

WILSON DA SILVA

INTERFERÊNCIA DE *Brachiaria brizantha* SOBRE *Eucalyptus citriodora*
E *E. grandis*, CULTIVADOS EM SOLOS COM DIFERENTES TEORES

**INTERFERÊNCIA DE *Brachiaria brizantha* SOBRE *Eucalyptus citriodora*
E *E. grandis*, CULTIVADOS EM SOLOS COM DIFERENTES TEORES
DE ÁGUA**

Tese apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do curso de Fitotecnia, para
obtenção do título de "Doctor
Scientiae".

Tese apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do curso de Fitotecnia, para
obtenção do título de "Doctor
Scientiae".

VIÇOSA

MINAS GERAIS

OUTUBRO - 1997

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV

T

S586i
1997

Silva, Wilson da, 1962-

Interferência de *Brachiaria brizantha* sobre *Eucalyptus citriodora* e *E. grandis*, cultivados em solos com diferentes teores de água / Wilson da Silva. - Viçosa : UFV, 1997. 89p. : il.

Orientador: Tocio Sedyama

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa

1. Eucalipto - Biomassa seca total. 2. Eucalipto - Área foliar. 3. Eucalipto - Condutância estomática. 4. Eucalipto - Transpiração. 5. Eucalipto - Fotossíntese. 6. Eucalipto - Água - Consumo. 7. Eucalipto - Consórcio com *Brachiaria brizantha*. 8. *Brachiaria brizantha* - Consórcio com eucalipto. 9. Solos - Umidade. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

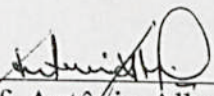
CDO adapt. CDD. 634.9161

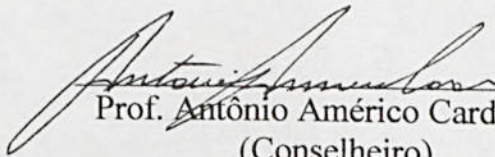
WILSON DA SILVA

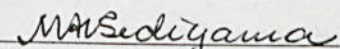
**INTERFERÊNCIA DE *Brachiaria brizantha* SOBRE *Eucalyptus citriodora*
E *E. grandis*, CULTIVADOS EM SOLOS COM DIFERENTES TEORES
DE ÁGUA**

Tese apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do curso de Fitotecnia, para
obtenção do título de "*Doctor*
Scientiae".

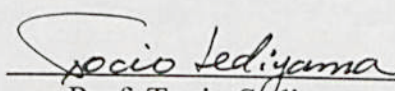
APROVADA: 12 de setembro de 1997.


Prof. Antônio Alberto da Silva
(Conselheiro)


Prof. Antônio Américo Cardoso
(Conselheiro)


Drª Maria Aparecida N. Sedyama


Prof. José Francisco da Silva


Prof. Tocio Sedyama
(Orientador)

AGRADECIMENTO

A Deus, e a Maria Santíssima, sempre presentes e muitas vezes não-compreendidos, pela determinação e perseverança a mim concedidas, sem as quais seria impossível concretização da presente pesquisa.

A Deus.

A meus pais, que jamais pouparam esforços em prol da minha formação, pelo apoio incondicional, e estímulo constante.

A meus tios, irmãos e sobrinhas.

A meus irmãos e tios, pelas palavras de incentivo.

A Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade de realização deste curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo.

Aos professores Tocio Sedyama, Antônio Alberto da Silva e Antônio Américo Cardoso, pelos ensinamentos, pelas seguras orientações, pelo respeito profissional, pela amizade, e pelo incentivo à realização desta tese.

Aos professores José Francisco da Silva, Francisco Affonso Ferreira e a Dr^a Maria Aparecida Nogueira Sedyama, pela atenção, pelo respeito, pelas considerações, pelas experiências, e pelos conhecimentos transmitidos.

Ao professor de Biologia Vegetal da UFV, Carlos A. Martinez Y. Human, pela atenção e pelo apoio à realização deste trabalho.

Ao técnico Luis Henrique de Freitas, pela amizade e colaboração.

Aos bolsistas de aperfeiçoamento científico, Rogério, Luis Firmino e Arlindo, pela amizade e significativa ajuda na parte experimental desta pesquisa.

Aos amigas Rozimar Gomes, Stela Nacif e Silvana L. Ribeiro Garcia, pela amizade cultivada, presteza e simpatia.

Aos funcionários do Departamento de Fitotecnia, Mara, Marise, Meire, Eva, Graça, Cássia, Rita, José Jotta, Vicente, Cactano, Geraldo, Ribeiro e Domingos, pela amizade e pela ajuda.

Aos colegas Adailson, Eliane, Nádia, Edalício, Tânia, Reginaldo, Ivan, Fábio, José Mauro, Manuel, Carlos, Junz, Maria Izabel, Marilson, Elizanilda, Domingos Mpanzo, João Bosco, Maria Amélia, Aymbiré, Maria do Carmo, Cândido, Marcos, Silvério e Roberto, pelo carinho, pelo

AGRADECIMENTO

A Deus, e a Maria Santíssima, sempre presentes e muitas vezes não-compreendidos, pela determinação e perseverança a mim concedidas, sem as quais seria impossível a concretização da presente pesquisa.

A meus pais, que jamais pouparam esforços, em prol da minha formação, pelo apoio incondicional, e estímulo constante.

A meus irmãos e tios, pelas palavras de incentivo.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade de realização deste curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo.

Aos professores Tocio Sedyama, Antônio Alberto da Silva e Antônio Américo Cardoso, pelos ensinamentos, pelas seguras orientações, pelo respeito profissional, pela amizade, e pelo incentivo à realização desta tese.

Aos professores José Francisco da Silva, Francisco Affonso Ferreira e a Dr^a Maria Aparecida Nogueira Sedyama, pela atenção, pelo respeito, pelas considerações, pelas experiências, e pelos conhecimentos transmitidos.

Ao professor de Biologia Vegetal da UFV, Carlos A. Martinez Y. Huaman, pela atenção e pelo apoio à realização deste trabalho.

Ao técnico Luis Henrique de Freitas, pela amizade e colaboração.

Aos bolsistas de aperfeiçoamento científico, Rogério, Luís Firmino e Arlindo, pela amizade e significativa ajuda na parte experimental desta pesquisa.

Às amigas Rozimar Gomes, Stela Nacif e Silvana L. Ribeiro Garcia, pela amizade cultivada, presteza e simpatia.

Aos funcionários do Departamento de Fitotecnia, Mara, Marise, Meire, Eva, Graça, Cássia, Rita, José Jotta, Vicente, Caetano, Geraldo, Ribeiro e Domingos, pela amizade e pela ajuda.

Aos colegas Adailson, Eliane, Nádja, Edalício, Tânia, Reginaldo, Ivan, Fábio, José Mauro, Manuel Amani, Césio, Luciano, Carlos, June, Maria Izabel, Mailson, Elizanilda, Domingos Mpanzo, João Bosco, Maria Amélia, Aymbiré, Maria do Carmo, Cândido, Marcos, Silvério e Robério, pelo carinho, pelo companheirismo e pela amizade, nos dias alegres e difíceis do nosso curso.

A todos aqueles que permaneceram a meu lado, ao longo dessa jornada, os meus mais sinceros agradecimentos.

