

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL

CRESCIMENTO DE PLANTAS DE *Corymbia*
***citriodora* (HOOK.) K. D. HILL & L. A. S. JOHNSON SOB**
DIFERENTES DOSES DE POTÁSSIO E NÍVEIS DE
UMIDADE DO SOLO

Ariadne Felicio Lopo de Sá

Bióloga

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL

CRESCIMENTO DE PLANTAS DE *Corymbia*
***citriodora* (HOOK.) K. D. HILL & L. A. S. JOHNSON SOB**
DIFERENTES DOSES DE POTÁSSIO E NÍVEIS DE
UMIDADE DO SOLO

Ariadne Felicio Lopo de Sá

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Valiengo Valeri

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
Janeiro de 2012

S111e

Sá, Ariadne Felício Lopo
Crescimento de plantas de *Corymbia citriodora* (Hook.) K. D. Hill & L.
A. S. Johnson sob diferentes doses de potássio e níveis de umidade
do solo/Ariadne Felício Lopo de Sá. Jaboticabal, 2012
x, 50 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciência Agrárias e Veterinárias, 2012.

Orientador: Sérgio Valiengo Valeri

Banca examinadora: Rinaldo César de Paula, Vitor Corrêa de
Mattos Barretto.

Bibliografia

1. Eucalipto. 2. adubação. 3. déficit hídrico. 4 nutrição florestal. 5.
seca I. Título. II. Jaboticabal - Faculdade de Ciências Agrárias e
Veterinárias.

CDU: 631.811:634.0.2

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.
e-mail: ariadne_lopo@yahoo.com.br

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

ARIADNE FELICIO LOPO DE SÁ - nascida no município de Serrana, SP, em 17 de dezembro de 1987. Bacharel em Ciências Biológicas, graduada pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” (Unesp), Campus de Jaboticabal, SP, em 29 de novembro de 2008. No período de janeiro a dezembro de 2008, foi bolsista de iniciação científica da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). Teve bolsa da Pró-reitoria de Extensão da Unesp relacionada ao projeto “Pau-brasil em São Paulo: um exemplo de cidadania e amor à vida” no ano de 2006 de abril a dezembro e no ano seguinte de março a dezembro. Participou do Conselho do Curso de Graduação em Ciências Biológicas da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal na função de representante discente, com mandato de 01 de janeiro a 31 de dezembro de 2007. Em março de 2010, ingressou no programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal), da FCAV - Unesp, Campus de Jaboticabal, onde desenvolveu a pesquisa da dissertação como bolsista da FAPESP.

"Quem encobre as suas transgressões não será bem sucedido, mas, ter-se-á misericórdia aquele que [as] confessa e abandona. Feliz o homem que constantemente sente pavor, mas aquele que endurece seu coração cairá em calamidade. Como o leão que rugir e o urso que arremete é o governante iníquo sobre o povo de condição humilde."

(Provérbios 28:13-15)

". . . Ouvistes que se disse: 'Tens de amar o teu próximo e odiar o teu inimigo.' No entanto, eu vos digo: Continuai a amar os vossos inimigos e a orar pelos que vos perseguem; para que mostreis ser filhos de vosso Pai, que está nos céus, visto que ele faz o seu Sol levantar-se sobre iníquos e sobre bons, e faz chover sobre justos e sobre injustos".

(Mateus 5:43-48)

AGRADECIMENTOS

À Deus, YHWH (pronunciado Jeová ou Javé), por ter-me atraído para conhecer mais sobre a sua palavra, a bíblia, por ter-me provido: força para continuar superando os obstáculos, esperança para acreditar em um futuro melhor, sabedoria para aprender com as dificuldades, novos amigos e por sempre ouvir meus pedidos e atendê-los conforme a sua vontade.

Aos meus pais, Maria Aparecida e Antonio, por amarem tanto a mim e ao meu irmão, por fazer parte da família que vocês constituíram, por acreditarem em mim, pelo encorajamento que me deram para começar outro curso de Mestrado, pela paciência e pela contribuição no meu experimento.

Ao meu irmão, Tony Bryan Lopo, por ser meu amigo, meu ajudante, meu quebra-galho de todas as horas, por falar a verdade nua e crua e ainda de forma meiga, pelos feriados e férias que passou me ajudando no experimento bem como nos meus estudos.

Ao Prof. Dr. Sérgio Valiengo Valeri pela orientação profissional, pelos ensinamentos para a minha vida pessoal, pela amizade, paciência, compreensão das minhas limitações, por ter possibilitado a realização do meu curso de Mestrado em Produção Vegetal e pela proteção.

Ao funcionário Mauro César da Silva pela dedicação, ajuda, prontidão, paciência, amizade e palavras de encorajamento e pelas idéias criativas que contribuíram para o andamento do meu experimento.

Ao Gustavo Rezende Machado (Dengue) pela amizade, comprometimento, disposição e dedicação em ajudar-me no meu experimento e por sempre dar um toque de praticidade nas atividades.

Ao Matheus Pozetti Teixeira (Carpa) por ter me auxiliado durante o meu experimento, por sempre fazer arranjos para ajudar-me principalmente nos meus dias de aula e por ter trazido até a Monalisa para ajudar-nos.

Ao Guilherme P. Valeri pela bondade e disposição de ajudar-nos no encerramento do meu experimento.

Ao Wanderlei pela atenção dada a mim e pelo auxílio na lavagem da estufa.

Aos funcionários da Horta, Inauru e Cláudio Oian pela atenção.

Aos funcionários da Seção de Pós-graduação, Antônio, Bel, Diego, Edna, Fátima, Fernanda, Gabriela, Nina, Rodrigo, por gentilmente sempre me ajudarem nas questões relacionadas ao meu curso nesta unidade.

À Zezé, da Seção Técnica Acadêmica pela atenção e pela disposição em ajudar-me.

Aos Professores Doutores: Mara, Barbosa, Pavani e Piedade por me tratarem de forma educada, agradável e amigável, e pela considerável contribuição no meu projeto e dissertação, bem como a todos outros professores que contribuíram para a minha formação.

Ao Prof. Dr. Arthur Bernardes Cecílio Filho pela atenção, prontidão, ajuda e compreensão.

A todos os colegas e amigos pelas conversas, momentos divertidos e instrutivos, entre todos destaco alguns: Aparecida de Lourdes G. Ortiz, Sandra Mr. M. de Souza, Cássia Pascoalino, Maria Clara (Sacana), Eliete (Pat-net), Jamile (Xaleca), José Mario (Subaku), Patrícia (Sapucai), Luciano (Mad), Henrique (Pirr), Paulo (Salame), Castelinho, Luciana (Fadinha) e Bruna.

À Agromudas – Reflorestamento pela doação das mudas de *Corymbia citriodora*.

À FAPESP pela Bolsa de Mestrado (Processo: 2009/12660-0) concedida durante 24 meses, o que me possibilitou começar novamente um curso de Mestrado.

Aos contribuintes do Estado de São Paulo que subsidiam as atividades dessa instituição e que motivam nossos esforços.

Muito obrigada
Ariadne (vulgo Serra)

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	ix
SUMMARY	x
I INTRODUÇÃO	1
II REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Eucaliptocultura e <i>Corymbia citriodora</i>	3
2.2 Limitação de Água, Crescimento e Nutrição Potássica das Plantas.....	4
III MATERIAL E MÉTODOS	9
3.1 Local de Condução do Experimento.....	9
3.2 Formação das Mudas.....	9
3.3 Casa de Vegetação e Recipientes.....	10
3.4 Solo, Correção e Adubação de Base.....	10
3.5 Tratamentos.....	11
3.6 Determinação da Capacidade Máxima de Retenção de Água no Solo.....	12
3.7 Plantio e Condução do Experimento.....	12
3.7.1 Controle Fitossanitário.....	15
3.8 Delineamento Experimental.....	15
3.9 Avaliações.....	15
3.9.1 Características morfológicas.....	16
3.9.1.1 Sistema radicular.....	16
3.9.1.2 Área foliar e matéria seca.....	16
3.9.2 Características fisiológicas.....	17
3.9.3 Concentrações e quantidades de nutrientes nas folhas.....	17
3.10 Análises Estatísticas.....	18
IV RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
V CONCLUSÕES	39
VI REFERÊNCIAS	40

**CRESCIMENTO DE PLANTAS DE *Corymbia citriodora* (HOOK.) K. D. HILL &
L. A. S. JOHNSON SOB DIFERENTES DOSES DE POTÁSSIO E NÍVEIS DE
UMIDADE DO SOLO**

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de doses de potássio e níveis de umidade do solo no crescimento de plantas de *Corymbia citriodora*. Foram aplicadas quatro doses de potássio (0, 40, 80 e 120 mg dm⁻³) e três níveis de umidade do solo (50-80%, 65-80% e 80% do volume máximo de água retido pelo solo em vaso), combinados em um esquema fatorial 4 x 3. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com seis repetições, e cada parcela foi composta por um vaso contendo duas plantas. Aos 94 dias após o plantio, foram avaliados: porcentagem de sobrevivência, altura, diâmetro do caule, número de folhas, área foliar, massa de matéria seca de folhas, de caule e ramos, da parte aérea, de raízes e total das plantas da parcela, comprimento e diâmetro das raízes, índice de conteúdo de clorofila, concentração de clorofilas, concentração e acúmulo foliar de macronutrientes e eficiência de utilização de potássio nas folhas. O aumento do nível de umidade do solo favoreceu o crescimento das plantas de *Corymbia citriodora* e a absorção de fósforo, potássio, enxofre e magnésio. A aplicação de potássio não promoveu a amenização dos efeitos negativos da redução da disponibilidade de água no crescimento das plantas.

Palavras-chaves: Eucalipto, adubação, déficit hídrico, nutrição florestal, seca.

**GROWTH OF *Corymbia citriodora* (HOOK.) K. D. HILL & L. A. S. JOHNSON
PLANTS UNDER DIFFERENT POTASSIUM DOSES AND SOIL MOISTURE LEVELS**

SUMMARY - The objective of this work was to evaluate the effects of potassium and soil moisture levels on the growth of *Corymbia citriodora* plants. Four doses of potassium were applied (0, 40, 80 and 120 mg dm⁻³) and three soil moisture levels were established (50-80%, 65-80% and 80% of maximum soil field capacity). The experiment was a 4 x 3 factorial arrangement of treatments within a randomized complete design with six replications for each treatment and one pot with two plants for each plot. At 94 days after planting, the plant growth parameters: survival percentage, height, stem diameter, leaf number and area, leaf dry mass, stem and branches dry mass, shoot dry mass, root dry mass, total dry mass, length and diameter of roots, chlorophyll content index, chlorophylls concentrations, leaf macronutrient contents and amounts, and efficiency of potassium utilization by leaves were measured. The increase of soil moisture level benefited the growth of *Corymbia citriodora* plants and phosphorus, sulfur and magnesium uptake. The potassium application did not promote alleviation of negative effects caused by low water availability on plant growth.

Key words: *Eucalyptus*, fertilization, water deficit, forest nutrition, drought.

I INTRODUÇÃO

Os mercados, nacional e internacional, revelam uma demanda crescente por madeira proveniente de florestas plantadas, em decorrência do aumento da consciência de preservação e do uso racional das florestas naturais. No Brasil, esses fatores têm estimulado o plantio de espécies exóticas madeiráveis de crescimento rápido por produzirem madeira útil aos diferentes setores da indústria e da construção civil. Entre as espécies de valor econômico, destaca-se *Corymbia citriodora* (ex *Eucalyptus citriodora*) cuja madeira tem sido empregada principalmente na construção civil e as folhas para extração de óleo essencial. A espécie também apresenta valor ambiental, por fixar grande quantidade de carbono em curto espaço de tempo, contribuindo assim com as medidas que tentam conter o aquecimento global, e as propriedades físicas de sua madeira se equiparam às das espécies tropicais nativas, muitas delas escassas e de uso restrito.

No Estado de São Paulo, a expansão das áreas de florestas comerciais tem ocorrido em terrenos com declividade superior a 12% (SPAROVEK et al., 1997) anteriormente cultivados com cana-de-açúcar, onde a colheita mecanizada da cana é tecnicamente inviável, e no país de forma geral, em áreas onde há acentuado déficit de água e de alguns nutrientes, principalmente de potássio, fósforo e boro. Essas e outras limitações ambientais que as plantas de eucalipto são submetidas podem ser responsáveis pela redução do potencial máximo de produção de madeira.

Plantas nutridas adequadamente aclimatam-se mais facilmente às condições de baixa disponibilidade hídrica, em períodos de seca, o que reduz o grau de comprometimento da produtividade da cultura. A aplicação de potássio pode promover maior eficiência do uso de água pelas plantas e a manutenção da turgidez dos tecidos vegetais, conferindo a esse nutriente a capacidade de amenizar efeitos e danos que podem ser causados por suprimento limitante de água no solo.

Poucos trabalhos têm investigado a relação entre nutrição e disponibilidade hídrica sobre o crescimento de mudas de *C. citriodora* (TEIXEIRA et al., 1995; GONÇALVES & PASSOS, 2000; RAMOS et al., 2009).

Assim, o presente trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos de doses de potássio e níveis de umidade do solo em características morfológicas e fisiológicas de *Corymbia citriodora* (Hook.) K. D. Hill & L. A. S. Johnson.

II REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Eucaliptocultura e *Corymbia citriodora*

A eucaliptocultura ocupa 4,5 milhões de hectares, aproximadamente 72% da área total de florestas plantadas no Brasil. Os produtos das florestas comerciais exportados renderam US\$ 7,5 bilhões em 2010, equivalente a 3,7% do total das exportações do país, com um crescimento de 34,6% em relação a 2009. O saldo da balança comercial florestal totalizou US\$ 5,5 bilhões, representando 27,1% do saldo global do país, o que demonstra a importância do eucalipto para a economia do país (ABRAF, 2011).

Existem mais de 900 espécies de eucalipto (BOLAND et al., 2006). As espécies chamadas de “bloodwood” do gênero *Eucalyptus* foram reclassificadas formando um novo gênero denominado *Corymbia*, com base em características morfológicas e moleculares (HILL & JOHNSON, 1995). As espécies mais difundidas desse gênero no Brasil são: *Corymbia citriodora*, *C. maculata* e *C. torelliana* (GIMENEZ, 2005).

