferir que plantas com alta atividade da RN teriam maior capacidade de assimilar o nitrato disponível e, em consequência, maior capacidade em responder à adubação nitrogenada (VIANA; KIEHL, 2010).

Incrementos da atividade da enzima redutase do nitrato promovida pela fertilização nitrogenada com ureia também já foi relatado em outros trabalhos. Viana e Kiehl (2010), avaliando o efeito de combinações de doses de N e K em plantas de trigo (*Triticum aestivum* L.), observaram que a atividade da enzima RN nas folhas das plantas foi incrementada somente pelo fornecimento das doses de nitrogênio, resultado semelhante ao deste estudo (Figura 19).

Esta resposta da enzima redutase de nitrato à adubação nitrogenada deve-se, principalmente, ao fato desta ser a principal enzima pela

assimilação de nitrogênio pelas plantas (OLIVEIRA, 2005). A redução assimilatória do nitrato para amônia, realizada pela ação das enzimas redutases, é de fundamental importância, porque somente na forma de NH_3 , o nitrogênio pode participar da via metabólica (GDH e GS/GOGAT), tendo assim sua incorporação em esqueletos carbônicos, gerando os aminoácidos, que depois originarão proteínas, coenzimas, vitaminas, pigmentos e bases nitrogenadas, que apresentam funções específicas no ciclo de vida dos vegetais (PRADO, 2008).

5. CONCLUSÕES

A adubação nitrogenada e potássica incrementou no clone AEC 144 o diâmetro de caule, número de folhas, área foliar, massa seca da parte aérea, massa seca de raiz e índice SPAD.

O clone AEC 144, submetido a doses crescentes de N e de K teve declínio na temperatura interna da folha.

Houve maior efeito da adubação nitrogenada sobre as características morfofisiológicas do clone AEC 144, com efeito isolado para altura da parte aérea, condutância estomática, concentração interna de carbono, fotossíntese líquida, taxa de transpiração, percentagem de N foliar e atividade da enzima redutase do nitrato

Para o clone AEC 144, as doses recomendadas de nitrogênio estão entre 40 e 120 mg dm⁻³ e as de potássio entre 60 e 90 mg dm⁻³.

O clone AEC 1528, adubado com N e K, promoveu incremento no diâmetro de caule, número de folhas, área foliar, massa seca da parte aérea, índice SPAD, condutância estomática e fotossíntese líquida.

Houve efeito isolado da adubação nitrogenada no clone AEC 1528 para as características de altura da parte aérea, massa seca de raiz, concentração interna de carbono na câmara subestomática, taxa de transpiração, atividade da enzima redutase do nitrato e percentagem de N foliar.

Para o clone AEC 1528, as doses recomendadas estão entre 40 e 120 mg dm⁻³ de N e 84 e 90 mg dm⁻³ de K.

6. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. C. R.; LACLAU, J. P.; GONÇALVES, J. L. M.; MOREIRA, R. M.; ROJAS, J. S. D. Índice de área foliar de *Eucalyptus grandis* em resposta à adubação com potássio e sódio. In: SEMINÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL, 1, Taubaté, 2007. **Anais...** Taubaté: UNITAU, 2007. p. 1-7.

ALMEIDA, J. C. R.; LACLAU, J. P.; GONÇALVES, J. L. de M.; RANGER J.; SAINT-ANDRÉ L. A positive growth responmnse to NaCl applications in Eucalyptus plantations established on K-efficient soils. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 259, p. 1786-1795, 2010.

ALZATE, S. B. A.; **Caracterização da madeira de árvores de clones de *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* e *E. grandis x urophylla***. 2004. 133 p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

ANDREEVA, T. T.; MAEVSKAYA, S. N.; VOEVUDSKAYA, S. Y. U. The relationship between photosynthesis and nitrogen assimilation in mustard plants exposed to elevated nitrate rates in nutrient solutions. **Russian Journal of Plant Physiology**, v. 45, n. 6, p. 702-705, 1998.

ANDREWS, M.; FARIA, S. M.; MCINROY, S. G.; SPRENT, J. I. Constitutive nitrate reductase activity in the leguminosae. **Phytochemistry**, v. 29, N. 1 p. 49-54, 1990.