BIOGRAFIA

WILSON DA SILVA, filho de Almira Fialho dos Reis e Joaquim Tomás da Silva, nasceu a 29 de maio de 1962, em Viçosa - MG.

Realizou o curso de primeiro grau na Escola Estadual Dr. Raimundo Alves Torres e o segundo grau no Colégio Universitário da Universidade Federal de Viçosa (COLUNI - UFV).

Realizou o curso de Engenharia Florestal, também na UFV, concluindo-o em janeiro de 1986.

Executou projeto de pesquisa pela SIF-CENIBRA, no ano de 1986. Nos anos seguintes trabalhou como autônomo.

Iniciou o curso de pós-graduação, em 1989, em nível de Mestrado em Fitotecnia, na linha de pesquisa Plantas Daninhas e seu Controle, no Departamento de Fitotecnia da UFV.

Iniciou, nesta mesma Instituição, em setembro de 1992, o curso de Doutorado em Fitotecnia, na linha de pesquisa Fisiologia de Cultura, defendendo tese em setembro de 1997.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
3.1. Taxas de fotossíntese líquida	45
4. CONCLUSÕES	51
CAPÍTULO 4	52
ÍNDICE DE CONSUMO E EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA POR PLANTAS DE <i>Eucalyptus citriodora</i> E <i>E. grandis</i> , CULTIVADOS EM SUBSTRATOS COM TRÊS TEORES DE ÁGUA NO SOLO, JUNTO A DIFERENTES POPULAÇÕES DE <i>Brachiaria brizantha</i>	52
1. INTRODUÇÃO	52
2. MATERIAL E MÉTODOS	54
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
3.1. Índice de consumo de água	58
3.2. Eficiência do uso da água	70
4. CONCLUSÕES	73
RESUMO E CONCLUSÕES	74
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
EXTRATO	viii
ABSTRACT	x
INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 1	4
BIOMASSA E ÁREA FOLIAR EM <i>Eucalyptus citriodora</i> E <i>E. grandis</i> , EM RESPOSTA A DIFERENTES TEORES DE ÁGUA NO SOLO E CONVIVÊNCIA COM <i>Brachiaria Brizantha</i>	4
1. INTRODUÇÃO	4
2. MATERIAL E MÉTODOS	6
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	10
3.1. Produção de biomassa seca total	10
3.2. Área foliar	16
4. CONCLUSÕES	19
CAPÍTULO 2	20
CONDUTÂNCIA ESTOMÁTICA E TAXA TRANSPIRATÓRIA DO <i>Eucalyptus citriodora</i> E <i>E. grandis</i> , EM RESPOSTA A DIFERENTES TEORES DE ÁGUA NO SOLO E DE CONVIVÊNCIA COM <i>Brachiaria brizantha</i>	20
1. INTRODUÇÃO	20
2. MATERIAL E MÉTODOS	22
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
3.1. Condutância estomática	26
3.2. Taxa transpiratória	31
4. CONCLUSÕES	38
CAPÍTULO 3	39
DESEMPENHO DA TAXA FOTOSSINTÉTICA LÍQUIDA DO <i>Eucalyptus citriodora</i> E <i>E. grandis</i> , EM RESPOSTA A DIFERENTES TEORES DE ÁGUA E DE CONVIVÊNCIA COM <i>Brachiaria brizantha</i>	39
1. INTRODUÇÃO	39
2. MATERIAL E MÉTODOS	41

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
3.1. Taxas de fotossíntese líquida	45
4. CONCLUSÕES.....	51
CAPÍTULO 4.....	52
ÍNDICE DE CONSUMO E EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA POR PLANTAS DE <i>Eucalyptus citriodora</i> E <i>E. grandis</i> , CULTIVADOS EM SUBSTRATOS COM TRÊS TEORES DE ÁGUA NO SOLO, JUNTO A DIFERENTES POPULAÇÕES DE <i>Brachiaria brizantha</i>	52
1. INTRODUÇÃO.....	52
2. MATERIAL E MÉTODOS	54
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	58
3.1. Índice de consumo de água	58
3.2. Eficiência do uso da água ou coeficiente transpiratório.....	70
4. CONCLUSÕES.....	73
RESUMO E CONCLUSÕES	74
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76
APÊNDICE	84

E. grandis, cultivados em solos com diferentes teores de água. Professor Coordenador: Tocio Sedyama. Professores Consoelheiros: Antônio Alberto da Silva, Antônio Américo Cardoso.

O presente trabalho foi realizado em casa de vegetação, entre dezembro de 1995 e fevereiro de 1996, objetivando avaliar o crescimento de duas espécies de eucalypto, cultivadas em substratos com três teores de água, junto a quatro populações de *Brachiaria brizantha*. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, em arranjo fatorial, com duas espécies de eucalypto (*Eucalyptus citriodora* e *E. grandis*), três teores de água no solo (20, 23 e 26%) e quatro populações de plantas de *B. brizantha* (0, 1, 2 e 3 plantas/vaso). As características avaliadas foram: biomassa seca total, área foliar, condutância estômática (gs), taxa transpiratória (E), taxa fotossintética líquida (A), índice de consumo de água (ICA) e eficiência do uso da água. A área foliar foi determinada utilizando-se amostras de folhas, empregando-se o medidor LI-3000A LI-COR. Realizou-se a transpiração da gs, E, e A, com um analisador de gás infravermelho (IRGA). O ICA de *E. citriodora* e *B. brizantha* resultou da relação água evaporotranspirada (gs) pela evaporação potencial semanal, até 70 dias após o transplante das plantas. A eficiência do uso da água foi a relação entre

EXTRATO

SILVA, Wilson, DS, Universidade Federal de Viçosa, outubro, 1997.
Interferência de *Brachiaria brizantha* sobre *Eucalyptus citriodora* e *E. grandis*, cultivados em solos com diferentes teores de água. Professor Orientador: Tocio Sedyama. Professores Conselheiros: Antônio Alberto da Silva, Antônio Américo Cardoso.

Conduziu-se o experimento em casa de vegetação, entre dezembro de 1995 e fevereiro de 1996, objetivando avaliar o crescimento de duas espécies de eucalipto, cultivados em substratos com três teores de água, junto a quatro populações de *Brachiaria brizantha*. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, em arranjo fatorial, com duas espécies de eucalipto (*Eucalyptus citriodora* e *E. grandis*), três teores de água no solo (20, 23 e 26%) e quatro populações de plantas de *B. brizantha* (0, 1, 2 e 3 plantas/vaso). As características avaliadas foram: biomassa seca total, área foliar, condutância estomática (gs), taxa transpiratória (E), taxa fotossintética líquida (A), índice de consumo de água (ICA) e eficiência do uso da água. A área foliar foi determinada, utilizando-se amostras de folhas, empregando-se o medidor LI-3.000A LI-COR. Realizou-se a mensuração da gs, E, e A, com um analisador de gás infravermelho (IRGA). O ICA pelo eucalipto e *B. brizantha* resultou da relação água evapotranspirada/vaso, pela evaporação potencial semanal, até 70 dias após o transplante das mudas. A eficiência do uso da água foi a relação entre