C. citriodora é originária da Austrália, ocorrendo na costa leste do país adentrando um pouco o interior de Queensland e New South Wales (BOLAND et al. 2006). A espécie ocorre nos climas Aw, Bsh, Cfa e Cfb de acordo com a classificação de Köppen-Geiger (PEEL et al., 2007). No entanto, maior ocorrência da espécie é observada nas regiões sempre úmidas de verões quentes (Cfa) ou brandos (Cfb), sendo encontradas condições climáticas semelhantes na região sul e sudeste do Brasil (PEEL et al., 2007).

As árvores de *C. citriodora* são de porte médio a grande, podendo atingir 50 m de altura e 1,2 m de diâmetro a altura do peito (DAP), geralmente, apresentam excelente forma do tronco e folhagem rala (IPEF, 2011).

Indivíduos da espécie sequestram quantidades expressivas de carbono em menor período de tempo que as árvores nativas, devido ao seu crescimento rápido e a alta densidade de sua madeira, que pode ser superior à de jatobá (*Hymenaea* sp) em 30% (OLIVEIRA & SALES, 2006). Empregando a madeira de *C. citriodora* na produção

de móveis ou construção civil, o carbono pode ficar retido por décadas (JINDAL et al., 2008).

Espécies madeiráveis de florestas tropicais demoram um século ou mais dependendo do grupo sucessional para atingirem diâmetro de corte, equivalente a 70 cm (SCOLFORO et al., 1996), enquanto *C. citriodora* possui diâmetro indicado para corte com cerca de apenas 21 anos de idade (IPEF, 2011). A madeira da espécie apresenta propriedades físicas semelhantes às principais madeiras nacionais para a construção civil e indústria moveleira (SIMÕES et al., 1981), o que torna vantajoso o seu cultivo e possível o suprimento de produtos madeireiros nos mercados nacional e internacional, sem a necessidade de promover o corte de árvores de espécies nativas, contribuindo, assim, com a preservação da biodiversidade.

2.2 Limitação de Água, Crescimento e Nutrição Potássica das Plantas

Em função da crescente demanda por madeira de florestas plantadas, a expansão da cultura de eucalipto tem ocorrido em áreas com elevadas temperaturas, déficit hídrico e de baixa fertilidade do solo. Plantações de eucalipto em áreas quentes do planeta ocupavam uma área maior que 10 milhões de hectares em meados da década de 1990 (BROWN et al., 1997). Regiões com problemas ambientais como escassez de água, temperaturas extremas, salinidade, desertificação, inundações e esgotamento de nutrientes do solo têm se tornado mais comuns, devido às ações antrópicas, e limitado a produção agrícola e florestal. Os estresses abióticos podem ser responsáveis por uma redução de até 82% do potencial máximo de produção das culturas (BRAY et al., 2000).

Sob alta temperatura e baixo aporte de água na rizosfera, as plantas enfrentam dificuldades para repor a água perdida por transpiração, o que leva esses organismos a desenvolverem mecanismos que os proteja contra a desidratação. Entre os vários processos fisiológicos, destaca-se o fechamento dos estômatos que limita a perda de água na forma de vapor por reduzir o poro estomático, mas também restringe o fornecimento de CO₂ aos cloroplastos (TAIZ & ZEIGER, 2008). Contudo, o decréscimo da condutância estomática reduz mais a transpiração do que a assimilação de carbono,

aumentando a eficiência do uso de água. Porém, a manutenção dessa condição por um longo período pode resultar na diminuição da taxa de fotossíntese e consequentemente na redução do crescimento (DE LUCIA & HECKATHORN, 1989 citados por LIMA et al., 2003).

A diminuição de conteúdo de água na planta resulta em perda de turgor, e atividades dependentes da turgescência, como expansão da área foliar e alongamento das raízes, são características consideradas altamente sensíveis ao decréscimo do nível de umidade do solo. A redução da área foliar proporciona menor taxa de transpiração, tornando possível a conservação do suprimento limitado de água por um período de tempo mais longo (TAIZ & ZEIGER, 2008).

Em plantas sob estresse hídrico, também se verifica redução do número de folhas, devido parcialmente à diminuição da quantidade de ramos e da taxa de crescimento desses componentes da planta, decorrente da produção acentuadamente maior do hormônio etileno. Contudo, tanto a expansão celular quanto o crescimento dos vegetais depende de outros processos, inclusive bioquímicos (TAIZ & ZEIGER, 2008).

Mudas de *E. globulus* Labill submetidas a níveis de estresse hídrico, moderado e severo, durante a fase de crescimento, apresentaram redução significativa na biomassa dos componentes e na área foliar, e maior crescimento das raízes em comparação as plantas adequadamente irrigadas (COOPMAN et al., 2008).

Mas, na fase final da produção das mudas, o menor suprimento hídrico é vantajoso para a rustificação das plantas. Mudanças morfológicas causadas pela baixa disponibilidade de água podem tornar as mudas mais aptas à manutenção do balanço hídrico entre as áreas de absorção e de transpiração (CHAVES et al., 2003), além de aumentarem a capacidade das plantas de gerar novas raízes (COOPMAN et al., 2008).

Pesquisas indicam que plantas com status nutricional adequado apresentam maior tolerância ao baixo conteúdo de água no meio (CAKMAK, 2005; MARSCHNER, 2012). O potássio, quando se encontra em concentrações adequadas nos tecidos vegetais, pode conferir maior poder de aclimação às plantas cultivadas em meio com reduzido suprimento hídrico (CAKMAK, 2005).

Devido ao uso de solos de baixa fertilidade natural e sujeitos ao déficit hídrico pelo setor florestal, o potássio é o nutriente que mais tem limitado a produtividade de eucalipto no Brasil (SGARBI, 2002).

Sob estresse hídrico, há redução da fixação de CO₂ decorrente do fechamento estomático (JIANG & ZHANG, 2002), ocasionando maior formação de espécies reativas de oxigênio (ROS - Reactive Oxygen Species) que causam danos às células. Nessas condições, as plantas necessitam de maiores quantidades de potássio para conter as reações oxidativas (BOWLER et al., 1992; ELSTNER & OSWALD, 1994; FOYER et al., 1994; CAKMAK & ENGELS, 1999). Essa necessidade deve estar relacionada com as funções do potássio desempenhadas nos cloroplastos onde ocorre a fixação de CO₂ fotossintético, além do que se a planta crescer com baixo suprimento de potássio, a produção de ROS, induzida pela baixa disponibilidade de água, poderá ser maior, pois a deficiência de potássio pode resultar em distúrbios quanto às relações hídricas e à fotossíntese, aumentando a perda desse nutriente pelos cloroplastos (MENGEL & KIRKBY, 2001; MARSCHNER, 2012).

Resultados que corroboram essas relações entre umidade do solo e potássio são exemplificados por TEIXEIRA et al. (1995), que verificaram que sob maior suprimento de potássio houve aumento da eficiência de utilização de água e maior conteúdo relativo de água nas folhas em *C. citriodora* e *E. camaldulensis*.

O potássio não faz parte de compostos estruturais nos vegetais, não é metabolizado, permanece na forma iônica, sobretudo no citosol e nos vacúolos, e participa de diversos processos como ativação enzimática, expansão celular, tradução, transporte metabólico (funcionando como contra-íon) e controle estomático (MAATHUIS, 2009; MARSCHNER, 2012).

A abertura estomática ocorre por meio da estimulação da luz azul, que leva a ativação da bomba de H⁺ATPase e do canal passivo de influxo de K⁺ presentes nas membranas das células-guarda, e a entrada de soluto nessas células promove a absorção de água até que essas estruturas se tornem túrgidas, resultando na abertura do poro estomático (TAIZ & ZEIGER, 2008).

O fechamento estomático hidroativo se dá pela sinalização de ácido abscísico que é produzido nas raízes sob baixa disponibilidade hídrica, e transportado à parte aérea. Esse hormônio leva ao aumento da concentração citoplasmática de Ca^{2+} , que, por sua vez, desativa o canal de influxo de K^+ das células-guarda e ativa os canais de ânion voltagem-sensíveis, conseqüentemente, ocorre elevação do pH citoplasmático que provavelmente ativa os canais de efluxo de K^+ . Contudo, o mecanismo de abertura de canais de K^+ induzido pelo pH permanece desconhecido (MACROBBIE, 1992). O efluxo de K^+ leva a perda de turgor, o que resulta no fechamento do poro estomático (MACROBBIE, 2006).

A nutrição potássica promove alta concentração de prolina em vegetais, o que confere maior tolerância a períodos de seca (MARSCHNER, 2012).

O suprimento adequado de potássio também aumenta o transporte de fotossintatos pelo floema, uma vez que induz a melhora do status energético (ATP) da planta, estimulando a atividade de dreno o que contribui para o efluxo de açúcar via apoplasto das folhas fonte, além de aumentar a pressão osmótica nos tubos, que por sua vez, favorece a entrada de fotossintatos nos órgãos dreno, e a absorção de água pelas raízes (MENGEL & KIRBY, 2001). Mas, quando as plantas estão deficientes em potássio, nota-se baixa alocação de carboidratos para o sistema radicular, o que resulta em plantas com alta razão de matéria seca da parte aérea/sistema radicular (CAKMAK et al., 1994).

A fase sólida do solo pode ser considerada um reservatório para o potássio, entre outros nutrientes minerais, enquanto a fase líquida do solo é o meio para o movimento do cátion, K^+ , até a superfície das raízes, de modo que, o conteúdo de água no solo afeta o contato do potássio com a raiz, bem como a absorção deste nutriente. A absorção de potássio, geralmente, ocorre por difusão, mas, quando em concentrações extracelulares muito baixas, a absorção de potássio ocorre ativamente com gasto de ATP (MALAVOLTA, 2006; TAIZ & ZEIGER, 2008).

A absorção e translocação de potássio ocorrem por meio de transportadores e canais, que regulam atividades importantes para adaptação das plantas às diferentes concentrações de nutrientes no solo (LUAN et al., 2009). A eficiência de absorção de

potássio pelas plantas está relacionada com a cinética de absorção desses carregadores, o que torna possível a observação de plantas com alta taxa de absorção de potássio em solos com níveis baixos desse nutriente devido à expressão de canais de absorção de alta afinidade em condições de baixa fertilidade (LUAN et al., 2009).

As proteínas de transporte também estão envolvidas na eficiência de utilização dos nutrientes, que é definida por GRAHAM (1984) como a habilidade de uma espécie ou genótipo em fornecer altas produções mesmo em um solo com baixa disponibilidade do nutriente em estudo. Comumente ocorrem diferenças na eficiência nutricional entre as espécies (MORAIS et al., 1990; FURTINI NETO et al., 1996; SANTANA et al., 2002) e entre os clones de eucalipto (LIMA et al., 2005; MATTIELLO et al., 2009). Segundo SANTANA et al. (2002), a eficiência nutricional das plantas também pode ser afetada pelo suprimento de água no solo.

Em áreas sujeitas ao déficit hídrico onde os solos são de baixa fertilidade recomenda-se o cultivo de espécies que possuem alta eficiência de absorção e utilização de nutrientes (MORAIS et al., 1990; SANTANA et al., 2002).

III MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local de Condução do Experimento

O experimento foi conduzido no Viveiro Experimental de Plantas Ornamentais e Florestais da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Jaboticabal, SP, situado a 21° 05' a 21° 20' de latitude Sul e 48° 30' de longitude Oeste.

3.2 Formação das Mudanças

As mudas de *Corymbia citriodora* (Hook.) K. D. Hill & L. A. S. Johnson usadas no experimento foram produzidas no Viveiro Agromudas – Reflorestamento no município de Matão, SP, a partir de sementes coletadas em 27 de outubro de 2009 de árvores matrizes da Área de Produção de Sementes da FCAV–UNESP. Após a coleta, as sementes foram armazenadas em sacos de plástico em temperatura ambiente, onde permaneceram até a semeadura, neste período em Matão a temperatura média foi de 19,6 °C, oscilando de 23 °C a 16,2 °C.

Foram usados recipientes de plástico rígido (tubete de polipropileno) de 50 cm³, contendo substrato à base de fibra de coco, casca carbonizada de arroz, na proporção de 1:1, e vermiculita equivalente a 10% do volume da mistura. Foi adicionado ao substrato 1 g dm⁻³ de Osmocote (19-6-10) levemente moído.

Os recipientes para formação das mudas foram acondicionados em bandejas de plástico com capacidade para 96 unidades e encanteiradas sobre pedra britada em faixa de 1 m de largura e 25 m de comprimento. A semeadura foi realizada em 25 de junho de 2010 após embebição das sementes em água por cinco horas. Foram distribuídas três sementes por recipiente, quando as plantas atingiram cerca de 3 cm de altura e dois pares de folhas definitivas (não cotiledonares), deixou-se uma planta por recipiente e iniciou-se a fertirrigação com auxílio de uma mangueira de jardim no período da manhã, em dias alternados no primeiro mês. Após esse período, a frequência da fertirrigação tornou-se semanal.

A solução usada na fertirrigação continha: 2,55; 1,65; 1,0; 1,23; 0,75; 0,5; $2,85 \cdot 10^{-3}$; $1,2 \cdot 10^{-3}$; $0,6 \cdot 10^{-3}$; $0,3 \cdot 10^{-3}$ em g L⁻¹, respectivamente, de nitrato de cálcio, mono-amônio-fosfato (MAP), cloreto de potássio, sulfato de magnésio, uréia, Fetrlon®, ácido bórico, sulfato de manganês, sulfato de zinco e sulfato de cobre.

Na fase em que as plantas estavam em tubetes, foi realizada a aplicação de 6 L solução de leite (água e leite na proporção de 7:3) com bomba costal por canteiro de produção para controle de oídios (*Oidium* sp.).

3.3 Casa de Vegetação e Recipientes

O experimento foi conduzido em casa de vegetação de 30 m x 5 m e pé direito de 4,5 m de altura coberta com filme de plástico.

Foi usado vaso de plástico preto de 6,5 dm³, para a condução do experimento, contendo seis orifícios de 1 cm de diâmetro no fundo. Os vasos foram revestidos externamente com papel jornal para reduzir a absorção da radiação solar e assim evitar aquecimento do solo. Uma tela circular de polietileno de 0,05 mm de malha foi colocada internamente no fundo do vaso para impedir a passagem das raízes pelos orifícios.