ARAÚJO, E. F.; GAVA, J. L.; SOUZA, A. J.; SILVEIRA, R. L.V.A. Crescimento de clones de *Eucalyptus* em resposta à aplicação de nitrogênio em Espodossolo no sul da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29. 2003. Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. p. 1-4. CD ROM.

ASSOCIAÇÃO BAIANA DAS EMPRESAS DE BASE FLORESTAL (ABAF). **Bahia Florestal: oportunidades de negócios sustentáveis**. Disponível em: <http://www.faeb.org.br/fileadmin/Arquivos_internos/Cadeia_Floresta/Bahia_Florestal.pdf>. Acesso em: 19/6/2015.

ASSOCIAÇÃO BAIANA DAS EMPRESAS DE BASE FLORESTAL (ABAF). **Relatório de ações ABAF e do setor florestal em 2015**. Disponível em :< <http://abaf.org.br/download/informativo-abaf-dezembro-2015.pdf>>. Acesso em: 15/03/2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS (ABRAF). **Anuário estatístico da ABRAF 2010 ano base 2009**. Brasília: ABRAF, 2010. 140 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS (ABRAF). **Anuário estatístico da ABRAF 2013 ano base 2012**. Brasília: ABRAF, 2013. 148 p.

BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. Eucalipto. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H., eds. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª aproximação. Viçosa, MG, CFSEMG, 1999. 359 p.

BATTIE LACLAU, P. R. F. **Efeitos da adubação potássica sobre a adaptação à seca do *Eucalyptus grandis***. 2013. 137 p. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura e no Ambiente) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2013.

BELOTE, A. F. J.; NEVES, E. J. M. **Calagem e adubação em espécies florestais plantadas na propriedade rural**. Colombo: Embrapa Florestas, 2001. 6 p. (Embrapa Florestas. Circular Técnica, 54).

BÖHM, W. **Methods of studying root systems**. Berlin: Springer-Verlag, 1979. 188 p.

CAIRO, P. A. R.; OLIVEIRA, L. E. M.; DÉLU FILHO, N. Determinação das condições ótimas para o ensaio "in vivo" da redutase de nitrato em algumas espécies arbóreas. **Revista Árvore**, v. 18, n. 1, p. 79-86, 1994.

CAIRO, P. A. R.; OLIVEIRA, L. E. M.; MESQUITA, A. C. **Análise de crescimento de plantas**. Vitória da Conquista. Edições UESB, 2008. 72p.

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

CARON, B. O.; SOUZA, V. Q.; TREVISAN, R.; BEHLING, A.; SCHMIDT, D.; BAMBERG, R.; ELOY, E. Eficiência de conversão da radiação fotossinteticamente ativa interceptada em fitomassa de mudas de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 36, n. 5, p. 833-842, 2012.

CARVALHO, A. M. **Valorização da madeira do híbrido *Eucalyptus grandis* x *urophylla* através da produção conjunta de madeira serrada em pequenas dimensões, celulose e lenha**. 2000. 129 p. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia da Madeira) - Escola Superior de

Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

CARVALHO, C. M.; VIANA, T. V. A.; MARINHO, A. B.; LIMA JÚNIOR, L. A.; AZEVEDO, B. M.; SOUSA, G. G. Adubação nitrogenada e crescimento inicial do pinhão mando irrigado. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza. v. 5, n. 4, p. 286 - 295, 2011.

CENTRO DE INTELIGÊNCIA EM FLORESTAS (CI FLORESTAS). **Aspectos botânicos do eucalipto**. Disponível em: <<http://www.ciflorestas.com.br/texto.php?p=eucalipto>>. Acesso em: 12/06/2015.

COLL, J. B.; RODRIGO, G. L.; GARCÍA, B. S.; TAMÉS, R. S. **Fisiología vegetal**. Ediciones Piramide, Madrid. 2001. 566p.

COSTA, G. F.; MARENCO, R. A. Fotossíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*) **Acta Amazonica**, v. 3, n. 2, p. 229-234, 2007.