a água consumida e a biomassa seca produzida. A quantidade de água consumida, por parcela, resulta da diferença entre água evapotranspirada e evaporação potencial. O controle do teor de água foi feito por pesagens diárias e microtensiômetro. Biomassa seca total, área foliar, gs, E e A foram maiores em ausência de *B. brizantha*, a 26% de água. A convivência de *B. brizantha* com *E. citriodora* ou *E. grandis* reduziu acúmulo de biomassa seca, área foliar, gs, E, e A, nas duas espécies de eucaliptos, com aumento de água no solo. A convivência da gramínea num mesmo vaso reduziu o crescimento da raiz pivotante das duas espécies de eucalipto e também o comprimento e o número das raízes laterais. Essa redução foi maior, a 20% de água no solo. Dentro dos teores de água, as folhas do terço superior das plantas de *E. citriodora* e *E. grandis*, cultivadas em ausência ou presença de *B. brizantha*, apresentaram maior gs, E, e A que as folhas do terço mediano e inferior. Os maiores valores de gs, E e A foram obtidos pelas folhas do terço superior das plantas dos eucaliptos, a 26% de água no solo. Maiores teores de água no solo propiciaram maior ICA, que está diretamente relacionado a maior acúmulo de biomassa seca pelos eucaliptos e *B. brizantha*. A eficiência do uso da água pelo eucalipto foi alta (282g de água/g de biomassa seca produzida), semelhante ao observado para *B. brizantha* (265), ambos dentro da faixa de plantas eficientes ao uso da água, independente do teor de água no solo.

Quantity of water consumed, by parts results from difference of the
 evapotranspired water to potencial evaporation. Water content control was done
 by daily using weightings and microtensiometers. Total dry biomass, leaf area,
 gs, E and A were higher in *B. brizantha* absence, at 26%. *B. brizantha*
 association with *E. citriodora* or *E. grandis* reduced dry biomass accumulation,
 gs, E and A in the two species of eucalyptus, with increasing water in the soil.
 Grass association in the same vase reduced *E. citriodora* and *E. grandis* pivotant
 root growing of the two species of eucalyptus and the extension and number of
 lateral roots, too. This reduction

ABSTRACT

SILVA, Wilson, DS, Universidade Federal de Viçosa, October, 1997. ***Brachiaria brizantha* interference on *Eucalyptus citriodora* and *E. grandis* cultivated in soils with different water contents** Adviser: Tocio Sedyama. Committee Members: Antônio Alberto da Silva and Antônio Américo Cardoso.

The experiment was conducted in greenhouse conditions, between December 1995 and February 1996, growing of two species of eucalyptus, cultivated in substracts with three water contents, jointly with four populations of *Brachiaria brizantha*. Treatments were arranged in factorial design, with four replications, in randomized blocks, with two species of eucalyptus (*Eucalyptus citriodora* and *E. grandis*), three water contents in the soil (20, 23 and 26%), and four populations of plants of *B. brizantha* (0, 1, 2 and 3 plants/vase). Characteristics evaluated were: total dry biomass, leaf area, stomatic conductance (gs), transpiratory rate (E), net photosynthetic rate (A), water consumption index (ICA), and water use efficiency. Leaf area was determined using leaves' samples, employing meter LI-3.000A LI-COR. The gs, E and A mensuration was done utilising the infrared gas analyser (IRGA). Eucalyptus and *B. brizantha* (ICA) resulted from relation evapotranspired water/vase to weekly potencial evaporation, until 70 days after seedlings transplantation. Water use efficiency was the relation of consumed water to produced dry biomass.

Quantity of water consumed, by parts results from difference of the evapotranspired water to potencial evaporation. Water content control was done by daily using weightings and microtensiometers. Total dry biomass, leaf area, gs, E and A were higher in *B. brizantha* absence, at 26%. *B. brizantha* association with *E. citriodora* or *E. grandis* reduced dry biomass accumulation, gs, E and A in the two species of eucalyptus, with increasing water in the soil. Grass association in the same vase reduced *E. citriodora* and *E. grandis* pivotant root growing of the two species of eucalyptus and the extension and number of lateral roots, too. This reduction was higher at 20% water in the soil. Within water contents, upper third leaves of *E. citriodora* and *E. grandis* plants, cultivated in *B. brizantha* presence or absence, presented higher gs, E and A than lower and median third leaves. The highest gs, E and A values were obtained by upper third leaves of eucalyptus plants at 26% of water in the soil. Higher water content in the soil propitiated higher ICA, what is directly related to higher dry biomass accumulation by eucalyptus and *B. brizantha*. Water use efficiency by eucalyptus was high (282 water/g dry produced biomass), similar to observed for *B. brizantha* (265), both within range of plants efficient in water use, regardless water content in the soil.

INTRODUÇÃO

O controle de plantas daninhas na formação de florestas homogêneas de *Eucalyptus* reveste-se de grande importância, uma vez que essa cultura manifesta alta sensibilidade à interferência das plantas invasoras na fase de implantação de povoamento. Isso ocorre, principalmente, porque o transplante das mudas de *Eucalyptus*, no campo, normalmente é realizado no período chuvoso sob temperaturas elevadas, o que favorece a germinação, o crescimento rápido e o desenvolvimento das plantas daninhas. Assim, a ausência de controle ou o manejo inadequado dessas invasoras, principalmente de gramíneas, nos estádios iniciais de crescimento da cultura, podem implicar em elevadas perdas na produtividade florestal.

Entre as gramíneas, aquelas pertencentes ao gênero *Brachiaria* são as mais infestantes da cultura de eucalipto, sendo a *Brachiaria brizantha* mais tolerante à seca. Essa espécie é originária da África, de uma região com precipitação anual em torno de 700 mm e cerca de oito meses de seca (Rayman, 1983, citado por NUNES et al., 1984).

As espécies desse gênero apresentam rápido crescimento inicial do sistema radicular e também da parte aérea, em condições de verão. Em consequência disso, essas espécies apresentam forte competição por água, nutriente e luz, com as culturas, principalmente quando presentes no início do seu crescimento.

A competição por água é o fator mais limitante da distribuição e produtividade vegetal pelo mundo (McWILLIAM, 1986). As plantas desenvolveram várias respostas ou mecanismos fisiológicos e morfológicos para suportar períodos de tensão hídrica. Características tanto da parte aérea quanto da parte do sistema radicular podem influenciar respostas da planta à seca (JEFFERIES, 1993). As espécies tolerantes à seca, como a *Brachiaria brizantha* por exemplo, apresentam uma tolerância plasmática a baixo potencial de água e, freqüentemente, a baixo potencial osmótico. No entanto, espécies resistentes à seca apresentam a capacidade de ultrapassar períodos críticos de déficit hídrico, sem necessidade de reduzir significativamente o potencial de água, faculdade essa alcançada por diversos mecanismos, tais como sistema radicular profundo, eficiente controle estomático, reduzindo a perda de água por transpiração e queda das folhas (MEDINA, 1983).

As perdas de água são reduzidas nas espécies dotadas de controle estomático, mas não-evitadas, pelo fechamento parcial dos estômatos, à medida que o déficit hídrico se desenvolve, o qual pode atingir valores elevados. Ainda, como os estômatos, permanecem parcialmente abertos, a assimilação de CO₂ não cessa, especialmente pelas primeiras horas da manhã, e ao final da tarde, quando o déficit de saturação é baixo e a eficiência do uso de água é alta (LIMA, 1996). Plantas tipicamente de deserto minimizam a perda d'água com rápido fechamento dos estômatos, a partir da queda no teor de umidade atmosférica (NAGARAJAH e SHULZE, 1983) ou no "status" hídrico foliar (LUDLOW e IBARAKI, 1979), ou por meio de características morfológicas de redução da área foliar (menor exposição), ou maior desenvolvimento do sistema radicular.