3.4 Solo, Correção e Adubação de Base

O solo usado no experimento foi Latossolo Vermelho distroférico coletado à profundidade de 0 a 20 cm em uma área de rede de alta tensão na Fazenda Guataparã Setor A no município de Luiz Antonio, SP. O solo não vinha sendo cultivado há 10 anos.

A análise granulométrica do solo foi realizada no Laboratório de Física do Solo do Departamento de Solos e Adubos da FCAV-UNESP. Os resultados obtidos indicaram que o solo utilizado é de textura argilosa, com 47% de argila, 12% de silte, 29% de areia fina e 12% de areia grossa.

As análises de fertilidade do solo foram feitas de acordo com os métodos descritos em RAIJ et al. (2001) no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Solos e Adubos da FCAV-UNESP.

Da análise química da amostra do solo usado foram obtidos os seguintes resultados: P resina, 5 mg dm⁻³; MO, 15 g dm⁻³; pH em CaCl₂, 4,3; K⁺, 0,7 mmol_c dm⁻³;

Ca^{2+} , $5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Mg^{2+} , $2 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{H} + \text{Al}$, $42 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; CTC a pH 7, $50 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e saturação por bases (V), 15%.

Com base nos resultados da análise química, foram aplicados carbonato de cálcio e carbonato de magnésio, na proporção Ca:Mg de 2:1, com a finalidade de elevar a porcentagem de saturação por bases (V%) do solo para 50% (GONÇALVES et al., 1997) e 100 mg dm^{-3} de P utilizando superfosfato triplo em pó.

Após receber os carbonatos e o adubo fosfatado, 5 dm^3 de solo foram transferidos para os vasos, que receberam água de poço até atingir 70% da capacidade máxima de retenção de água do solo, condição que foi mantida durante o período de incubação de 30 dias.

Além da calagem, no décimo dia de incubação, todos os tratamentos receberam as seguintes doses de nutrientes: 15; 0,5; 1,0; 0,5; 1,5 e 0,02 em mg dm^{-3} , respectivamente, de N, B, Zn, Cu, Mn e Mo, usando como fontes sulfato de amônio, ácido bórico, sulfato de zinco, sulfato de cobre, cloreto de manganês e molibdato de amônio, por meio de solução, com base em GONZALES (2010). Nessa ocasião também foram adicionadas as doses de potássio, referentes aos tratamentos. Após 40 dias, foi retirada uma amostra de aproximadamente 270 cm^3 de solo de cada vaso, que foi seca ao ar, misturada e submetida à análise química de fertilidade, segundo RAIJ et al. (2001). Sendo assim, o volume final de solo de cada vaso foi de $4,73 \text{ dm}^3$.

3.5 Tratamentos

Foram aplicadas as seguintes doses de potássio: 0, 40, 80 e 120 mg dm^{-3} de K, usando-se cloreto de potássio (60% de K_2O). A determinação das doses de potássio aplicadas foi feita para atingir os limites inferior e superior da classe de teor médio ($1,6 - 3,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de K^+) e o limite inferior do teor alto em solo ($3,1 - 6,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de K^+), considerando as classes de interpretação propostas por RAIJ et al. (1997).

Foram considerados três tratamentos de nível de umidade do solo, referentes às variações de 30 a 80% e de 55 a 80% e manutenção a 80% da capacidade máxima de retenção de água no solo em vaso. Todos os tratamentos iniciaram com o nível de 80% e os limites inferiores eram atingidos com a supressão da irrigação. Quando o limite

inferior de umidade do solo de cada um dos dois primeiros tratamentos era atingido, adicionava-se a quantidade de água necessária para retornar ao limite superior (80%), com base na pesagem individual de cada vaso.

Três dias após o início da aplicação desses tratamentos, as plantas dos vasos que atingiram o nível de umidade do solo de 30% apresentaram murcha acentuada, próxima ao ponto de murcha permanente. Com base nisso, considerou-se que se as plantas não estavam suficientemente rustificadas para suportar o nível de 30% da capacidade retenção. Portanto, foram alterados os limites inferiores para 50% e 65% da capacidade máxima de retenção para os dois primeiros tratamentos, respectivamente e o terceiro tratamento manteve-se o nível de 80%.

3.6 Determinação da Capacidade Máxima de Retenção de Água no Solo

Para determinar o volume máximo de água retido pelo solo em vaso (capacidade máxima de retenção - CMR), foi usado o método de pesagem do conjunto de 10 vasos com pratos contendo massa de solo seco ao ar equivalente a 5 dm³ por vaso. Após a determinação da massa de solo seco (MSS), o solo foi saturado com água e o vaso protegido com saco de plástico para evitar evaporação. Após 24 horas, foi feita a pesagem para determinar a massa de solo após drenagem (MSD). A massa referente à CMR foi obtida pela média das diferenças entre MSD e MSS dos respectivos vasos.

3.7 Plantio e Condução do Experimento

As mudas foram selecionadas para plantio em vasos seguindo os critérios de bom aspecto fitossanitário (livre de pragas e doenças), ausência de deformações no caule, vigor semelhante e uniformidade quanto à altura, ao diâmetro e ao número de folhas.

Após a seleção, as plantas foram transportadas do local de produção para o Viveiro Experimental de Plantas Ornamentais e Florestais da FCAV-UNESP, onde receberam água por meio de irrigação intermitente (5 minutos de irrigação em intervalos de 40 minutos) no período diurno por seis dias, o que promoveu a lavagem da superfície do limbo foliar e lixiviação dos nutrientes presentes no substrato.

Foi realizado o plantio de duas mudas por vasos no dia 17 de setembro de 2010, quando as plantas tinham aproximadamente três meses de idade, cinco pares de folhas e cerca de 28 cm de altura (Figura 1). A capacidade máxima de retenção (CMR) foi mantida em 70% durante os 31 dias após o plantio. A escolha de duas plantas por vaso foi feita para reduzir o coeficiente de variação.



FIGURA 1 – Plantio das mudas de *Corymbia citriodora* nos vasos.

Efetuuou-se rodízio dos vasos semanalmente desde o plantio das mudas até o encerramento do experimento.

Iniciaram-se os tratamentos de níveis de umidade 32 dias após o plantio. O monitoramento dos níveis de umidade foi feito por meio de pesagens diárias. O nível de umidade do tratamento referente à CMR de 80% foi mantido com a adição de água necessária, com base nas pesagens, e a partir do 57º dia após o plantio, além desse procedimento de irrigação, adotou-se o sistema de gotejamento constante durante o período diurno. Para cada vaso desse tratamento, foi usado um conjunto de garrafa de plástico descartável anexada a um equipo hospitalar, sem agulha, ilustrado na Figura 2. A água era adicionada diariamente na garrafa e o número de gotas por minuto, ou seja,

a frequência de gotejamento foi estimada para fornecer a quantidade de água desejada durante 9 horas diurnas.



FIGURA 2 – Sistema de gotejamento usado nos tratamentos em que o nível de umidade era mantido a 80% da capacidade máxima de retenção água do solo em vaso.

O cálculo da quantidade de água a ser reposta era feito com base na última pesagem em que o vaso apresentava a massa referente ao limite superior de umidade no solo. Para mitigar o erro decorrente do aumento de massa da planta com a idade, estimava-se o incremento de massa fresca das plantas semanalmente, de modo a ajustar a massa dos conjuntos: vasos, solo e plantas, referentes às porcentagens de capacidade máxima de retenção dos vasos de cada tratamento.

Todos os tratamentos receberam a adubação de cobertura com a aplicação de sulfato de amônio por vaso, equivalente a 15 mg dm^{-3} de N e $17,2 \text{ mg dm}^{-3}$ de S, aos 70 dias após o plantio.

O experimento foi conduzido por 94 dias após o plantio, sendo que os tratamentos de níveis de umidade foram promovidos apenas nos últimos 62 dias.

3.7.1 Controle Fitossanitário

Durante a condução do experimento, verificaram-se folhas com oídio (*Oidium* sp.) e pulgões em todos os tratamentos. Para o controle dos mesmos, foram feitas aplicações semanais do fungicida sistêmico Rubigan 120 EC (12% de Feranimol) e do inseticida de contato e ingestão Decis Ultra 100 EC (10% de Deltametrina), respectivamente nas concentrações de 1 mL L⁻¹ e 0,5 mL L⁻¹ nos dois primeiros meses de condução do experimento. As aplicações do inseticida eram realizadas no dia seguinte a aplicação do fungicida.

Aos 67 e 74 dias após o plantio, foi aplicado Premier Plus (17,5% de Imidacloprido e 25% de Triadimenol) de ação fungicida e inseticida, na concentração de 1 mL L⁻¹.

Durante a condução do experimento, as folhas das plantas eram levemente pulverizadas com água de poço duas vezes ao dia, como medida auxiliar no controle da doença, pois a umidade nas folhas inibe o crescimento de oídios (SANTOS et al., 2001).

3.8 Delineamento Experimental

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com quatro doses de potássio e três níveis de umidade do solo, combinados no esquema fatorial 4 x 3, com seis repetições. Cada parcela foi composta por um vaso contendo duas plantas.

3.9 Avaliações

No encerramento do experimento aos 94 dias após o plantio, foram realizadas as avaliações de porcentagem de sobrevivência, altura, diâmetro do caule, área foliar, massa de matéria seca de folhas, de caule e ramos, total da parte aérea, de raízes e total das plantas da parcela, comprimento e diâmetro das raízes, número de folhas, índice de conteúdo de clorofila, concentração de clorofilas, concentração e acúmulo foliar de macronutrientes e eficiência de utilização de potássio nas folhas.

3.9.1 Características morfológicas

Na determinação da altura da planta e do diâmetro do caule, foram usados respectivamente, trena milimetrada e paquímetro digital (Absolute Digimatic – MITUTOYO). Considerou-se como altura da parte aérea o comprimento entre a base do caule em contato com o solo e o ápice do par de folhas mais jovem. O diâmetro foi obtido a 10 cm do solo.

3.9.1.1 Sistema radicular

Após o corte da parte aérea, as raízes foram separadas dos outros componentes da planta, lavadas em água corrente de poço e armazenadas a 5 °C em frascos de vidro contendo solução alcoólica 20%.

Posteriormente, foram obtidas três amostras de raízes por parcela, cada uma contendo de 1 g de massa fresca. As amostras foram lavadas em água corrente de torneira e acondicionadas em recipientes de plástico contendo solução de azul de metileno para colori-las, onde permaneceram por dois minutos. Após a coloração, as amostras foram lavadas novamente. Em seguida, cada amostra foi disposta separadamente sobre uma bandeja com água, de modo a evitar ao máximo a sobreposição das raízes, para que fossem digitalizadas por um scanner AT-Delta (T Devices - Delta-T Scan). A imagem de cada amostra foi processada pelo software do mesmo equipamento, para mensuração do comprimento e o diâmetro de raiz.

Foi determinada a matéria seca total das raízes por parcela, e a partir do comprimento das amostras de raízes, foi calculado o comprimento total das raízes por parcela. O diâmetro médio das raízes foi determinado calculando-se a média dos valores de diâmetro obtidos com as amostras de mesmo tratamento.

3.9.1.2 Área foliar e matéria seca

A parte aérea das plantas foi subdividida em folhas, caule e ramos. A área foliar foi mensurada pelo sistema de análise de imagens Delta-T Image Analysis System.

Posteriormente, as folhas foram lavadas em sequência: em água corrente de torneira, em solução de detergente neutro (1 mL L^{-1}), e três vezes em água

desmineralizada para determinação das concentrações de nutrientes. Os componentes da planta foram acondicionados em sacos de papel identificados e colocados em estufa com circulação forçada de ar a 70 °C, até massa constante. Foram determinadas as massas de matéria seca de folhas, caule e ramos juntos, da parte aérea, de raízes e total.

3.9.2 Características fisiológicas

Foram determinados índice de conteúdo de clorofila, com o uso de clorofilômetro portátil CCM-200 (OptiSciences), e concentrações de clorofilas a, b e total pelo método de ARNON (1949). Essas medidas foram realizadas em apenas quatro repetições de cada tratamento, sendo que cada medida foi feita em uma folha de uma única planta por vaso. As mensurações foram realizadas no período da manhã, quando todos os tratamentos estavam em seus respectivos níveis de umidade mínimos: 80%, 65% e 50%.

Para determinação das concentrações de clorofilas pelo método deletério, foram obtidas amostras de 1 g de matéria fresca de tecido foliar de cada parcela. As amostras foram maceradas com 3 mL de nitrogênio líquido para facilitar a trituração do material, em seguida promoveu-se a maceração com aproximadamente 7 mL de acetona 80% (v/v). O produto final foi filtrado a vácuo e o volume completado até 100 mL com acetona 80%. Os extratos obtidos foram submetidos às medidas de absorvância nos comprimentos de onda de 663, 645 e 652 nm para determinar as concentrações de clorofila a, clorofila b, clorofilas totais (a + b) respectivamente, com base nas equações propostas por ARNON (1949).

As características fisiológicas mensuradas neste experimento foram realizadas em folhas expandidas do terceiro verticilo do tipo oblonga expostas à radiação solar.

3.9.3 Concentrações e quantidades de nutrientes nas folhas

Após a determinação da massa de matéria seca, realizou-se moagem de folhas em moinho de aço inoxidável do tipo Willey, com peneira de 20 mesh e coletou-se uma amostra de 4 g por parcela. A determinação da concentração dos macronutrientes foi

realizada conforme os métodos descritos por SARRUGE & HAAG (1974) no Laboratório de Nutrição de Plantas, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - USP, Piracicaba, SP.

O nitrogênio foi determinado pelo método analítico semi-micro Kjeldahl, após digestão sulfúrica, enquanto a digestão nítrico-perclórica foi realizada para determinar os demais macronutrientes. As determinações de fósforo e potássio foram por colorimetria de metavanadato e fotometria de chama respectivamente, as de cálcio e magnésio por espectrofotometria de absorção atômica, e o enxofre foi determinado por turbidimetria (SARRUGE & HAAG, 1974).