COSTA, M. K. F.; REIS, E. F.; PINTO, J. F. N. Efeito da calagem e adubação potássica e fosfatada em *Campomanesia spp* (MYRTACEAE). In: CONGRESSO DE PESQUISA E EXTENSÃO, 7. 2010, Goiânia. **Resumos...**Goiânia: UFG. Disponível em: <http://www.sbpcnet.org.br/livro/63ra/conpeex/trabalhos-pivic/MELISA_K.PDF>. Acesso em: 24/12/2015.

D’AVILA, F. S. **Efeito do fósforo, nitrogênio e potássio na produção de mudas clonais de eucalipto**. 2008. 53 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

DAVIES, F. S.; ALBRIGO, L. G. **Citrus**. Wallingford: CAB International, 1994. p. 254.

DIAS, M. J. T.; SOUZA, H. A.; NATALE, W.; MODESTO, V. C.; ROZANE, D. E. Adubação com nitrogênio e potássio em mudas de goiabeira em viveiro comercial. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, suplemento 1, p. 2837-2848, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Manual de métodos de análise de solo / Centro Nacional de Pesquisa de Solos**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, 2013. 353 p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição Mineral de Plantas: Princípios e Perspectivas**. 2ª ed. Trad. NUNES, M. E. T. Londrina: Editora Planta, 2006, 403 p.

FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. 2005. 179 p. Especialização (Pós-graduação em Solos e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

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

FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO ESTADO DA BAHIA (FAEB). **Plantio de eucalipto em expansão na Bahia**. Disponível em: <http://www.faebr.org.br/detalhefaeb.html?tx_ttnews%5Btt_news%5D=10041&cHash=912f01e729de116e8b19185135f52281>. Acesso em: 09/08/2015.

FEITOSA, D. G.; MALTONI, K. L.; CASSIOLATO, A. M. R.; PAIANO, M. O. Crescimento de mudas de gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium*) sob diferentes fontes e doses de nitrogênio. **Revista Árvore**, v. 35, n. 3, p. 401-411, 2011.

FERNANDES, E. T. **Fotossíntese e crescimento inicial de clones de Eucalipto sob diferentes regimes hídricos**. 2012. 113p. Dissertação (Mestrado em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2012.

FERREIRA, D. F. **SISVAR** - Sistema de análise de variância. Versão 5.4. Lavras, MG: UFLA, 2010.

FERREIRA, M. Melhoramento e silvicultura clonal. **IPEF**, Piracicaba, n. 45, p. 22-30, 1992.

FREIBERGUER, M. B. **Crescimento inicial e nutrição do pinhão-mansão em função da adubação NPK**. 2012. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2012.

FREIBERGUER, M. B.; GUERRINI, I. A.; GALETTI, G.; FERNANDES, D. M.; CORRÊA, J. C. Crescimento inicial e nutrição de cedro (*Cedrela fissilis* VELL.) em função de doses de nitrogênio. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 7, n. 3, p. 385-392, 2013.

GAZOLA, R. N. **Adubação nitrogenada, fosfatada e potássica na cultura do eucalipto (clone I144 - e. *Urograndis*)**. 2014. 92 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2014.

GONÇALVES, J. L. M. **Recomendações de adubação para *Eucalyptus*, *Pinus* e espécies típicas da Mata Atlântica**. Documentos florestais. Piracicaba, v. 15, p. 1-23, 1995.

GUIMARÃES, M. M. C. **Crescimento de plantas jovens de *Eucalyptus urophylla* em meio hidropônico com diferentes proporções de nitrato e amônio**. 2012. 68p. Dissertação (Mestrado em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2012.

GUIMARÃES, M. M. C.; CAIRO, P. A. R.; NEVES, O. S. C. Crescimento de *Eucalyptus urophylla* em meio hidropônico com diferentes proporções de nitrato e amônio. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 1, p. 52-61, 2014.

HAAG, H. P.; SARRUGE, J. R.; OLIVEIRA, G. S.; POGGIANI, F.; FERREIRA, C. A. Análise foliar em cinco espécies de eucaliptos. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v. 34, 1977.