Em contraste, plantas cujos tecidos são tolerantes à desidratação, e que têm apenas moderados mecanismos compensatórios, são conhecidas como tolerantes à seca. Essas plantas dependem de um ajuste osmótico para sobreviverem ao déficit hídrico (LUDLOW et al., 1985). O ajuste osmótico ajuda a manter a turgescência e, conseqüentemente, a sustentar a atividade metabólica durante a seca. Os estômatos permanecem parcialmente abertos (FLOWER e

LUDLOW, 1986), o que mantém a continuidade da fotossíntese, mesmo a taxas reduzidas (ACKERSON e HEBERT, 1980).

Embora a fotossíntese possa diminuir, independente do fechamento dos estômatos, o efeito direto do déficit hídrico sobre esse fechamento é o que mais contribui para redução da assimilação de CO_2 e, conseqüentemente, para o crescimento da planta (TYREE et al., 1987). De acordo com WONG et al. (1979), a abertura estomática constitui um compromisso entre as necessidades de conservar a água e de manter a taxa de assimilação em níveis compatíveis com a capacidade intrínseca de fixação de carbono do mesófilo foliar. A relação entre a condutância estomática e a capacidade de assimilação de CO_2 está relacionada com uma estratégia evolutiva da planta, no sentido de maximizar a taxa média de fotossíntese e transpiração, num sítio que é variável, otimizando, assim, a eficiência do uso da água (PEREIRA, 1986).

Considerando-se a necessidade de acelerar as investigações básicas nessa área, este trabalho teve por objetivo avaliar o crescimento de espécies de eucalipto (*Eucalyptus grandis* e *E. citriodora*), cultivadas em substratos com três teores de água, juntamente com diferentes populações de *B. brizantha*, no mesmo ambiente.

plantas respondem ao estresse com variações na assimilação e na alocação de carbono e de outros recursos necessários ao seu desenvolvimento (DICKSON, 1991). O balanço de transformação de assimilados em biomassa da cultura pode depender do grau de limitação de fatores como água, nutrientes e luz (ADLARO et al., 1992).

A água, como fator limitante, parece assumir maior importância em espécies do gênero *Eucalyptus*, durante a fase inicial da cultura, isto é, durante o enraizamento e desenvolvimento do caule e das folhas que ficam comprometidos com a deficiência hídrica (ZOHAR et al., 1975; AWE et al., 1976).

A disponibilidade de água afeta o crescimento das plantas, por controlar a abertura dos estômatos e, conseqüentemente, a produção de biomassa. Decréscimo de água no solo diminui o potencial de água na folha e sua condutância estomática, promovendo o fechamento dos estômatos. Esse

fechamento bloqueia o influxo de CO_2 para as folhas, diminuindo o acúmulo de fotoassimilados, o que implica redução da produtividade (GHOLZ et al., 1990).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar a produção de biomassa seca total e área foliar, em *Eucalyptus citriodora* e *E. grandis*, cultivados em substratos, com diferentes teores de água e populações de *Brachiaria brizantha*.

CAPÍTULO 1

BIOMASSA E ÁREA FOLIAR EM *Eucalyptus citriodora* E *E. grandis*, EM RESPOSTA A DIFERENTES TEORES DE ÁGUA NO SOLO E CONVIVÊNCIA COM *Brachiaria Brizantha*

1. INTRODUÇÃO

Os níveis de competição intra e interespecífica pelas plantas daninhas são influenciados pela densidade populacional da cultura utilizada, determinando a intensidade do estresse a que as plantas estarão submetidas.

As plantas respondem ao estresse com variações na assimilação e na alocação de carbono e de outros recursos necessários ao seu desenvolvimento (DICKSON, 1991). O balanço de transformação de assimilados em biomassa da cultura pode depender do grau de limitação de fatores como água, nutrientes e luz (ADLARD et al., 1992).

A água, como fator limitante, parece assumir maior importância em espécie do gênero *Eucalyptus*, durante a fase inicial da cultura, isto é, durante o enraizamento e desenvolvimento do caule e das folhas que ficam comprometidos com a deficiência hídrica (ZOHAR et al., 1975; AWE et al., 1976).

A disponibilidade de água afeta o crescimento das plantas, por controlar a abertura dos estômatos e, conseqüentemente, a produção de biomassa. Decréscimo de água no solo diminui o potencial de água na folha e sua condutância estomática, promovendo o fechamento dos estômatos. Esse

fechamento bloqueia o influxo de CO_2 para as folhas, diminuindo o acúmulo de fotoassimilados, o que implica redução da produtividade (GHOLZ et al., 1990).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar a produção de biomassa seca total e área foliar, em *Eucalyptus citriodora* e *E. grandis*, cultivados em substratos, com diferentes teores de água e populações de *Brachiaria brizantha*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O solo utilizado para condução do experimento foi Podzólico-Vermelho-Amarelo-Cámbico, fase terraço, apresentando textura argilo-arenosa, com 38% de areia grossa, 15% de areia fina, 10% de silte e 37% de argila (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 1979), carbono orgânico 3,0% (DEFELIPO e RIBEIRO, 1981) e pH 5,8, tendo sido coletado sob floresta nativa, próximo ao aeroporto, em área do Departamento de Fitotecnia-UFV, à profundidade de 0-20 cm. Determinou-se, ainda, para esse solo, a curva característica de umidade do solo (Figura 1), utilizando-se o aparelho de membrana de pressão de RICHARDS (1949). Essa curva foi utilizada para a determinação da quantidade de água a ser adicionada por vaso.

Após o preparo, as amostras de solo foram colocadas em vasos com capacidade 3,25 kg. Esses vasos foram recobertos internamente com polietileno de 0,05 mm de espessura, para se evitar a perda de água por percolação. A seguir, estabeleceram-se três teores de água no solo, para os diferentes tratamentos, conforme Quadro 1. Em seguida, fez-se o transplante das mudas de *Eucalyptus citriodora* e *E. grandis*, que se encontravam com aproximadamente 20 cm de altura, e das quatro populações de *Brachiaria brizantha*, então, com quatro folhas por planta. A água do solo foi mantida constante, do dia do transplante até a avaliação final do experimento, ocorrida

após 70 dias. Esse controle foi realizado, utilizando-se micromensurômetro e pesagem diária, com reposições diárias da água evapotranspirada, realizadas às 8:00, 13:00 e 16:30 h.

Durante a condução do experimento, dezembro de 1995 a fevereiro de 1996, anotou-se, também, a evaporação potencial, as temperaturas máxima e mínima, a umidade relativa do ar, às 7:30 e às 14:00 h, dentro da casa de vegetação (Quadro 2) do Departamento de Fitotecnia da UFV, Viçosa - MG.