Os conteúdos dos macronutrientes nas folhas foram obtidos pela multiplicação dos valores de matéria seca foliar pelas respectivas concentrações dos nutrientes. A eficiência de utilização de potássio (EUK) nas folhas foi determinada de acordo com a equação proposta por SIDDIQI & GLASS (1981):

$$\text{EUK} = (\text{matéria seca total de folhas})^2 / \text{quantidade de potássio nas folhas}.$$

3.10 Análises Estatísticas

Foram feitas as análises de variância dos dados obtidos. Os efeitos dos tratamentos foram analisados através de equações de regressão polinomial. Mesmo quando o valor de F da análise de variância para efeito de tratamentos (quatro doses crescentes de potássio) foi não significativo, realizou-se a análise de regressão por polinômios ortogonais. Foi usado o programa AgroEstat desenvolvido pelo Departamento de Ciências Exatas da FCAV–UNESP (BARBOSA & MALDONATO, 2011).

IV RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após calagem e aplicação de nutrientes, inclusive do potássio, foram obtidos os seguintes resultados médios de fertilidade do solo dos tratamentos: P resina, 41 mg dm⁻³; MO, 16 g dm⁻³; pH em CaCl₂, 5,2; Ca²⁺, 17 mmol_c dm⁻³; Mg²⁺, 9 mmol_c dm⁻³; H + Al, 26 mmol_c dm⁻³; CTC a pH 7, 54 mmol_c dm⁻³ e saturação por bases (V), 51%. Esses atributos químicos foram considerados adequados para o crescimento de plantas de *C. citriodora* em vasos para o período de condução do experimento.

As doses de potássio aplicadas elevaram de forma linear o teor de potássio no solo (Figura 3) e não interferiram nas demais características de fertilidade do solo.

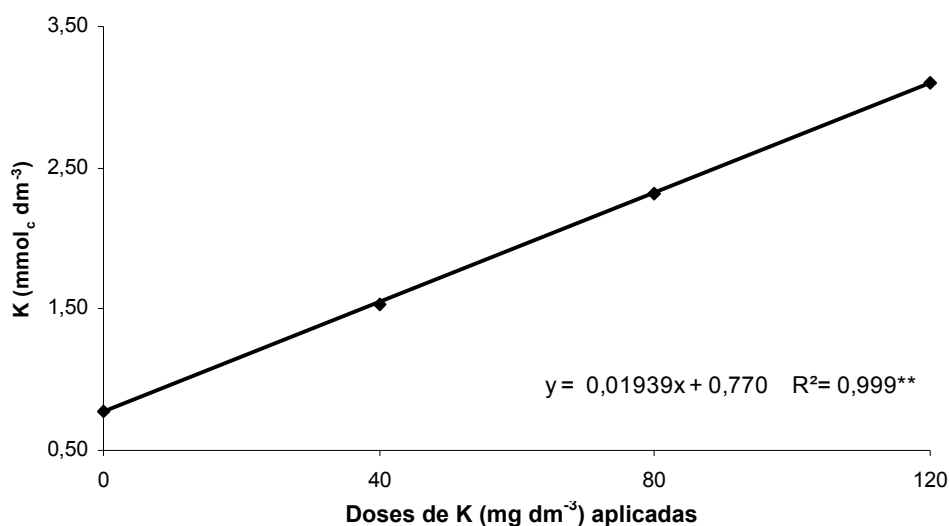


Figura 3 – Variação do teor de potássio no solo em função das doses de potássio aplicadas, após 40 dias de incubação.

A sobrevivência das plantas foi de aproximadamente 100% independentemente do tratamento. Observou-se a morte de apenas uma planta durante o experimento, aparentemente, causada por afogamento de coleto.

No tratamento de maior variação de umidade do solo, se observava murcha acentuada das folhas das plantas, quando o solo atingia-se o limite inferior de umidade,

ou seja, de 50%, inclusive das plantas supridas com maiores quantidades de potássio que apresentaram perda de turgidez semelhante às plantas que não receberam potássio, o que não era esperado, visto que, as maiores doses de potássio no solo acarretaram maior acúmulo desse elemento nos tecidos vegetais, o que teoricamente deveria ter contribuído para o aumento e manutenção do turgor, mesmo sob condições de baixo potencial hídrico foliar decorrente da menor disponibilidade de água (MAHOUACHI et al., 2006). Após retornar o nível de umidade a 80%, as plantas do tratamento 50% recuperavam a turgescência das folhas em um período inferior a 30 minutos.

O crescimento em altura das plantas foi reduzido nos tratamentos 65% e 50% de nível de umidade em comparação ao de 80%. No tratamento 65%, a altura média das plantas foi 6,7% inferior ao tratamento 80% (Tabela 1 e Figura 4). SILVA et al. (1997), estudando plantas da mesma espécie, verificaram redução mais acentuada no crescimento, equivalente a 18,4% quando compararam a altura das plantas mantidas próximas à capacidade de campo com as que permaneceram a aproximadamente 62% da capacidade máxima. O maior decréscimo no crescimento, observado por esses autores, se deve provavelmente ao fato de que, os níveis de umidade do solo foram mantidos durante toda a condução do experimento, diferentemente do presente trabalho, em que era adicionada água aos vasos para que o nível de umidade do solo retornasse a 80%, logo que os limites inferiores de umidade eram atingidos.

Em híbridos de eucalipto sob estresse hídrico, a altura foi aproximadamente 20% menor que a obtida no tratamento controle (TEIXEIRA et al., 1995). Plantas de *C. citriodora*, *E. pellita*, *E. camaldulensis*, *E. cloeziana*, *E. urophylla* (GONÇALVES & PASSOS, 2000), *E. globulus* (GUARNASCHELLI et al., 2006) também cresceram menos em altura quando sob baixa disponibilidade hídrica.

O diâmetro do caule foi afetado pelas doses de potássio, mas não pelos níveis de umidade. O crescimento em diâmetro estimado (6,87 mm) seria obtido com a aplicação de $68,7 \text{ mg dm}^{-3}$ de K (Tabela 1 e Figura 5).

Uma vez que o processo de diferenciação das células do xilema envolvidas na formação inicial de madeira requer potássio, é provável que tenha ocorrido um acúmulo

desse nutriente na zona de diferenciação, o que promoveu expansão celular (LANGER et al., 2002) e maior crescimento em diâmetro.

Tabela 1 – Variáveis de crescimento das plantas de *Corymbia citriodora* em função dos níveis de umidade do solo e doses de potássio, aos 94 dias após o plantio em vaso.

U %	K mg dm ⁻³	A cm	D mm	NF	AF cm ²	MST	MSC	MSF	MSPA
80	0	95,1	6,43	70,6	1254,3	62,29	22,17	27,86	50,03
80	40	91,9	7,11	71,1	1376,6	67,91	23,16	30,55	53,71
80	80	90,4	6,68	67,0	1250,3	64,72	19,92	29,93	49,85
80	120	94,3	7,24	78,9	1331,0	66,92	22,76	30,09	52,85
Médias		92,9	6,86	71,9	1303,1	65,46	22,00	29,61	51,61
65	0	91,4	6,06	88,1	1186,2	59,69	19,85	27,61	47,46
65	40	95,6	7,01	73,7	1232,8	62,49	20,93	27,24	48,17
65	80	90,9	6,76	77,0	1288,7	66,65	20,69	30,91	51,60
65	120	91,5	6,49	67,6	1152,9	61,22	18,66	28,08	46,74
Médias		92,3	6,58	76,6	1215,1	62,51	20,03	28,46	48,49
50	0	91,9	6,58	77,0	1015,5	62,49	19,92	27,62	47,53
50	40	83,2	6,70	81,6	1143,5	62,66	19,95	29,59	49,54
50	80	88,2	6,70	67,8	950,6	61,28	19,32	27,52	46,83
50	120	83,6	6,26	93,1	1154,1	61,90	19,35	28,00	47,36
Médias		86,7	6,56	79,9	1065,9	62,08	19,63	28,18	47,81
Teste F									
Umidade (U)		7,77**	2,64 ^{ns}	2,03 ^{ns}	3,36*	15,64**	5,05**	1,67 ^{ns}	6,62**
Doses de K (K)		1,02 ^{ns}	3,96*	1,61 ^{ns}	1,29 ^{ns}	1,71 ^{ns}	0,83 ^{ns}	1,28 ^{ns}	0,97 ^{ns}
K x U		1,67 ^{ns}	2,02 ^{ns}	2,52*	1,28 ^{ns}	1,47 ^{ns}	0,87 ^{ns}	1,24 ^{ns}	1,51 ^{ns}
CV (%)		6,66	7,72	18,07	7,76	12,43	13,46	9,96	7,82

Valores médios de 12 plantas (6 vasos/repetições): A – altura, D – diâmetro, NF - número de folhas, AF - área foliar. Valores médios da parcela: MST - matéria seca total, MSC - matéria seca de caule e ramos, MSF - matéria seca das folhas, MSPA - matéria seca da parte aérea.

^{ns} - Não significativo ($P > 0,05$), * e ** - Significativos $P \leq 0,05$ e $P \leq 0,01$ respectivamente, pelo teste F.

Em clones de *Eucalyptus*, a aplicação de potássio também aumentou o crescimento em diâmetro até determinada dose, e não alterou o crescimento em altura na fase de rustificação de mudas (D'AVILA et al., 2011), indicando que esse nutriente parece afetar mais o diâmetro do caule do que a altura da planta nas idades estudadas.

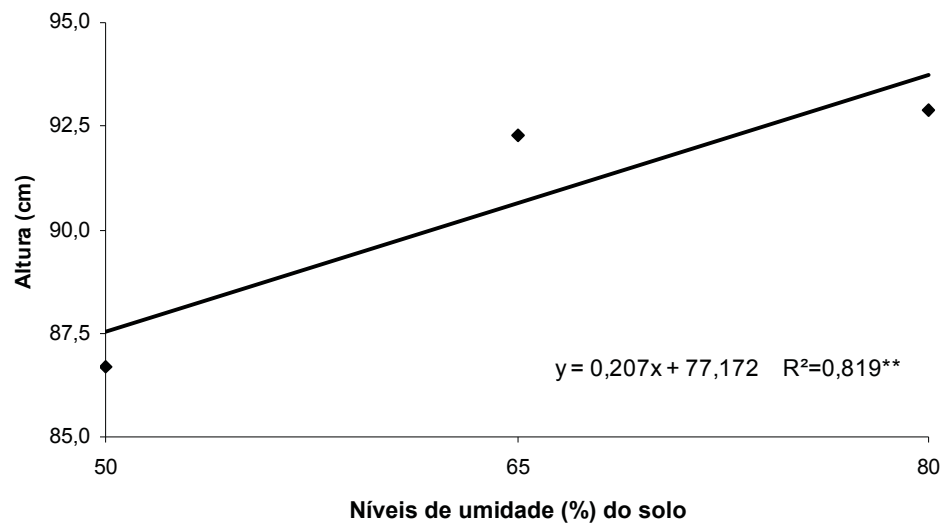


Figura 4 – Variação da altura das plantas de *Corymbia citriodora* em função dos níveis de umidade do solo, aos 94 dias após o plantio.

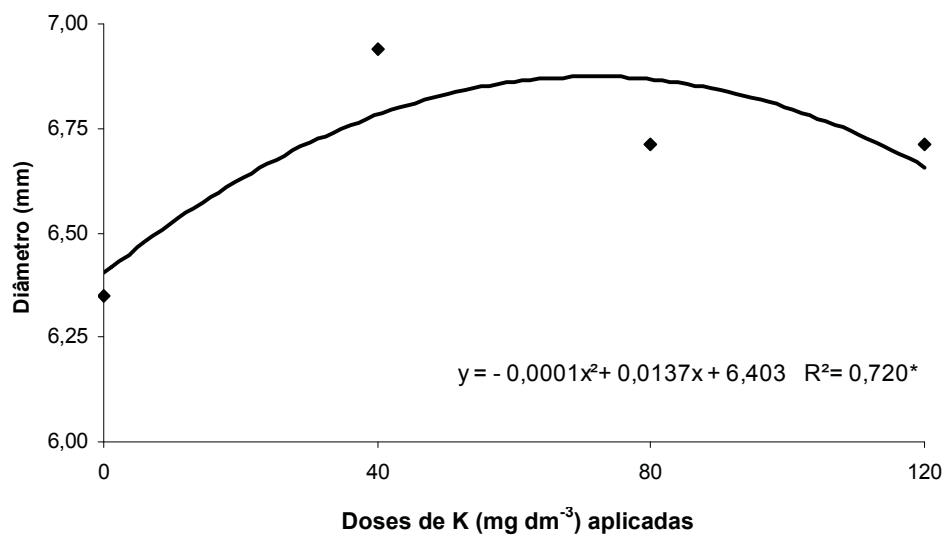


Figura 5 – Variação do diâmetro do caule das plantas de *Corymbia citriodora* em função das doses de potássio, aos 94 dias após o plantio.

Houve efeito da interação entre os níveis de umidade do solo e as doses de potássio aplicadas no número de folhas (Tabela 1). Contudo, não foi possível determinar uma tendência em resposta à interação entre os fatores ao fazer o desdobramento dos tratamentos. Embora o efeito dos tratamentos hídricos não tenha sido significativo isoladamente sobre o número de folhas, foi possível observar que, de modo geral, ocorreu um aumento no número de folhas nos menores níveis de umidade do solo (65% e 50%), bem como redução da área individual das folhas. O acréscimo no número de folhas nesses tratamentos foi insuficiente para manter ou aumentar a área foliar total da planta (Tabela 1 e Figura 6). Contudo, segundo KOZLOWSKI & PALLARDY (2002), sob baixa disponibilidade de água, é mais comum que as plantas produzam menos folhas e de menor tamanho como um mecanismo de redução de perda de água por transpiração.