HOPKINS, W. G.; HÜNER, N. P. A. Introduction to plant physiology. 4 ed. New York: wiley, 2009. 503p.

HORN, D.; ERNANI, P. R.; SANGOI, L.; SCHWEITZER, C.; CASSOL, P. C. Parâmetros cinéticos e morfológicos da absorção de nutrientes em cultivares de milho com variabilidade genética contrastante. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, v. 30, p. 77-85, 2006.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ). **Relatório Ibá 2015**. IBÁ, 2015. 64p.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTUDOS FLORESTAIS (IPEF). **Informações sobre algumas espécies de *Eucalyptus***. Disponível em: < <http://www.ipef.br/identificacao/eucalyptus/> >. Acesso em: 20/05/2015.

JAWORSKI, E. G. Nitrate reductase assay in intact plant tissues. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, Londres, v. 43, p. 1274-1279, 1971.

JESCHKE, W., HARTUNG, W. Root-shoot interactions in mineral nutrition. **Plant and Soil**, The Hague, v. 226, n. 1, p. 57-69, 2000.

JESUS, G. L.; BARROS, N. F.; SILVA, I. R.; NEVES, J. C. L.; HENRIQUE, E. P.; LIMA, V. C.; FERNANDES, L. V.; SOARES, E. M. B. Doses e fontes de nitrogênio na produtividade do eucalipto e nas frações da matéria orgânica em solo da região do cerrado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 201-214, 2012.

KERBAUY, G.B. **Fisiologia Vegetal**. 2ª edição, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012. 431p.

LACLAU, J. P.; ALMEIDA, J. C. R.; GONÇALVES, J. L. M.; SAINT-ANDRÉ, L.; VENTURA, M.; RANGER, J.; MOREIRA, R. M.; NOUVELLON, Y. Influence of nitrogen and potassium fertilization on leaf lifespan and allocation of above-ground growth in *Eucalyptus* plantations. **Tree Physiology**, Victoria, v. 29, p. 111-114, 2009.

LAMÊGO, V. B.; MANFREDI, C.; ALVES, T. M.; FERREIRA, J. S. Características morfológicas de mudas de eucalipto submetidas a diferentes doses de potássio. **Enciclopédia biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11, n. 21, p. 398-407, 2015.

LEITE, F. P.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; FABRES, A. S. Acúmulo e distribuição de nutrientes em *Eucalyptus grandis* sob diferentes densidade populacionais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n. 3, p. 419-426, 1998.

LEMO, G. B.; DELU FILHO, N.; OLIVEIRA, L. E. M.; PURCINO, A. A. C. Atividade das enzimas de assimilação do nitrogênio em plantas jovens de seringueira cultivadas com diferentes relações de nitrato e amônio. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.11, n. 2, p. 113-118, 1999.

LIMA, A. M. N.; NEVES, J. C. L.; SILVA, I. R.; LEITE, F. P. Cinética de absorção e eficiência nutricional de K, Ca e Mg em plantas jovens de quatro clones de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 903-909, 2005.

LIMA, M. G. S.; MENDES, C. R. NASCIMENTO, R.; LOPES, N. F. CARVALHO, M. A. P. Avaliação bioquímica de plantas de milho pulverizadas com uréia isolada e em associação com aminoácidos. **Revista Ceres**, v. 56, n. 3, p. 358-363, 2009.

MAFFEIS, A. R.; SILVEIRA, R. L. V. A.; BRITO, J. O. Reflexos das deficiências de macronutrientes e boro no crescimento de plantas, produção e qualidade de óleo essencial em *Eucalyptus citriodora*. **Scientia Forestalis**, n. 57, p. 87-98, 2000.

MALAVOLTA, E. **Elementos de Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.

MARACAJÁ, P. B; MADALENA, J. A. S; ARAÚJO, E.; LIMA, B. G; LINHARES, P. C. F. Estimativa de área foliar de juazeiro por dimensões lineares do limbo foliar. **Revista Verde**, Mossoró, RN, v. 3, n. 4, p. 01-05, 2008.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia Vegetal: Fotossíntese, Respiração, Relações Hídricas e Nutrição Mineral**. 3 ed. Viçosa, Editora UFV. 2009. 486 p.