Dessa forma, o experimento foi constituído de 24 tratamentos, compreendendo duas espécies (*Brachiaria distachya* e *E. grandis*); três níveis de água (condições próximo ao estresse = 20%; intermediária = 23% e condições próximas à capacidade de campo = 26%); e quatro populações de

2. MATERIAL E MÉTODOS

O solo utilizado para condução do experimento foi Podzólico-Vermelho-Amarelo-Câmbico, fase terraço, apresentando textura argilo-arenosa, com 38% de areia grossa, 15% de areia fina, 10% de silte e 37% de argila (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 1979); carbono orgânico 3,0% (DEFELIPO e RIBEIRO, 1981) e pH 5,8, tendo sido coletado sob floresta nativa, próximo ao aeroporto, em área do Departamento de Fitotecnia-UFV, à profundidade de 0-20 cm. Determinou-se, ainda, para esse solo, a curva característica de umidade do solo (Figura 1), utilizando-se o aparelho de membrana de pressão de RICHARDS (1949). Essa curva foi utilizada para a determinação da quantidade de água a ser adicionada por vaso.

Após o preparo, as amostras de solo foram colocadas em vasos com capacidade 3,25 kg. Esses vasos foram recobertos internamente com polietileno de 0,05 mm de espessura, para se evitar a perda de água por percolação. A seguir, estabeleceram-se três teores de água no solo, para os diferentes tratamentos, conforme Quadro 1. Em seguida, fez-se o transplante das mudas de *Eucalyptus citriodora* e *E. grandis*, que se encontravam com aproximadamente 20 cm de altura, e das quatro populações de *Brachiaria brizantha*, então, com quatro folhas por planta. A água do solo foi mantida constante, do dia do transplante até a avaliação final do experimento, ocorrida

após 70 dias. Esse controle foi realizado, utilizando-se microtensiômetro e pesagem diária, com reposições diárias da água evapotranspirada, realizadas às 8:00, 13:00 e 16:30 h.

Durante a condução do experimento, dezembro de 1995 a fevereiro de 1996, anotou-se, também, a evaporação potencial, as temperaturas máxima e mínima, a umidade relativa do ar, às 7:30 e às 14:00 h, dentro da casa de vegetação (Quadro 2) do Departamento de Fitotecnia da UFV, Viçosa - MG.

Dessa forma, o experimento foi constituído de 24 tratamentos, compreendendo duas espécies de eucalipto (*E. citriodora* e *E. grandis*); três teores de água (condições próximo ao estresse = 20%; intermediária = 23% e condições próximas à capacidade de campo = 26%); e quatro populações de *Brachiaria brizantha* (0, 1, 2 e 3 plantas/vaso). O delineamento adotado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, em esquema fatorial (2x3x4) e uma planta de eucalipto por unidade experimental (vaso), totalizando 96 unidades experimentais.

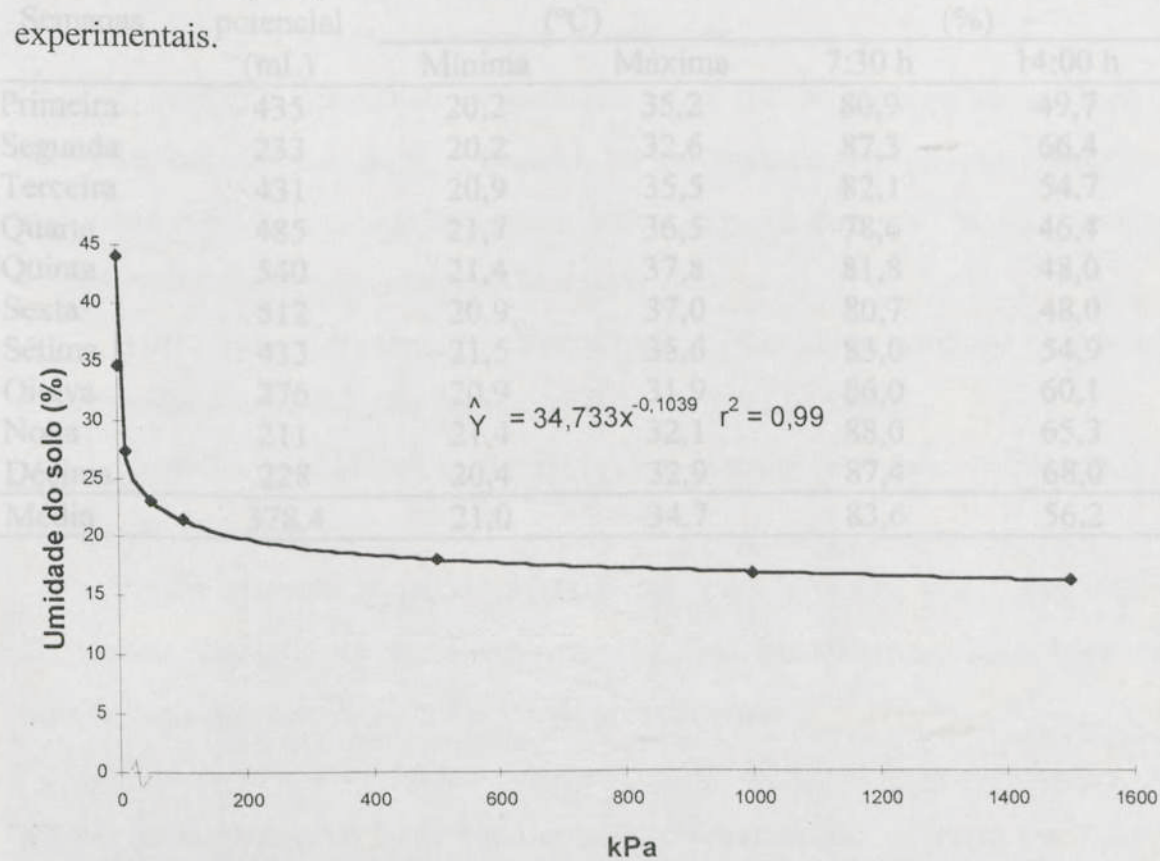


Figura 1 - Curva de retenção da água para o solo utilizado.

Quadro 1 - Umidade residual do solo, tensão de água no solo, mantida após o transplante das mudas, porcentagem do teor de água correspondente e massa de água adicionada por vaso

Umidade Residual (%)	Tensão de água após o transplante das mudas (kPa)	Teor de água correspondente (%)	Massa de água adicionada por vaso 3,25 kg de solo (g)
10,5	202,8	20	250
10,5	49,5	23	325
10,5	16,2	26	400

Quadro 2 - Média semanal da evaporação potencial, das temperaturas (máxima e mínima) e da umidade relativa do ar (às 7:30 e 14:00 h), durante 70 dias após o transplante das mudas, em casa de vegetação

Semanas	Evaporação potencial (mL)	Temperatura (°C)		Umidade Relativa (%)	
		Mínima	Máxima	7:30 h	14:00 h
Primeira	435	20,2	35,2	80,9	49,7
Segunda	233	20,2	32,6	87,3	66,4
Terceira	431	20,9	35,5	82,1	54,7
Quarta	485	21,7	36,5	78,6	46,4
Quinta	540	21,4	37,8	81,8	48,0
Sexta	512	20,9	37,0	80,7	48,0
Sétima	433	21,5	35,6	83,0	54,9
Oitava	276	20,9	31,9	86,0	60,1
Nona	211	21,4	32,1	88,0	65,3
Décima	228	20,4	32,9	87,4	68,0
Média	378,4	21,0	34,7	83,6	56,2

Durante a condução do ensaio, as plantas foram irrigadas com solução nutritiva de CLARK (1975) e com aplicação da formulação 20-05-20 (N, P, K), alternadamente, a cada sete dias. Dessa forma, a adubação foi feita fornecendo os nutrientes aplicados em cada vaso com: N-278; P-62; K-265; Ca-31; Mg-5, em mg do elemento, para cada unidade experimental (vaso de plantio), contendo 3,25 kg de solo.