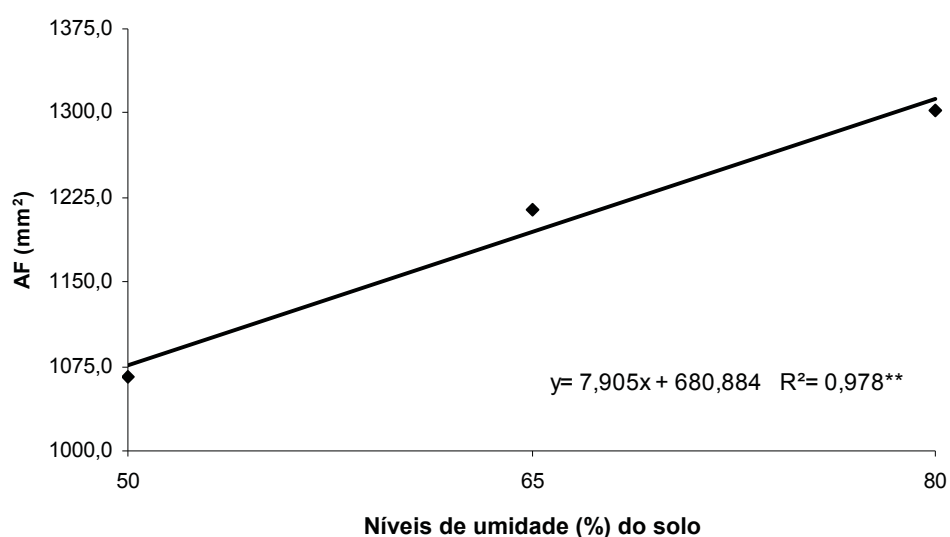


Figura 6 – Variação da área foliar das plantas de *Corymbia citriodora* em função dos níveis de umidade do solo, aos 94 dias após o plantio.

Durante a condução do experimento, foi observada abscisão foliar e as folhas emitidas posteriormente apresentaram área menor do que as que caíram previamente, como consequência de processos de aclimação desenvolvidos em resposta as

condições de restrita disponibilidade de água (KOZLOWSKI & PALLARDY, 2002) e de heterofilia.

As plantas, na ocasião do plantio em vasos, possuíam folhas do tipo oblongas, com pequenos pêlos na epiderme e fina cutícula. A partir dos 60 dias após o plantio, começou observar-se a emissão de folhas lanceoladas, com ausência de pêlos na lâmina e cutícula mais espessa. Quando o experimento foi encerrado, as plantas ainda estavam nessa fase de transição de folhas juvenis para folhas adultas. Assim, é provável que os resultados de área foliar obtidos tenham sido influenciados por essa característica, conhecida como heterofilia. Essa alteração morfológica das folhas de *C. citriodora* foi citada por BOLAND et al. (2006).

As folhas lanceoladas possuem menor área foliar, e consequentemente a vantagem de apresentar menor taxa de transpiração.

Em alguns clones de híbridos de eucalipto verificou-se que o índice de área foliar tornou-se menor com o aumento da idade entre 15 e 70 meses (XAVIER et al., 2002).

Houve correlação positiva entre a área foliar e a matéria seca total de 0,516** ($P \leq 0,01$). Reduções na área foliar, geralmente, resultam em menor perda de água por unidade de biomassa, o que pode reduzir o crescimento, mas aumentar a capacidade das plantas sobreviverem em períodos em que o nível de umidade do solo é baixo (ABRAMS et al., 1994).

Não foi verificado efeito do potássio na área foliar de *C. citriodora*. Contudo, TEIXEIRA et al. (1995) verificaram que a área foliar de nove híbridos de eucalipto, sob déficit hídrico, sofreu um acréscimo médio de 153,8% com a aplicação de potássio.

A produção de matéria seca total das plantas da parcela aumentou linearmente com o aumento dos níveis de umidade (Figura 7), mas não foi afetada pelas doses de potássio. Os tratamentos 80, 65 e 50% apresentaram valores de biomassa total consideravelmente próximos. Os decréscimos de produção de matéria seca em função do nível de umidade foram em torno de 5%, sugerindo que provavelmente os períodos de baixa disponibilidade hídrica que as plantas foram submetidas foram curtos e insuficientes para causar alterações substanciais nas plantas.

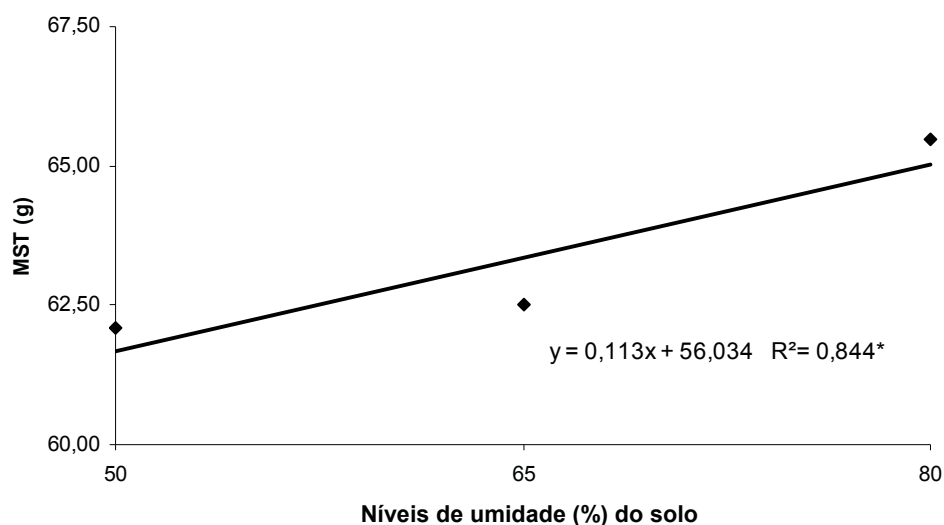


Figura 7 – Variação da produção de matéria seca total das plantas de *Corymbia citriodora* em função dos níveis de umidade do solo, aos 94 dias após o plantio.

A aplicação de 150 mg dm^{-3} de potássio aumentou a produção de matéria seca total de plantas de *E. urophylla* x *E. pellita* em quatro vezes, quando esses foram mantidos à capacidade de campo, e em 2,3 vezes, sob baixa disponibilidade hídrica (TEIXEIRA et al., 1995).

A matéria seca de caule e ramos foi afetada pelos níveis de umidade do solo (Figura 8). O baixo suprimento de água no solo prejudica o crescimento das células em diâmetro, número e tamanho, bem como a espessura da parede celular do xilema, e essas características são importantes na formação da madeira dos caules e ramos (LIMA, 1979).

Não foram observadas diferenças entre as doses de potássio aplicadas na produção de biomassa de caule e ramos, apesar da aplicação de potássio ter afetado o diâmetro do caule, o que pode ser um indicativo de que as plantas do tratamento 80% de nível de umidade apresentaram maiores valores de matéria seca de caules e ramos devido à maior produção ou crescimento dos ramos.

Não foram verificados efeitos do suprimento de água e da aplicação de potássio na produção de biomassa foliar, apesar da área foliar ter sido afetada pelas condições hídricas (Tabela 1). Provavelmente as folhas tornaram-se menos espessas devido à maior expansão da área do limbo sem necessariamente incremento na produção de tecido foliar. De acordo com WILSON et al. (1999), a espessura e a área foliar são características morfológicas altamente correlacionadas, sendo que folhas mais finas tendem a maiores áreas foliares.

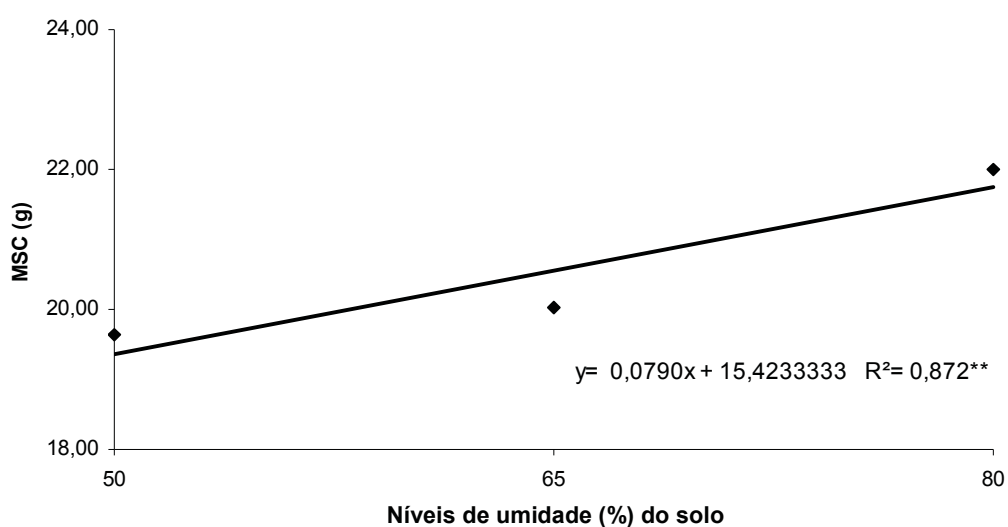


Figura 8 – Variações na produção de matéria seca de caules e ramos de plantas de *Corymbia citriodora* em função dos níveis de umidade do solo, aos 94 dias após o plantio.

Em estudos com *E. urophylla*, *E. grandis*, *E. camaldulensis* e *E. urophylla* x *E. grandis*, TEIXEIRA et al. (2006) observaram efeito significativo da interação entre as doses de potássio e as quantidades de água no solo na massa seca de folhas.

A produção de matéria seca da parte aérea também aumentou linearmente com o aumento da umidade do solo (Figura 9), tendo sido reflexo da variação da matéria seca de caule e ramos.

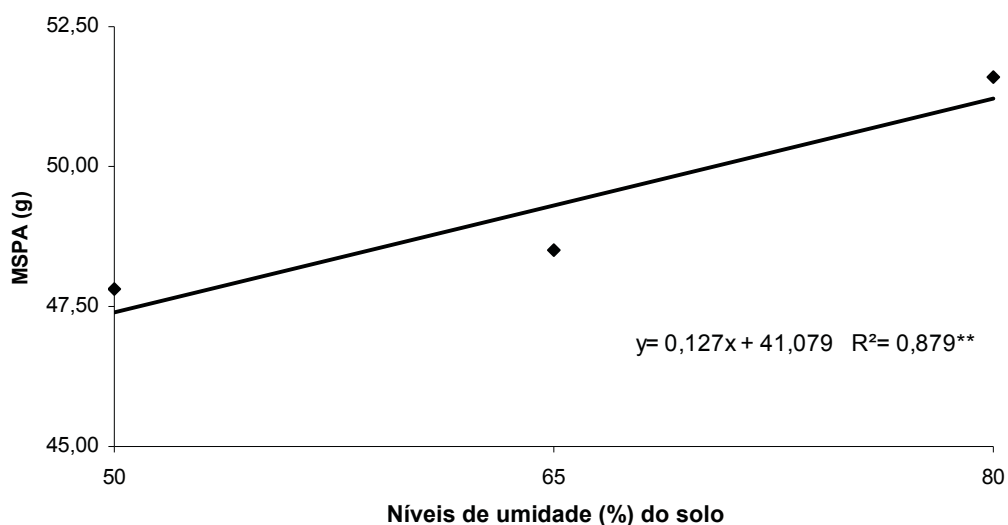


Figura 9 – Variação da produção de matéria seca de parte aérea das plantas de *Corymbia citriodora* em função dos níveis de umidade do solo, aos 94 dias após o plantio.

As variáveis de crescimento radicular não foram afetadas pelos tratamentos de níveis de umidade e doses de potássio (Tabela 2). O volume do vaso foi considerado limitante para o crescimento radicular das plantas para o período de condução do experimento, com base no fato de que, no momento da coleta das raízes, foi notado intenso enovelamento dos sistemas radiciais das plantas no fundo do vaso. Essa limitação de espaço pode ter sido responsável pela ausência de significância dos tratamentos hídricos nas variáveis: matéria seca e comprimento de raízes.

A maior parte das raízes era fina, em torno de 40 mm de diâmetro, independentemente do tratamento (Tabela 2). Raízes finas apresentam maior razão superfície/volume, o que confere maior capacidade de absorção (VILELA & ANGHINONI, 1984). A perda de água pelo sistema planta e solo era em torno de 290 mL por dia, assim o desenvolvimento de raízes capazes de absorver eficiente e rapidamente a água logo que o nível de umidade fosse elevado a 80% era de extrema importância para manutenção do crescimento e sobrevivência das plantas.

Tabela 2 – Variáveis de crescimento de raízes das plantas de *Corymbia citriodora* em função dos níveis de umidade do solo e doses de potássio, aos 94 dias após o plantio em vaso.

U %	K mg dm ⁻³	MSR g vaso ⁻¹	CT m	DM mm
80	0	12,27	688,58	0,44
80	40	14,10	764,15	0,41
80	80	14,87	915,55	0,41
80	120	14,07	757,15	0,42
Médias		13,85	781,36	0,42
65	0	12,23	708,51	0,42
65	40	14,33	865,94	0,46
65	80	15,05	859,25	0,42
65	120	14,48	893,90	0,39
Médias		14,02	831,90	0,42
50	0	14,96	653,01	0,45
50	40	13,13	685,43	0,44
50	80	14,45	827,62	0,44
50	120	14,55	842,45	0,39
Médias		14,27	752,13	0,43
			Teste F	
Umidade (U)		0,22 ^{ns}	0,69 ^{ns}	0,29 ^{ns}
Doses de K (K)		1,79 ^{ns}	2,05 ^{ns}	2,04 ^{ns}
K x U		1,16 ^{ns}	0,32 ^{ns}	1,00 ^{ns}
CV (%)		15,82	30,23	13,41

Valores médios da parcela: MSR - matéria seca da raiz. CT - comprimento total de raiz; DM - diâmetro médio de raiz.

^{ns} - Não significativo ($P > 0,05$), * e ** - Significativos $P \leq 0,05$ e $P \leq 0,01$ respectivamente, pelo teste F.

O diâmetro de raízes de plantas de *E. camaldulensis*, cultivadas em vasos, contendo Latossolos de texturas muito argilosa e franco-arenosa, não compactados, na capacidade de campo, variou de 0,25 a 4,00 mm após 100 dias de plantio (SILVA et al., 2002). O diâmetro médio, encontrado no presente trabalho, foi próximo ao limite superior de intervalo de valores observados para essa característica por SILVA et al. (2002).

O padrão e o crescimento radicular são controlados geneticamente e altamente influenciados pelas condições edáficas, sendo que espécies, variedades, ou mesmo

diferentes materiais genéticos de uma mesma espécie apresentam diferenças significativas na produção de raízes (WITSCHORECK et al., 2003).