MARQUES, V. B.; PAIVA, H. N.; GOMES, J. M.; NEVES, J. C. L.; BERNARDINO, D. C. S. Efeito de fontes e doses de nitrogênio sobre o crescimento inicial e qualidade de mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex Benth.). **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.3 0, n. 5, p. 725-735, 2006.

MARSCHNER, P. **Mineral nutrition of higher plants**. 3ª ed. Austrália: Elsevier, 2012, 551p.

MEGDA, M. M., MONTEIRO, F. A. Nitrogen and potassium supply and the morphogenic and productive characteristics of marandu palisadegrass. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 8, p. 1666-1675, 2010.

MENDES, K. R.; MARENCO, R. A.; MAGALHÃES, N. S. Crescimento e eficiência fotossintética de uso do nitrogênio e fósforo em espécies florestais da Amazônia na fase juvenil. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 37, n. 4, p. 707-716, 2013.

MORA, A. L.; GARCIA, C. H. **A cultura do eucalipto no Brasil**. São Paulo: SBS, 2000. 112 p.

MUNALULA, F.; MEINCKEN, M. An evaluation of South African fuelwood with regards to calorific value and environmental impact. **Biomass and Bioenergy**, Amsterdam, v. 33, n. 3, p. 415-420, 2009.

MUNGUAMBE, J. F. **Qualidade morfológica de mudas clonais de eucalipto na fase de expedição em viveiros comerciais**. 2012. 73p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

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. 191 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2000.

NOVAES, A. B.; LONGUINHOS, M. A. A.; RODRIGUES, J.; SANTOS, I. F.; GUSMÃO, J. C. **Caracterização e Demanda Florestal da Região Sudoeste da Bahia**. In: SANTOS, A. F.; NOVAES, A. B.; SANTOS, I. F.; LONGUINHOS, M. A. A. Memórias do II Simpósio sobre Reflorestamento na Região do Sudoeste da Bahia. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. 115 p.

NOVAIS, D. B.; LAMÊGO, V. B.; FERREIRA, J. S. Respostas de dois genótipos de eucalipto a diferentes doses de nitrogênio. **Enciclopédia Biosfera**. Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 10, n. 18, p. 2715-2722, 2014.

OLIVEIRA, D. F. S. **Crescimento e produção de pinhão manso em função da fertilização nitrogenada e adição de resíduos sólidos orgânicos**. 2013. 40 p. Monografia (Ciências Agrárias) - Universidade Estadual da Paraíba, Catolé do Rocha, 2013.

OLIVEIRA, E.; COSTA, J. E. Espacialização da eucaliptocultura na região Sudoeste da Bahia e a implantação dos pólos florestais. In: XII Encuentro de Geógrafos da América Latina: “caminando em uma América Latina em transformación”. Montevideo – Uruguay. Egal, 2009. **Resumos...** Montevideo, 2009. Disponível em: <<http://www.assosil.com.br/pdfs/02.pdf>>. Acesso em: 27/10/2014.

OLIVEIRA, L. J.; SILVA, S. M.; COSTA NETTO, A. P. C.; SILVA, S. M.; SILVA, F. M. S. M. Características agronômicas e atividade da redutase do nitrato em plantas de *Campomanesia* sp. sob estresse hídrico. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 4, n. 11, p. 43-53, 2011.

OLIVEIRA, M. A. J.; BOVI, M. L. A.; MACHADO, E. C.; RODRIGUES, J. D. Atividade da redutase de nitrato em mudas de pupunheira (*Bactris gasipaes*). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 515-522, 2005.

OLIVEIRA, S. J. C.; BELTRÃO, N. E. M. Crescimento do pinhão manso (*Jatropha curcas*) em função da poda e da adubação química. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 14, n. 1, p. 9-17, 2010.

OLSEN, S. R. Micronutrients Interactions. In: MONTVERDT, J. J.; GIORDANO, P. M.; LINDSAY, W. L. (Ed.) **Micronutrients in agriculture**. Soil Science of America Monographs. Madison (Wisconsin), 1972. p. 243-88.

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. **Revista Árvore**, v. 36, n. 3, p. 431-439, 2013.