Aos 70 dias após o transplante das mudas, avaliaram-se a biomassa do sistema radicular, a parte aérea (caules e folhas), a biomassa total (g) e a área foliar (m^2) dos 24 tratamentos.

As amostras foram identificadas, em seguida, levadas para o laboratório, onde foram secadas em estufa de circulação forçada de ar, a 70°C, até peso constante e, em seguida, pesadas.

A produção percentual da biomassa seca de plantas de *E. citriodora* e *E. grandis*, cultivadas em presença de *B. brizantha*, foi determinada, considerando-se o percentual 100%, em ausência de *B. brizantha*.

A produção percentual da biomassa seca, dessas espécies de eucalipto, cultivadas em ausência de *B. brizantha*, foi determinada, em relação à água no solo, considerando-se o teor 26% como 100%. A partir de então, fez-se a análise descritiva dos dados percentuais de biomassa seca.

A área foliar por planta foi determinada, utilizando-se amostras de folhas, empregando-se o medidor de área foliar (LI - 3000A LI-COR).

Os dados de biomassa seca total (g) e área foliar (m^2) foram submetidos à análise de variância.

Foram ajustadas equações de regressão, para biomassa seca e área foliar, em função do teor de água no solo (variável quantitativa), com base na significância do valor de F, a 5 e 1% de probabilidade.

Para os níveis de fatores, as espécies de eucalipto e as populações de plantas de *B. brizantha*, foram realizados, respectivamente, os testes F e Tukey, a 5% de probabilidade.

menor crescimento e número, em relação às plantas de eucalipto, em ausência de *B. brizantha*, exceto a 23% de água e próximo à capacidade de campo, 26%, que foi superado com maior quantidade de raízes laterais e maior crescimento da raiz pivotante. Contudo, essas raízes permitiram explorar um maior volume de solo, facilitando, assim, o suprimento de água e nutrientes para a manutenção do crescimento e desenvolvimento da parte aérea.

Para DALTON et al. (1975), a avaliação da capacidade de exploração das raízes e sua interação com o solo fornecem subsídios para o aprimoramento das técnicas de manejo florestal. O crescimento das plantas depende do sistema radicular, sendo este responsável pela absorção de água e nutrientes, e também pela produção de substâncias reguladoras de crescimento (ITAI e

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Produção de biomassa seca total

Comparando-se a biomassa seca para as duas espécies em estudo, verifica-se que *E. grandis* acumulou maior biomassa seca que *E. citriodora*, independente da umidade no solo, aos 70 dias após o transplante das mudas (Quadro 3). Dentro dos três teores de água estudados, *E. citriodora* e *E. grandis* apresentaram resposta linear e crescente. Todavia, para *E. grandis*, obteve-se efeito mais marcante, alcançando-se o valor máximo estimado de biomassa seca de 28,38 g/planta, contra 17,60 g/planta de *E. citriodora*, a 26% de água no solo (Figura 2).

Pelos resultados, *E. citriodora* propiciou, sempre, menor biomassa seca que *E. grandis*, para os três teores de água, associados a diferentes populações de plantas de *B. brizantha*. Dessa forma, essa espécie evidencia ser mais sensível à convivência com *B. brizantha* que o *E. grandis*.

A presença de *B. brizantha*, principalmente duas e três plantas/vaso, em convivência com os eucaliptos, reduziu o crescimento da raiz pivotante de *E. citriodora* e *E. grandis*, independente dos teores de água no solo (dados não-apresentados). Mas, o efeito foi mais pronunciado sob estresse hídrico (20% de água). Esse comportamento foi similar ao das raízes laterais, que apresentaram

menor crescimento e número, em relação às plantas de eucalipto, em ausência de *B. brizantha*/vaso, exceto a 23% de água e próximo à capacidade de campo. 26%, que foi superado com maior quantidade de raízes laterais e maior crescimento da raiz pivotante. Contudo, essas raízes permitiram explorar um maior volume de solo, facilitando, assim, o suprimento de água e nutrientes para a manutenção do crescimento e desenvolvimento da parte aérea.

Para DALTON et al. (1975), a avaliação da capacidade de exploração das raízes e sua interação com o solo fornecem subsídios para o aprimoramento das técnicas de manejo florestal, pois a produção de biomassa pelas plantas depende do sistema radicular, sendo este responsável pela absorção de água e nutrientes, e também pela produção de substâncias reguladoras de crescimento (ITAI e VAADIA, 1965 e DUMAS et al., 1989). Dessa forma, é importante a avaliação da biomassa seca para a definição de técnicas silviculturais como, por exemplo, escolha de local, onde será aplicada a fertilização, e época da capina; principalmente com uso de herbicidas.

Quadro 3 - Valores médios da biomassa seca total^{1/}, expressos em g, de *E. citriodora* e *E. grandis*, cultivados em solo com diferentes teores de água, aos 70 dias após o transplante das mudas

Espécies	Água no solo (%)		
	20	23	26
<i>E. citriodora</i>	8,43 b	11,26 b	18,30 b
<i>E. grandis</i>	13,12 a	18,54 a	29,26 a

1/ - Em cada coluna, a > b, pelo teste F.

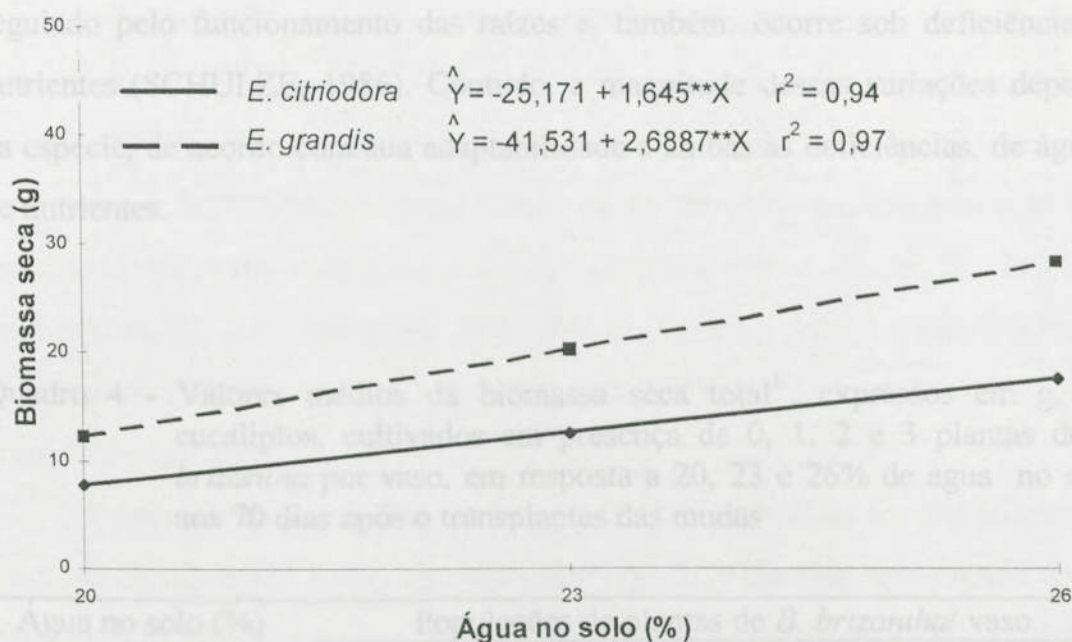


Figura 2 - Biomassa seca de *E. citriodora* e *E. grandis*, em resposta a 20, 23 e 26% de água no solo, independente da população de *B. brizantha*, aos 70 dias após o transplante das mudas.