De acordo com a classificação de RAIJ et al. (1997), as concentrações de potássio 0,8 e 1,5 mmol_c dm⁻³ encontradas no solo resultantes das doses 0 e 40 mg dm⁻³, respectivamente, são consideradas baixas, porém não limitaram o crescimento das plantas, com exceção do diâmetro do caule (Tabela 1).

Nas condições do presente trabalho, *C. citriodora* pareceu ser exigente em umidade do solo e pouco exigente em potássio, pois várias características de crescimento foram afetadas pelos níveis de umidade, mas não pelas doses aplicadas do nutriente. Segundo BARROS & NOVAIS (1996) as plantas de eucalipto na fase de muda geralmente não apresentam respostas à adubação potássica, provavelmente em decorrência de uma baixa exigência deste nutriente nessa fase de desenvolvimento.

TEIXEIRA et al. (1995) verificaram que a espécie possui resistência estomática inferior a *E. urophylla*, *E. pellita*, *E. grandis*, *E. tereticornis*, *E. cloezina* e *E. saligna* em condições de redução da disponibilidade hídrica, com o uso de polietileno glicol (PEG), isto é, apresenta maior perda de água por transpiração do que as outras espécies, portanto maior exigência de umidade.

Não houve efeito dos níveis de umidade e das doses de potássio isoladamente no índice de conteúdo de clorofila (Tabela 3) e apesar da interação ter sido significativa para essa variável, o desdobramento das doses de potássio dentro dos níveis de umidade não revelou uma tendência do efeito interativo entre os tratamentos no índice de conteúdo de clorofila.

Muitas vezes, a comparação entre índices coletados em estudos diferentes não é indicada, devido às diferenças na morfologia foliar de espécies distintas e no conteúdo de água das folhas que afetam os parâmetros usados na estimativa do índice relativo de clorofila do tecido foliar (RICHARDSON et al., 2002).

As concentrações de clorofilas a, b e total não foram influenciadas pelos tratamentos aplicados (Tabela 3). Segundo FAROOQ et al. (2009), entre os pigmentos fotossintéticos, as clorofilas a e b são os pigmentos mais influenciados pelo nível de umidade do solo e pode ocorrer redução da concentração de clorofila total (LAWLOR &

CORNIC, 2002) ou mesmo aumento do teor de clorofila b e nenhuma alteração na concentração total de clorofila quando as plantas estão em condições de acentuado déficit hídrico (ESTILL et al., 1991; ASHRAF et al., 1994).

Tabela 3 – Variáveis fisiológicas das plantas de *Corymbia citriodora* em função dos níveis de umidade do solo e doses de potássio, aos 94 dias após o plantio em vaso.

U %	K mg dm ⁻³	ICC	Chl a ----- mg g ⁻¹	Chl b ----- mg g ⁻¹	Chl total -----
80	0	9,33	0,61	0,29	0,90
80	40	10,03	0,47	0,27	0,74
80	80	9,13	0,48	0,28	0,76
80	120	9,10	0,51	0,31	0,82
Médias		9,40	0,52	0,29	0,80
65	0	11,10	0,51	0,34	0,86
65	40	8,87	0,47	0,26	0,73
65	80	8,42	0,68	0,37	1,04
65	120	9,67	0,55	0,32	0,86
Médias		9,51	0,55	0,32	0,87
50	0	9,55	0,57	0,34	0,91
50	40	10,28	0,41	0,24	0,65
50	80	10,40	0,69	0,42	1,12
50	120	10,40	0,43	0,22	0,66
Médias		10,16	0,52	0,30	0,83
Teste F					
Umidade (U)		0,74 ^{ns}	2,46 ^{ns}	1,68 ^{ns}	2,37 ^{ns}
Doses de K (K)		2,11 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,28 ^{ns}
K x U		2,38*	1,11 ^{ns}	0,69 ^{ns}	0,89 ^{ns}
CV%		14,24	35,95	47,35	38,35

ICC - índice de conteúdo de clorofila; Chl a - concentração de clorofila a; Chl b - concentração de clorofila b; Chl total - concentração de clorofila total (a+b).

^{ns} - Não significativo (P > 0,05), * e ** - Significativos P ≤ 0,05 e P ≤ 0,01 respectivamente, pelo teste F.

Os coeficientes de variação dos dados de concentrações de pigmentos fotossintéticos foram altos (Tabela 3), talvez em decorrência de diferenças na espessura do limbo, e nos graus de maturidade fisiológica e bioquímica das folhas. O tamanho da amostra de tecido foliar para obter-se 1 g de matéria fresca, para a determinação da concentração das clorofilas, variou juntamente com a espessura das folhas.

Em *E. globulus* ocorre alteração na anatomia foliar e na distribuição do conteúdo de clorofilas com o grau de desenvolvimento das folhas (JAMES et al., 1999). Não foram encontrados estudos semelhantes em folhas de *C. citriodora*.

As concentrações de nitrogênio, cálcio e magnésio nas folhas (Tabela 4) não sofreram alterações em função dos tratamentos, embora as absorções desses nutrientes sejam altamente afetadas pelo conteúdo de água no solo, uma vez que esses nutrientes são absorvidos principalmente por fluxo de massa (MALAVOLTA, 2006), e apesar do potássio ter efeito antagônico sobre a absorção dos cátions divalentes conforme relatado por BÜLL et al. (1993).

Verificaram-se efeitos dos tratamentos de níveis de umidade nas concentrações foliares de fósforo, potássio e enxofre (Tabela 4). De acordo com BAXTER (2009), alterações nas concentrações de nutrientes nas plantas ocorrem em decorrência de uma variedade de fatores, entre eles, mudanças no suprimento de água no solo. As absorções iônicas radiculares do fósforo e potássio ocorrem preferencialmente por difusão, enquanto a absorção de enxofre ocorre por fluxo de massa, sendo que a disponibilidade de água limita esses processos (MALAVOLTA, 2006). Assim, as condições mais favoráveis de umidade do solo propiciaram maiores absorções de fósforo, potássio e enxofre.

A variação da concentração de fósforo nas folhas em função dos níveis de umidade foi representada por um modelo linear (Figura 10). Plantas de *E. grandis*, submetidas a dois manejos hídricos e quatro doses de potássio, apresentaram alterações nas concentrações foliares de fósforo em função apenas dos diferentes manejos hídricos (SILVA, 2003).

Houve efeito da umidade e da adubação potássica na concentração foliar de potássio (Tabela 4) e, apesar da interação não ter sido significativa, foi feito o desdobramento dos graus de liberdade da mesma e verificou-se que as concentrações desse nutriente foram maiores nas condições de maior umidade, com aumentos lineares em função das doses de potássio (Figura 12).

Tabela 4 – Concentração de macronutrientes em folhas de *Corymbia citriodora* em função dos níveis de umidade do solo e doses de potássio, aos 94 dias após o plantio em vaso.

U %	K mg dm ⁻³	N	P	K	Ca	Mg	S
				g kg ⁻¹			
80	0	10,88	1,52	4,89	6,44	2,53	0,89
80	40	9,80	1,29	5,92	5,77	2,28	0,78
80	80	9,52	1,28	8,88	6,18	2,55	0,76
80	120	9,40	1,28	11,22	5,92	2,20	0,80
Médias		9,90	1,34	7,73	6,08	2,39	0,80
65	0	10,10	1,43	4,59	6,04	2,08	0,70
65	40	9,96	1,20	6,12	6,13	2,33	0,64
65	80	9,55	1,16	8,29	5,99	2,08	0,70
65	120	9,36	1,32	10,20	6,35	2,16	0,72
Médias		9,74	1,28	7,30	6,13	2,16	0,69
50	0	9,98	1,19	3,82	5,83	2,40	0,66
50	40	9,34	1,10	5,70	6,00	2,31	0,65
50	80	9,80	1,28	8,06	6,89	2,01	0,65
50	120	10,30	1,18	9,82	6,64	2,35	0,56
Médias		9,86	1,19	6,85	6,34	2,27	0,63
Teste F							
Umidade (U)		0,18 ^{ns}	6,00 ^{**}	4,37 [*]	0,60 ^{ns}	2,88 ^{ns}	21,31 ^{**}
Doses de K (K)		2,11 ^{ns}	4,48 ^{**}	118,83 ^{**}	0,75 ^{ns}	0,57 ^{ns}	1,67 ^{ns}
K x U		1,37 ^{ns}	1,90 ^{ns}	0,53 ^{ns}	1,05 ^{ns}	1,84 ^{ns}	1,51 ^{ns}
CV (%)		9,70	12,40	14,14	14,28	14,27	13,33

Concentrações de N - nitrogênio; P - fósforo; K - potássio; Ca - cálcio; Mg - magnésio; S - enxofre nas folhas aos 94 dias após o plantio.

^{ns} - Não significativo ($P > 0,05$), * e ** - Significativos $P \leq 0,05$ e $P \leq 0,01$ respectivamente, pelo teste F.

A concentração de fósforo nas folhas aumentou em função das doses de potássio, segundo modelo quadrático (Figura 11).

Concentrações de potássio próximas ou acima de 10 g kg⁻¹ foram observadas apenas quando o solo apresentava 3,1 mmol_c dm⁻³ de K, obtidas com a aplicação de 120 mg dm⁻³ de K (Tabela 4 e Figura 3). Concentrações de potássio nas folhas variando entre 10 e 12 g kg⁻¹ são consideradas adequadas para a cultura de eucalipto e quando estiverem abaixo de 8 g kg⁻¹ de K indicam que as plantas estão deficientes desse elemento, de acordo com MALAVOLTA et al. (1997). Os resultados sugerem que as plantas de *C. citriodora* que continham concentrações abaixo desse valor, quando os teores de potássio no solo estavam entre 0,8 e 1,5 mmol_c dm⁻³ em função das doses 0

e 40 mg dm^{-3} de K, respectivamente, poderiam estar deficientes em potássio. Ressalva-se que a determinação da concentração dos macronutrientes foi realizada empregando-se o conjunto de folhas de plantas jovens de *C. citriodora*, enquanto MALAVOLTA et al. (1997) usaram folhas diagnósticas, do terceiro ou quarto par de folhas de ramos situados no terço superior da copa das árvores de *E. grandis*, em condições de campo, o que pode limitar as interpretações.

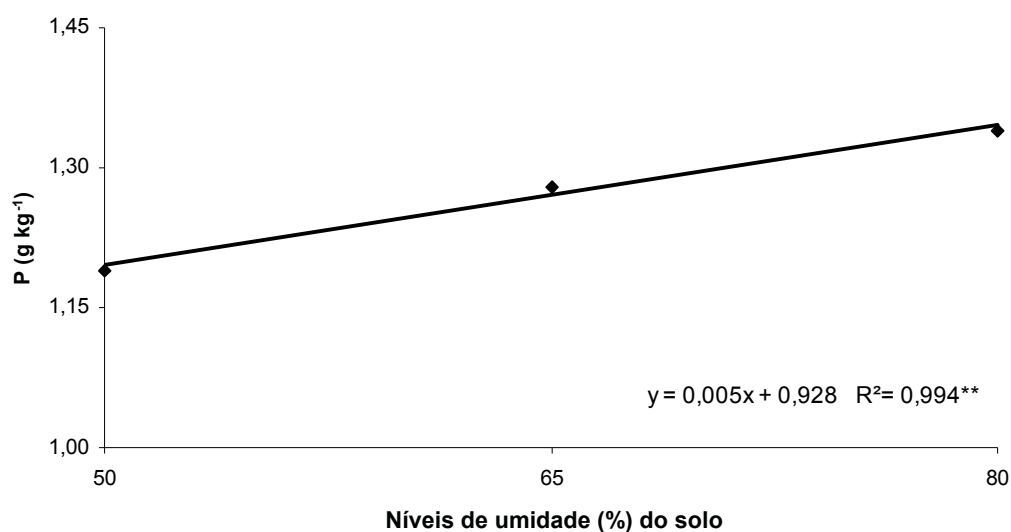


Figura 10 – Variação da concentração de fósforo das folhas de *Corymbia citriodora* em função dos níveis de umidade do solo, aos 94 dias após o plantio.

As concentrações consideradas adequadas por SILVEIRA et al. (2001), para folhas de *E. grandis* na fase de viveiro, com 100 dias de idade, variam entre 15 e 20 g kg^{-1} , e que são superiores aos valores adequados propostos por MALAVOLTA et al. (1997) para as condições de campo.

Apesar das concentrações de potássio, encontradas neste trabalho, terem sido inferiores às indicadas por MALAVOLTA et al. (1997) e SILVEIRA et al. (2001), não foram observados sintomas nítidos de deficiência de potássio nem de outros nutrientes nas folhas de *C. citriodora*, com base nas descrições e ilustrações apresentadas por SILVEIRA et al. (2001). Nota-se que existe uma variação nas concentrações de nutrientes nas folhas entre espécies e entre idades diferentes de plantas.

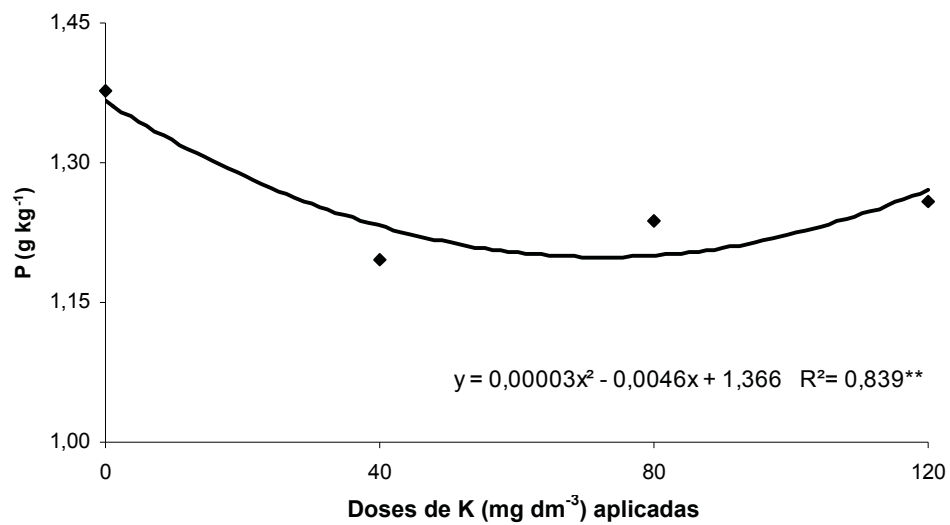


Figura 11 – Variação da concentração de fósforo das folhas de *Corymbia citriodora* em função das doses de potássio, aos 94 dias após o plantio.