PAINEL FLORESTAL. **Região sudoeste é considerada um dos quatro polos madeireiros da Bahia.** Disponível em: <<http://www.painelflorestal.com.br/noticias/uso-da-madeira/regiao-sudoeste-e-um-dos-quatro-polos-madeireiros-da-bahia>>. Acesso em: 15/03/2016.

PESSOA, A. C. S.; RIBEIRO, A. C.; CHAGAS, J. M.; CASSINI, S. T. A. Atividades de nitrogenase e redutase de nitrato e produtividade do feijoeiro “ouro negro” em resposta à adubação foliar com molibdênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 217-224, 2001.

PINTO, S. I. C.; FURTINO NETO, A. E.; NEVES, J. C. L.; 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, 2011.

PORTAL FLORESTAL. **Mudas clonadas de eucalipto.** Disponível em: <http://www.portalflorestal.com.br/construcoes_detalhes.php?con_id=10>. Acesso em: 20/08/2014.

PRADO, R. M. **500 perguntas e respostas sobre nutrição de plantas.** 2ª Ed. Jaboticabal: FCAV/ GENPLANT, 2014. 110 p.

PRADO, R. M. **Nutrição de Plantas.** Editora UNESP, 2008. 407 p.

QUEIROZ, M. M.; LELES, P. S. S.; OLIVEIRA NETO, S. N.; FERREIRA, M. Â. Comportamento de materiais genéticos de eucalipto em Paty do Alferes, RJ. **Floresta e Ambiente**, v. 16, n. 1, p. 01-10, 2009.

ROCHA, J. H. T.; BACKES, C.; BORELLI, K.; PRIETO, M. R.; SANTOS, A. J. M.; GODINHO, T. O. Produtividade do minijardim e qualidade de miniestacas de um clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (I-224) em função de doses de nitrogênio. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 2, p. 273-279, 2015.

ROSOLEM, C. A. Interação do potássio com outros íons. In: YAMADA, T. ROBERTS, T. L. (Eds.). **Potássio na Agricultura Brasileira.** Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 2005. p. 841.

RS FLORESTAL. **Clone AEC 1528.** Disponível em: <<http://www.rsflorestal.com.br/site/2013/06/04/clone-aec-1528-super-clone/>>. Acesso em: 25/06/2015.

SAEG: Sistema para análises estatísticas. Versão 9.1. Viçosa: UFV, 2007.

SAMPAIO, T. F. **Adubação potássica e desenvolvimento de clones de eucalipto cultivados em Luís Eduardo Magalhães-BA**. 2014. 91 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 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**, v. 26, p. 447-457, 2002.

SANTOS, J. L. **Características morfofisiológicas e nutricionais de *passiflora cincinnata* mast. submetida a nitrogênio e potássio**. 2014. 91p. Dissertação (Mestrado em Agronomia, área de concentração em fitotecnia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2014.

SANTOS, L. C; ZOCOLER, J. L. BEZERRA, A. V.; JUSTI, A. L.; CARVALHO, J. J. Estudo da demanda evapotranspirométrica do município de Vitória da Conquista/BA. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.5, n.3, p. 173-187, 2011.

SCAVANACA JUNIOR, L.; GARCIA, J. N. Potencial de melhoramento genético em *Eucalyptus urophylla* procedente da Ilha de Flores. **Scientia Florestalis**, n. 64, p. 23-32, 2003.

SECRETARIA DO PLANEJAMENTO CIÊNCIA E TECNOLOGIA/CENTRO DE ESTATÍSTICA E INFORMAÇÕES (SEPLANTEC/CEI). **Informações básicas dos municípios baianos: região sudoeste**. Salvador, 1994. 540 p.

SILVA, M. R. **Caracterização morfológica, fisiológica e nutricional de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico durante a fase de rustificação**. 1998. 105 p. Dissertação (Mestrado em Silvicultura) - Universidade do Federal do Paraná, Curitiba, 1998.

SILVEIRA, R. L. A.; GAVA, J. L.; MALAVOLTA, E. O potássio na cultura do eucalipto. In: YAMADA, T. ROBERTS, T. L. (Eds.). **Potássio na Agricultura Brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 2005. p. 841.