A biomassa seca total das espécies de eucalipto, aos 70 dias após o transplante das mudas, variou entre a população de *B. brizantha* por vaso (Quadro 4). Em ausência de *B. brizantha*, a biomassa seca foi maior que em presença de *B. brizantha*, ainda com menor resultado em presença de duas e três plantas de *B. brizantha*/vaso. Pela Figura 3, nota-se que o comportamento da biomassa seca dos eucaliptos foi linear e crescente, em resposta ao aumento da água do solo. No entanto, em ausência da gramínea, os eucaliptos obtiveram a resposta mais pronunciada que em presença, atingindo, assim, o máximo estimado de biomassa seca com 46,33 g/planta, a 26% de água. Em presença de *B. brizantha*, os valores máximos foram de 22,32, 11,82, e 11,48 g/planta, para 1, 2 e 3 plantas de *B. brizantha*/vaso, respectivamente.

A redução da água armazenada em planta com estresse hídrico pode reduzir as trocas gasosas na folha e, também, a água disponível para o crescimento da parte aérea e, conseqüentemente, modificaria a partição de carbono, favorecendo ao crescimento de órgãos de suporte. Isso pode ser

regulado pelo funcionamento das raízes e, também, ocorre sob deficiência de nutrientes (SCHULZE, 1986). Contudo, a magnitude dessas variações depende da espécie, de acordo com sua adaptabilidade a ambas as deficiências, de água e de nutrientes.

Quadro 4 - Valores médios da biomassa seca total^{1/}, expressos em g, dos eucaliptos, cultivados em presença de 0, 1, 2 e 3 plantas de *B. brizantha* por vaso, em resposta a 20, 23 e 26% de água no solo, aos 70 dias após o transplantes das mudas

Água no solo (%)	Populações de plantas de <i>B. brizantha</i> / vaso			
	0	1	2	3
20	16,93 A	12,15 B	7,69 C	6,35 C
23	31,41 A	12,44 B	8,10 C	7,66 C
26	46,41 A	24,25 B	12,48 C	11,98 C

1/ Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem, entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

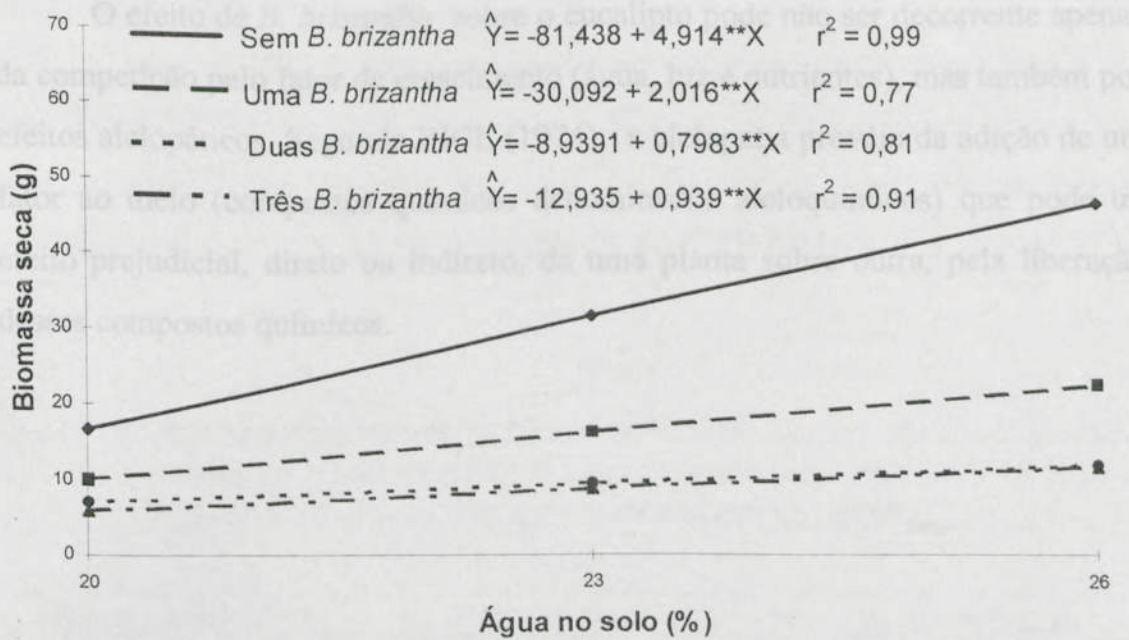


Figura 3 - Biomassa seca dos eucaliptos, cultivados em presença de 0, 1, 2 e 3 plantas de *B. brizantha* por vaso, em resposta a 20, 23 e 26% de água no solo, aos 70 dias após o transplante das mudas.

Os valores da produção percentual da biomassa seca de *E. citriodora* e *E. grandis* foram decrescendo em presença de *B. brizantha*, com o aumento da água no solo (Quadro 5). A produção percentual da biomassa seca de *E. citriodora*, em presença de *B. brizantha*/vaso variou de 54 até 15%, nos três teores de água estudados. Contudo, esse efeito em *E. grandis* foi menor que em *E. citriodora*, variando de 55 até 27%, a 20, 23 e 26% de água no solo; exceto a 20%, em presença de uma planta de *B. brizantha*/vaso, que foi de 84%, aos 70 dias após o transplante das mudas.

Conforme os resultados, a competição intraespecífica foi aumentada pelo fator de crescimento: água, entre eucalipto e *B. brizantha*, convivendo em um mesmo vaso. Dessa forma, *B. brizantha* influenciou negativamente na produção da biomassa seca dos eucaliptos, principalmente quando cresceram, em um mesmo vaso, duas ou três plantas da gramínea e uma de eucalipto. Esse efeito foi maior para o teor 26% de água no solo. *E. citriodora* apresentou-se mais sensível que *E. grandis*, quando em interferência com a gramínea. Assim, a interferência tende a reduzir a extensão e a profundidade das raízes, em virtude do seu crescimento limitado, principalmente ao estresse hídrico.

O efeito de *B. brizantha* sobre o eucalipto pode não ser decorrente apenas da competição pelo fator de crescimento (água, luz e nutrientes), mas também por efeitos alelopáticos. Segundo RICE (1974), a alelopatia provém da adição de um fator ao meio (compostos químicos denominados aleloquímicos) que pode ter efeito prejudicial, direto ou indireto, de uma planta sobre outra, pela liberação desses compostos químicos.

Quadro 5 - Produção percentual da biomassa seca de *E. citriodora* e *E. grandis*, cultivados em ausência de *B. brizantha*, em resposta a 20, 23 e 26% de água no solo, aos 70 dias após o transplante das mudas.