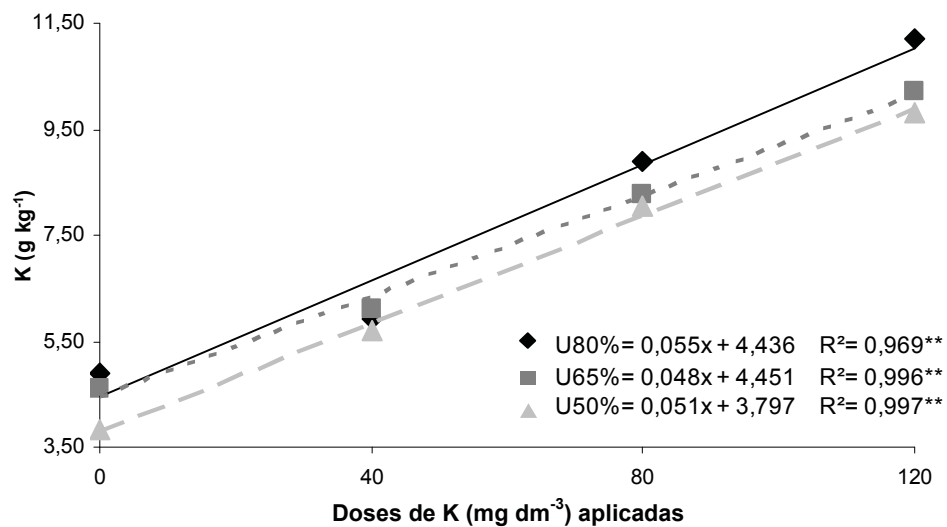


Figura 12 – Variações das concentrações de potássio das folhas *Corymbia citriodora* em função das doses de potássio aplicadas nos diferentes níveis de umidade do solo, aos 94 dias após o plantio.

Os níveis de umidade influenciaram a concentração do enxofre nas folhas (Figura 13). SILVA (2003) verificou efeitos da umidade do substrato e das doses de potássio na concentração foliar de potássio, e apenas efeito da adubação potássica, mas não da umidade, na concentração foliar de enxofre em *E. grandis*, o que diferiu do presente trabalho.

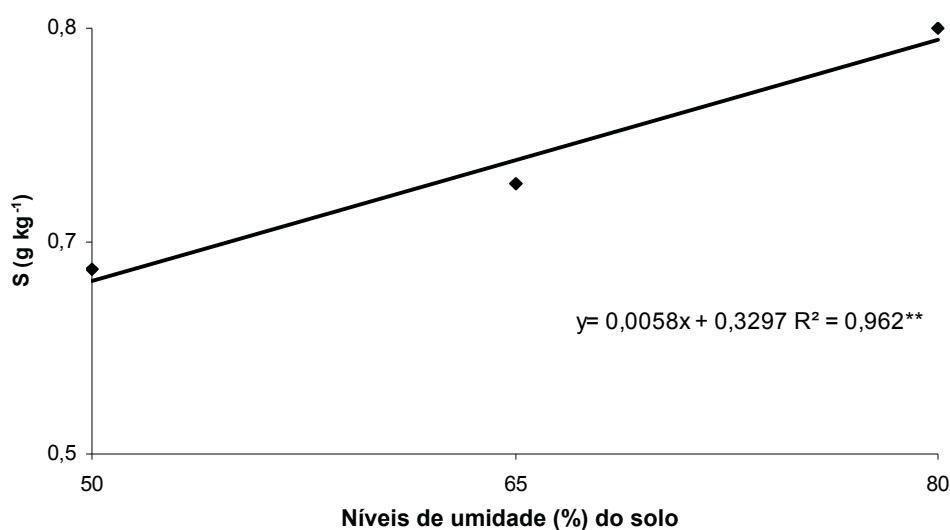


Figura 13 – Variação da concentração de enxofre das folhas de *Corymbia citriodora* em função dos níveis de umidade do solo, aos 94 dias após o plantio.

O menor suprimento de água nos tratamentos 50 e 65% afetou negativamente as quantidades de fósforo, potássio, magnésio e enxofre acumuladas nas folhas (Tabela 5). Foi verificado efeito da aplicação de potássio apenas no acúmulo do próprio nutriente.

Reduções nas concentrações foliares de fósforo, potássio e enxofre, em decorrência do menor suprimento de água no solo, foram provavelmente responsáveis pelo menor acúmulo desses nutrientes nas plantas ao longo do experimento.

Os níveis de umidade influenciaram o acúmulo de magnésio nas folhas (Figura 14), apesar de não terem sido verificadas diferenças entre os tratamentos nas concentrações foliares desse nutriente. A redução de quantidade de magnésio nas

folhas pode afetar a taxa de síntese protéica e funcionamento dos cloroplastos (MAATHUIS, 2009; WHITE & BROADLEY, 2009).

Tabela 5 – Acúmulo de macronutrientes em folhas de *Corymbia citriodora* em função dos tratamentos. Valores totais de duas plantas por parcela aos 94 dias após o plantio.

U %	K mg dm ⁻³	N	P	K	Ca	Mg	S
				g parcela ⁻¹			
80	0	303,66	41,97	136,07	179,02	70,51	24,64
80	40	299,85	39,19	179,93	176,63	69,89	23,62
80	80	283,71	38,15	267,51	185,50	76,33	22,89
80	120	281,89	38,41	337,07	178,46	66,18	23,85
Médias		292,28	39,43	230,14	179,90	70,73	26,67
65	0	277,23	39,22	126,18	166,02	58,43	19,16
65	40	270,59	32,61	165,90	166,87	63,80	17,59
65	80	295,85	35,60	256,12	184,91	64,08	21,44
65	120	259,14	36,74	285,09	179,72	60,36	19,98
Médias		275,70	36,04	208,32	174,38	63,81	19,54
50	0	275,57	32,78	105,41	160,77	66,19	18,17
50	40	273,35	31,96	170,10	176,26	68,32	19,16
50	80	268,78	35,02	221,62	189,77	55,24	17,90
50	120	287,31	32,94	273,83	184,81	65,52	15,45
Médias		276,25	33,17	192,74	177,90	61,67	17,67
Teste F							
Umidade (U)		2,33 ^{ns}	13,26 ^{**}	6,78 [*]	0,21 ^{ns}	4,87 [*]	60,46 ^{**}
Doses de K (K)		0,31 ^{ns}	1,97 ^{ns}	88,48 ^{**}	1,28 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,46 ^{ns}
K x U		1,23 ^{ns}	1,09 ^{ns}	0,95 ^{ns}	0,23 ^{ns}	1,45 ^{ns}	2,12 ^{ns}
CV (%)		10,75	11,63	16,80	17,04	16,07	13,39

Quantidade acumulada de N - nitrogênio; P - fósforo; K - potássio; Ca - cálcio; Mg - magnésio; S - enxofre nas folhas aos 94 dias após o plantio. Equações relativas aos efeitos dos níveis de umidade (x) nas quantidades dos nutrientes: P = 0,208x + 22,666 R² = 0,998^{**}; K = 1,247x + 129,363 R² = 0,991^{**}; S = 0,2001x + 7,294 R² = 0,955^{**}; equações relativas aos efeitos das doses de potássio: K = 1,512x + 119,686 R² = 0,992^{**}.

^{ns} - Não significativo (P > 0,05), * e ** - Significativos P ≤ 0,05 e P ≤ 0,01 respectivamente, pelo teste F.

A eficiência de utilização de potássio nas folhas apresentou um declínio linear com o aumento das doses do nutriente (Figura 15), em decorrência da matéria seca de folhas manter-se constante e a concentração de potássio ter aumentado.

SILVA et al. (2002) verificaram um efeito quadrático de doses crescentes de potássio na eficiência de utilização desse nutriente nas plantas de *E. camaldulensis*, sendo que houve um crescimento da eficiência em função das doses de 0 e 50 mg kg⁻¹

de K e a partir das doses de 100 e 150 mg kg⁻¹ de K a curva da eficiência de utilização do nutriente passou a ser decrescente.

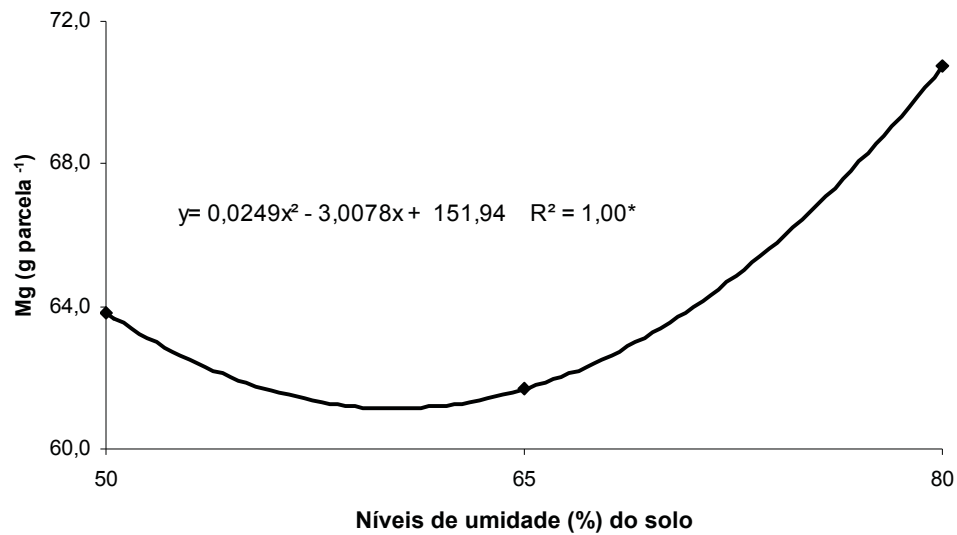


Figura 14 – Variação da quantidade de magnésio acumulada em folhas de *Corymbia citriodora* em função dos níveis de umidade, aos 94 dias após o plantio.

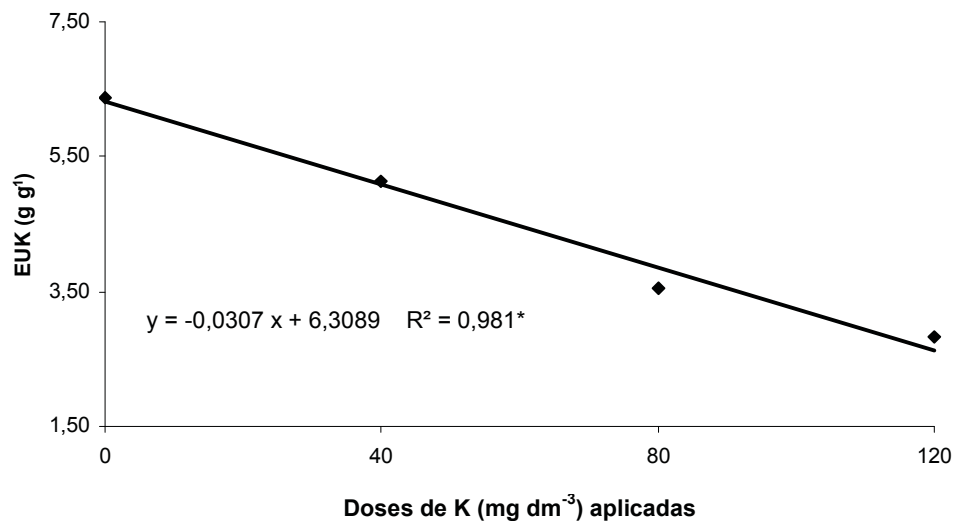


Figura 15 – Variação da eficiência de utilização de potássio nas folhas de *Corymbia citriodora* em função das doses de potássio, aos 94 dias após o plantio.

O potássio aparentemente não conferiu vantagens às plantas dos tratamentos em que o nível de umidade no solo era menor, apesar de diversos estudos indicarem que esse nutriente possui a capacidade de auxiliar no ajuste osmótico de plantas, entre outras funções, sob estresse hídrico, o que confere ao potássio o poder de amenizar efeitos deletérios causados pelo suprimento limitado de água. Contudo, o ajuste osmótico se desenvolve lentamente em resposta à desidratação (TAIZ & ZEIGER, 2008), assim é provável que não houve promoção de ajuste osmótico nas plantas neste trabalho, devido ao fato dos ciclos de baixa disponibilidade hídrica terem sido breves, o que talvez tenha contribuído para a ausência dos efeitos do potássio como amenizador.

V CONCLUSÕES

O aumento do nível de umidade do solo favoreceu o crescimento das plantas de *Corymbia citriodora* e a absorção de fósforo, potássio, enxofre e magnésio.

A aplicação de potássio não promoveu a amenização dos efeitos negativos da redução da disponibilidade de água no crescimento das plantas.

VI REFERÊNCIAS

ABRAF. Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário estatístico da ABRAF ano base 2009**. Brasília, 2010. 140 p. Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF10-BR.pdf>>. Acesso em: 1 jan. 2011.

ABRAMS, M. D.; KUBISKE, M. E.; MOSTOLLER, S. A. Relating wet and dry year in ecophysiology to leaf structure in contrasting temperature tree species. **Ecology**, Washington, v. 75, n. 1, p. 123-133, 1994.

ARNON, D. I. Cooper enzymes in isolated chloplast polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, Rockville, v. 24, n. 1, p. 1-15, 1949.

ASHRAF, M. Y.; AZMI, A. R.; KHAN, A. H.; ALA, S. A. Effect of water stress on total phenols, peroxidase activity and chlorophyll content in wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under soil water deficits. **Acta Physiologiae Plantarum**, Heidelberg, v. 16, p. 185-191, 1994.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JR., W. **AgroEstat** - Sistema para Análises Estatísticas de Ensaios Agronômicos. Versão. 1.1.0.694, 2011.

BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. Eucalypt nutrition and fertilizer regimes in Brazil. In: ATTIWILL, P. M.; ADAMS, M. A. (Ed.). **Nutrition of eucalypts**. Collingwood: CSIRO, 1996. p. 335-355.