SILVEIRA, R. L. V. A. **Efeito do potássio no crescimento, nas concentrações dos nutrientes e nas características da madeira juvenil de progênies de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden cultivadas em solução nutritiva**. 2000. 169 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) –

Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

SILVEIRA, R. L. V. A.; MOREIRA, A. TAKASHI, E. N.; SGARBI, F.; BRANCO, E. F. Sintomas de deficiência de macronutrientes e de boro em clones híbridos de *Eucalyptus grandis* com *Eucalyptus urophylla*. **Cerne**, v. 8, n. 2, p. 107-116, 2002.

SILVEIRA, R. L.V. A.; MALAVOLTA, E. Nutrição e adubação potássica em *Eucalyptus*. **Informações Agronômicas**, Potafos, Piracicaba, n. 91, 12p, 2000.

SIMÕES, W. L.; DRUMOND, M. A.; GUIMARÃES, M. J. M.; OLIVEIRA, A. R.; FERREIRA, P. B.; SOUZA, M. A. Desenvolvimento inicial e respostas fisiológicas do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 12, n. 4, p. 188-195, 2014.

SOARES, C. R. F. S.; SIQUEIRA, J. O.; CARVALHO, J. G.; MOREIRA, F. M. S.; GRAZZIOTTI, P. H. Crescimento e nutrição mineral de *Eucalyptus maculata* e *Eucalyptus urophylla* em solução nutritiva com concentração crescente de cobre. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 12 n. 3, p. 213-225, 2000.

SOARES, L. A. A.; LIMA, G. S.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; PEREIRA, F. H. F. Fisiologia e acúmulo de fitomassa pela mamoneira submetida a estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 1, p. 247-256, 2013.

SOUZA, N. H.; MARCHETTI, M. E.; CARNEVALI, T. O.; RAMOS, D. D.; SCALON, S. P. Q.; OLIVEIRA, M. T. Crescimento inicial de *Stryphnodendron polyphyllum* (Mart.) em resposta à adubação com N e P. **Cerne**, v. 20 n. 3, p. 441-447, 2014.

SOUZA, S. R.; FERNADES, M. S. Nitrogênio. In: FERNANDES, M. S. (Org.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 215-252.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954p.

TASCA, F. A.; ERNANI, P. R.; ROGERI, D. A.; GATIBONI, L. C.; CASSOL, P. C. Volatilização de amônia do solo após a aplicação de uréia convencional ou com inibidor de urease. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, n. 35, p. 493-502, 2011.

TUCCI, C. A. F.; LIMA, H. N.; LESSA, J. F. Adubação nitrogenada na produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Acta Amazonica**, v. 39, n. 2, p. 289-294, 2009.

VIANA, E. M.; KIEHL, J. C. Doses de nitrogênio e potássio no crescimento do trigo. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p. 975-982, 2010.

ANEXOS

Tabela 1. Análise química das amostras de terra fina seca ao ar do solo, utilizado para plantio dos clones de *Eucalyptus*

pH	P	K	Ca	Mg	Al	H	SB	t	T	V	m	MO
H ₂ O	mg dm ³	cmolc dm ³								%	g dm ³	
5,5	2	0,2	2,1	1,0	0,1	2,1	3,3	3,4	5,5	60	3	10

S.B: Soma de bases trocáveis; t: capacidade de troca de cátions efetiva do solo; T: capacidade de troca de cátions a pH 7,0; V%: índice de saturação de bases trocáveis; m: índice de saturação do alumínio trocável.