BAXTER, I. Ionomics: studying the social network of mineral nutrients. **Current Opinion in Plant Biology**, London, v. 12, n. 3, p. 381-236. 2009.

BOLAND, D. J.; BROOKER, M. I. H.; CHIPPENDALE, G. M.; HALL, N.; HYLAND, B. P. M.; JOHNSTON, R. D.; KLEINIG, D. A.; MCDONALD, M. W.; TURNER, J. D. **Forest trees of Australia**. 5th ed. Collingwood: CSIRO, 2006. 736 p.

BOWLER, C.; MONTAGU, M.; INZE, D. Superoxide dismutases and stress tolerance. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 43, p. 83-116, 1992.

BRAY, E. A.; BAILEY-SERRES, J.; WERETILNYK, E. Responses to abiotic stresses. In: GRUISSEM, W.; BUCHANNAN, B.; JONES, R. (Ed.). **Biochemistry and molecular biology of plants**. Rockville: American Society of Plant Physiologists, 2000. p. 1158-1203.

BROWN, A. G.; NAMBIAR, E. K. S.; COSSALTER, C. Plantations for the tropics - their role, extent and nature. In: NAMBIAR, E. K. S.; BROWN, A. G. (Ed.). **Management of soil, nutrients and water in tropical plantation forests**. Canberra: ACIAR, 1997. p. 1-23.

BÜLL, L. T.; BOARETTO, A. E.; MELLO, F. A. F.; SOARES, E. Influência da relação K/(Ca+Mg) do solo na produção de matéria seca e na absorção de potássio por gramínea e leguminosa forrageiras: II. Absorção de potássio em função da relação K/(Ca +Mg) no complexo de troca do solo. **Científica**, Jaboticabal, v. 21, n. 1, p. 67-75, 1993.

CAKMAK, I. The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, Weinheim, v. 168, n. 4, p. 521-530, 2005.

CAKMAK, I.; ENGELS, C. Role of mineral nutrients in photosynthesis and yield formation. In: RENGEL, Z. (Ed.). **Mineral Nutrition of Crops: mechanisms and implications**. New York: The Haworth Press, 1999. p. 141-168.

CAKMAK, I.; HENGELER, C.; MARSCHNER, H. Changes in phloem export of sucrose in leaves in response to phosphorus, potassium and magnesium deficiency in bean plants. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 45, n. 278, p. 1251-1257, 1994.

CHAVES, M. M.; MAROCO, J. P.; PEREIRA, J. S. Understanding plant responses to drought - from genes to the whole plant. **Functional Plant Biology**, Collingwood, v. 30, n. 3, p. 239-264, 2003.

COOPMAN, R.; JARÁ, J. C.; BRAVO, L. A.; SÁEZ, K. L.; MELLA, G. R.; ESCOBAR, R. Changes in morpho-physiological attributes of *Eucalyptus globulus* plants in response to different drought hardening treatments. **Electronic Journal of Biotechnology**, Valparaíso, v. 11, n. 2, p. 30-39, 2008.

D'AVILA, F. S.; PAIVA, H. N.; LEITE, H. G.; BARROS, N. F.; LEITE, F. P. Efeito do potássio na fase de rustificação de mudas clonais de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 35, n. 1, p. 13-19, 2011.

ELSTNER, E. F.; OSWALD, W. Mechanisms of oxygen activation during plant stress. In: CRAWFORD, R. M. M.; HENDRY, G. A. F.; GOODMAN, B. A. (Ed.). **Oxygen and environmental stress in plants**. Edinburgh: The Royal Society of Edinburgh, 1994. p. 31-154.

ESTILL, K.; DELANEY, R. H.; SMITH, W. K.; DITTERLINE, R. L. Water relations and productivity of alfalfa leaf chlorophyll variants. **Crop Science**, Madison, v. 31, p. 1229-1233, 1991.

FAROOQ, M.; WAHID, A.; KOBAYASHI, N.; FUJITA, D.; BASRA, S. M. A. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. **Agronomy for Sustainable Development**, Les Ulis, v. 29, n. 1, p.185-212, 2009.

FOYER, C. H.; LELANDAIS, M.; KUNERT, K. J. Photooxidative stress in plants. **Physiologia Plantarum**, Oxford, v. 92, p. 696-717, 1994.

FURTINI NETO, A. E.; BARROS, N. F.; GODOY, M. F.; NOVAIS, R. F. Eficiência nutricional de mudas de *Eucalyptus* em relação a fósforo. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 20, n. 1, p. 17-28, 1996.

GIMENEZ, V. M. M. **Estudo da recomposição florística do componente arbustivo-arbóreo em áreas utilizadas para o plantio de exóticas em um cerrado de Luiz Antônio – SP**. 2005. 157 f. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Concentração em Biologia Comparada) – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2005.

GONÇALVES, J. L. M.; RAIJ, B.; GONÇALVES, J. C. Florestais. In: RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; GUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas/Fundação IAC, 1997. p. 245-259

GONÇALVES, R. M.; PASSOS, C. M. A. Crescimento de cinco espécies de eucalipto submetidas a déficit hídrico em dois níveis de fósforo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 145-161, 2000.

GONZALES, J. L. S. **Qualidade fisiológica de sementes, crescimento e eficiência do uso do fósforo de *Corymbia citriodora* Hill & Johnson**, 2010. 88 f. Tese (Doutorado em Agronomia na Área de Concentração: Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2010.

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

GUARNASCHELLI, A. B.; PRYSTUPA, P.; LEMCOFF, J. H. Drought conditioning improves water status, stomatal conductance and survival of *Eucalyptus globulus* subsp. *bicostata* seedlings. **Annals of Forest Science**, Les Ulis, v. 63, n. 8, p. 941-950, 2006.

HILL, K. D.; JOHNSON, L. A. S. Sistematic studies in eucalypts. 7. A revision of the bloodwoods, genus *Corymbia* (Myrtaceae). **Telopea**, Barton, v. 6, p. 173-505, 1995.

IPEF. Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais. **Identificação de espécies florestais**. Disponível em: <http://www.ipef.br/identificacao/cief/especies/citriodora.asp>. Acesso em: 1 jan. 2011.

JAMES, S. A.; SMITH, W. K.; VOGELMANN, T. C. Ontogenetic differences in mesophyll structure and chlorophyll distribution in *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus* (Myrtaceae). **American Journal of Botany**, St. Louis, v. 86, n. 2, p. 198-207. 1999.

JIANG, M. Y.; ZHANG, J. H. Involvement of plasma-membrane NADPH oxidase in abscisic acid- and water stress-induced antioxidant defense in leaves of maize seedlings. **Planta**, New York, v. 215, p. 1022-1030, 2002.

JINDAL, R.; SWALLOW, B.; KERR, J. Forestry-based carbon sequestration projects in Africa: Potential benefits and challenges. **Natural Resources Forum**, Oxford, v. 32, p. 116-130, 2008.

KOZLOWSKI, T. T.; PALLARDY, S. G. acclimation and adaptive responses of woody plants to environmental stresses. **The Botanical Review**, New York, v. 68, n. 2, p. 270-334, 2002.

LANGER, K.; ACHE, P.; GEIGER, D.; STINZING, A.; AREND, M.; WIND, C.; REGAN, S.; FROMM, J.; HEDRICH, R. Poplar potassium transporters capable of controlling K⁺ homeostasis and K⁺-dependent xylogenesis. **Plant Journal**, Oxford, v. 37, p. 9997-1009, 2002.

LAWLOR, D. W.; CORNIC, G. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. **Plant Cell and Environment**, Oxford, v. 25, n. 1, p. 275-294, 2002.

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**, Viçosa, MG, v. 29, n. 6, p. 903-909, 2005.

LIMA, W. P. **A água do solo e o crescimento da floresta**. Piracicaba: IPEF, 1979. p. 1-8. (Circular Técnica, 59).

LIMA, W. P.; JARVIS, P.; RHIZOPOULOU, S. Stomatal responses of *Eucalyptus* species to elevated CO₂ concentration and drought stress. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 2, p. 231-238, 2003.

LUAN, S.; LAN, W.; LEE, S. C. Potassium nutrition, sodium toxicity, and calcium signaling: connections through the CBL-CIPK network. **Current Opinion in Plant Biology**, London, v. 12, n. 3, p. 339-346, 2009.

MAATHUIS, F. J. M. Physiological functions of mineral macronutrients. **Current Opinion in Plant Biology**, London, v. 12, n. 3, p. 250-258, 2009.

MACROBBIE, E. A. C. Calcium and ABA-Induced stomatal closure. **Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences**, London, v. 338, p. 5-18, 1992.

MACROBBIE, E. A. C. Control of volume and turgor in stomatal guard cells. **The Journal of Membrane Biology**, New York, v. 210, n. 2, p. 131-142, 2006.

MAHOUACHI, J.; SOCORRO, A. R.; TALON, M. Responses of papaya seedlings (*Carica papaya* L.) to water stress and re-hydration: growth, photosynthesis and mineral nutrient imbalance. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 281, p.137-146, 2006.

MALAVOLTA, E. **Manual de adubação de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, E. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3 rd ed. San Diego: Academic Press, 2012. 651 p.

MATTIELLO, E. M.; RUIZ, H. A.; SILVA, I. R.; GUERRA, P. C.; ANDRADE, V. M. Características fisiológicas e crescimento de clones de eucalipto em resposta ao boro. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 33, n. 5, p. 821- 830, 2009.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 5th ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001. 849 p.

MORAIS, E. J.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; BRANDI, R. M. Biomassa e eficiência nutricional de espécies de eucalipto em duas regiões bioclimáticas de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 14, n. 3, p. 353-362, 1990.

OLIVEIRA, F. G. R.; SALES, A. Relationship between density and ultrasonic velocity in Brazilian tropical woods. **Bioresource Technology**, Oxford, v. 97, p. 2443-2446, 2006.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Science**, Katlenburg-Lindau, v. 11, p. 1633- 1644, 2007.

RAIJ, B.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. (Ed.). **Análises químicas para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 285 p.

RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônômico/Fundação IAC, 1997. 285 p. (Boletim Técnico, 100).

RAMOS, S. J.; FAQUIN, V.; FERREIRA, R. M. A.; ARAÚJO, J. L.; CARVALHO, J. G. Crescimento e teores de boro em plantas de eucalipto (*Eucalyptus citriodora*) cultivadas em dois latossolos sob influência de doses de boro e disponibilidade de água. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 33, n. 1, 57-65 p. 2009.

RICHARDSON, A. D.; DUIGAN, S. P.; BERLYN, G. P. An evaluation of non-invasive methods to estimate foliar chlorophyll content. **New Phytologist**, Oxford, v. 153, p. 185-194, 2002.

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

SANTOS, A. F.; AUER, C. G.; GRIGOLETTI JR., A. **Doenças do eucalipto no Sul do Brasil: identificação e controle**. Colombo: Embrapa Florestas, 2001. 20 p. (Circular Técnica, 45)

SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1974. 56 p.

SCOLFORO, J. R. S.; PULZ, F. A.; MELLO, J. M.; OLIVEIRA FILHO, A. T. Modelo de produção para floresta nativa como base para manejo sustentado. **Cerne**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 112-137, 1996.

SGARBI, F. **Produtividade do *Eucalyptus* sp. em função do estado nutricional e da fertilidade do solo em diferentes regiões do Estado de São Paulo**. 2002. 102 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais na Área de Concentração: Recursos Florestais, com opção em Manejo de Florestas de Produção) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

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

SILVA, M. R. **Efeitos do manejo hídrico e da aplicação de potássio na qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (Hill ex. Maiden)**. 2003. 116 f. Tese (Doutorado em Agronomia na Área de Concentração em Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

SILVA, S. R.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; PEREIRA, P. R. G. Eficiência nutricional de potássio e crescimento de eucalipto influenciado pela compactação do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 26, n. 4, p. 1001-1010, 2002.

SILVA, W.; SILVA, A.; SEDIYAMA, T.; FREITAS, L. Altura e diâmetro de *Eucalyptus citriodora* e *E. grandis*, submetidos a diferentes teores de água em convivência com *Brachiaria brizantha*. **Floresta**, Curitiba, v. 27, n. 1-2, 1997.

SILVEIRA, R. L. V. A.; HIGASHI, E. N.; SGARBI, F.; MUNIZ, M. R. A. **Seja doutor do seu eucalipto**. Piracicaba: POTAFÓS, 2001. 23 p. (Arquivo Agrônomo, n. 12)

SIMÕES, J. W.; BRANDI, R. M.; LEITE, N. B.; BALLONI, E. A. **Formação, manejo e exploração com espécies de rápido crescimento**. Brasília: IBDF, 1981. 131 p.

SPAROVEK, G.; PEREIRA, J. C.; ALLEONI, L. R. F.; ROSSETO, R. Aptidão das terras de Piracicaba (SP) para o corte mecanizado de cana-de-açúcar. **Stab**, Piracicaba, v. 15, n. 5, p. 6-9. 1997.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2008. 820 p.

TEIXEIRA, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; ARTHUR JR., J. C. Crescimento e partição de matéria seca de mudas de eucalipto em função da adubação potássica e água do solo. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 53, n. 310, p. 662-671, 2006.

TEIXEIRA, P. C.; LEAL, P. G. L.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. Nutrición potásica y relaciones hídricas en plantas de *Eucalyptus* spp. **Bosque**, Valdivia, v. 16, n. 1, p. 61-68, 1995.

VILELA, L.; ANGHINONI, I. Morfologia do sistema radicular e cinética da absorção de fósforo em cultivares de soja afetados pela interação alumínio-fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 8, p.91-96, 1984.

WHITE, P. J.; BROADLEY, M. R.; Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets - iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. **New Phytologist**, Oxford, v.182, n. 1, p.49-84, 2009.

WILSON, P. J.; THOMPSON, K.; HODGSON, J. G. Specific leaf area and leaf dry matter content as alternative predictors of plant strategies. **New Phytologist**, Oxford, v. 143, n. 1, p. 155 - 162, 1999.

WITSCHORECK, R.; SCHUMACHER, M. V.; CALDEIRA, M. V. W. Estimativa da biomassa e do comprimento de raízes finas em *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake no município de Santa Maria - RS. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 2, p. 177-183, 2003.

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