Fonte: Laboratório de solos da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

Tabela 2. Resumo da análise de variância do clone AEC 144 (*E. urophylla*) referente às características: diâmetro de caule (DC), número de folhas (NF), área foliar (AF), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), índice SPAD (Soil Plant Analysis Development), temperatura interna da folha (*Tf*), condutância estomática (*gs*), concentração interna de CO₂ na câmara subestomática (*Ci*), taxa de transpiração (*E*), fotossíntese líquida (*A*), altura da parte aérea (H), percentagem de N foliar (% N foliar) e atividade da enzima redutase do nitrato (RN), aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios						
		DC (mm)	NF	AF (cm ²)	MSPA (g)	MSR (g)	SPAD	<i>Tf</i> (°C)
N	3	34,40**	650159,92**	136822084,6**	12313,88	320,01**	382,05	6,78**
K	3	2,25	50575,35**	8783147,99**	26,26	32,50	6,24	2,08
N x K	9	2,45**	11775,69**	4535720,81*	235,02**	64,29**	13,58*	3,01**
Bloco	3	2,02	10949,77**	6692320,79*	288,38**	38,22	2,69	21,94**
Resíduo	45	0,89	2932,81	2183159,40	66,16	14,91	6,63	1,01
CV (%)		6,73	11,71	16,28	8,55	10,23	9,99	3,23

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios						
		<i>gs</i> (mol m ⁻² s ⁻¹)	<i>Ci</i> (µmol mol ⁻¹)	<i>E</i> (mmol m ⁻² s ⁻¹)	<i>A</i> (µm m ⁻² s ⁻¹)	H (cm)	% N foliar (% MS)	RN (µmol NO ₂ g ⁻¹ MF h ⁻¹)
N	3	0,26**	9447,49**	1,32**	73,54**	10047,74**	6,48**	0,000008*
K	3	0,01	580,35	0,16	2,51	84,89	0,03	0,000003
N x K	9	0,07	582,69	0,10	2,31	203,19	0,05	0,000002
Bloco	3	0,23**	2171,58**	2,74**	28,03**	188,59	0,35**	0,000011**
Resíduo	45	0,04	408,43	0,18	1,82	109,07	0,04	0,000002
CV (%)		36,17	11,57	10,61	8,81	28,54	11,49	28,54

** , * Significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 3. Resumo da análise de variância do clone AEC 1528 (*E. urophylla* x *E. grandis*) referente às características: diâmetro de caule (DC), número de folhas (NF), área foliar (AF), massa seca da parte aérea (MSPA), índice SPAD (Soil Plant Analysis Development), condutância estomática (*gs*), fotossíntese líquida (*A*), concentração interna de CO₂ na câmara subestomática (*Ci*), taxa de transpiração (*E*), temperatura interna da folha (*Tf*), altura da parte aérea (*H*), massa seca de raiz (MSR), percentagem de N foliar (% N foliar) e atividade da enzima redutase do nitrato (RN), aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios						
		DC (mm)	NF	AF (cm ²)	MSPA (g)	SPAD	<i>gs</i> (mol m ⁻² s ⁻¹)	<i>A</i> (µm m ⁻² s ⁻¹)
N	3	37,50**	122760,87**	133630892,11**	16024,45**	377,60**	0,03*	47,13**
K	3	3,73**	1679,04	1576762,94	366,21**	8,95	0,01	2,75
N x K	9	0,76**	6126,11*	1980015,93**	30,96**	16,37**	0,05**	4,61*
Bloco	3	0,13	3173,62	815644,85	4,74	11,63	0,01	12,72**
Resíduo	45	0,27	2798,05	718740,21	11,45	4,84	0,01	1,83
CV (%)		3,63	18,07	9,29	3,34	9,72	21,75	12,43

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios						
		<i>Ci</i> (µmol mol ⁻¹)	<i>E</i> (mmol m ⁻² s ⁻¹)	<i>Tf</i> (°C)	<i>H</i> (cm)	MSR (g)	% N foliar (% MS)	RN (µmol NO ₂ g ⁻¹ MF h ⁻¹)
N	3	3047,35**	2,88**	0,62	3409,31**	476,51**	4,19**	0,000002**
K	3	703,43	0,26	1,44	429,68	34,60	0,007	0,0000004
N x K	9	182,73	0,69	1,45	113,25	23,95	0,08	0,0000005
Bloco	3	2121,93**	2,50**	51,23**	40,93	18,09	0,45*	0,000005**
Resíduo	45	435,79	0,43	1,34	235,68	26,57	0,15	0,0000005
CV (%)		7,28	19,15	3,74	12,90	15,09	23,45	15,30

** , * Significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo teste F.