Água no solo (%)	<i>E. citriodora</i> (%)	<i>E. grandis</i> (%)
20	42	54
23	47	48
26	15	27

Quadro 5 - Produção percentual de biomassa seca de *E. citriodora* e *E. grandis*, cultivados em presença de 0, 1, 2, e 3 plantas de *B. brizantha* por vaso, em resposta a 20, 23 e 26% de água no solo, aos 70 dias após o transplante de mudas

Água no solo (%)	<i>E. citriodora</i>				<i>E. grandis</i>			
	Populações de plantas de <i>B. brizantha</i> /vaso				Populações de plantas de <i>B. brizantha</i> /vaso			
	0	1	2	3	0	1	2	3
	(%)							
20	100	54	33	20	100	84	55	52
23	100	41	18	21	100	47	31	27
26	100	47	20	15	100	51	32	34

Quando se comparam os resultados da produção percentual da biomassa seca dos eucaliptos em presença de *B. brizantha* por vaso, aos 70 dias após o transplante das mudas, visualiza-se que, sob estresse hídrico (20% de água) Quadro 6, essa produção reduz para 42% em *E. citriodora* e 34% em *E. grandis*, em comparação a 26% de água no solo. Por meio desses dados, pode-se deduzir que *E. citriodora* e *E. grandis* são de pequena produtividade, sob deficiência hídrica (20% de água no solo).

O estresse hídrico promoveu as maiores reduções na biomassa seca e na área foliar das plantas de *E. citriodora* e *E. grandis*. Esse comportamento tem sido relatado, para diversas espécies de *Eucalyptus* spp., por diferentes pesquisadores (MYERS e LANDSBERG, 1989; STONEMAN et al., 1994).

Quadro 6 - Produção percentual da biomassa seca de *E. citriodora* e *E. grandis*, cultivados em ausência de *B. brizantha*, em resposta a 20, 23 e 26% de água no solo, aos 70 dias após o transplante das mudas

Água no solo (%)	<i>E. citriodora</i> (%)	<i>E. grandis</i> (%)
20	42	34
23	67	68
26	100	100

3.2. Área foliar

A área foliar total (m^2) foi maior em *E. grandis* que em *E. citriodora*, independente dos teores de água no solo (Quadro 7). Pela Figura 4, vê-se que *E. citriodora* e *E. grandis* apresentaram efeito linear e crescente; sendo que o *E. citriodora* propiciou máximo estimado de $0,1174 m^2$ de área foliar e de $0,2275m^2$, para *E. grandis*. *E. grandis* produziu maior número de ramos laterais e maior número de folhas (dados não apresentados) que *E. citriodora*, sustentando, assim, uma considerável área foliar. Segundo FAÇANHA (1983), o *E. grandis* tem característica de produzir maior número de ramos laterais. WARING e SCHLESINGER (1983) esclarecem que quanto maior o índice de área foliar (IAF), maior a biomassa seca produzida, uma vez que ocorre intensa fixação de CO_2 na forma de carboidratos. No entanto, plantas, apresentando folhas necrosadas, em consequência de deficiências nutricionais e hídricas, ou ataque de pragas e doenças, mostram menor eficiência na conversão de energia luminosa, mesmo que haja aumento do índice de área foliar.

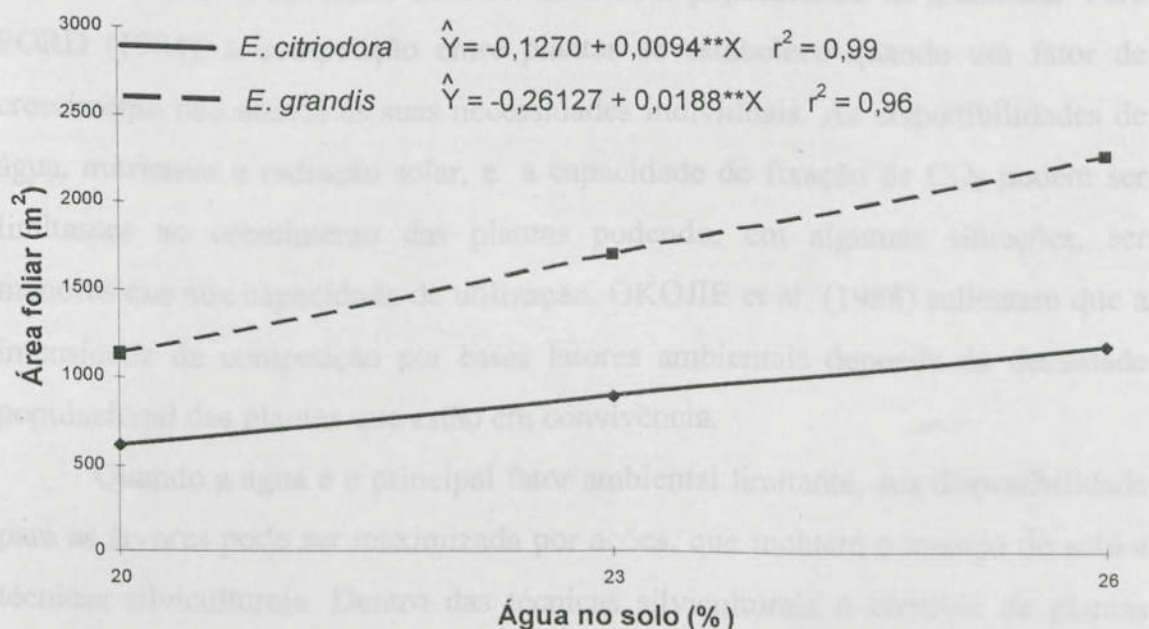


Figura 4 - Área foliar de *E. grandis* e *E. citriodora*, em resposta a 20, 23 e 26% de água no solo, aos 70 dias após o transplante das mudas.

Quadro 7 - Valores médios da área foliar^{1/}, expressas em m², de *E. citriodora* e *E. grandis*, cultivados com diferentes teores de água no solo, aos 70 dias após o transplante das mudas

Espécie	Água no solo (%)		
	20	23	26
<i>E. citriodora</i>	0,621 b	0,0868 b	0,1185 b
<i>E. grandis</i>	0,1205a	0,1567 a	0,2330 a

1/ Em cada coluna, a> b pelo teste F.

Os eucaliptos apresentaram maior área foliar (m²) em ausência de *B. brizantha* e menor área foliar em presença de duas e três plantas de *B. brizantha* por vaso, nos três teores de água no solo (Quadro 8). Essas duas espécies de eucalipto apresentam efeitos linear e crescente, em função dos teores de água no solo. No entanto, em ausência de *B. brizantha*, o efeito foi mais marcante que em presença de *B. brizantha* convivendo com os eucaliptos (Figura 5). O valor máximo estimado de área foliar em ausência de *B. brizantha* foi de 0,284 m². Em presença de 1, 2 e 3 plantas de *B. brizantha*/vaso foi de 0,1724; 0,1225 e 0,1111 cm², respectivamente. Dessa forma, a água, possivelmente, passou a ser um fator limitante, em razão da maior densidade populacional da gramínea. Para FORD (1984), a competição entre plantas se estabelece quando um fator de crescimento não atende às suas necessidades individuais. As disponibilidades de água, nutrientes e radiação solar, e a capacidade de fixação de CO₂ podem ser limitantes ao crescimento das plantas podendo, em algumas situações, ser menores que sua capacidade de utilização. OKOJIE et al. (1988) salientam que a intensidade de competição por esses fatores ambientais depende da densidade populacional das plantas que estão em convivência.

Quando a água é o principal fator ambiental limitante, sua disponibilidade para as árvores pode ser maximizada por ações, que incluem o manejo do solo e técnicas silviculturais. Dentro das técnicas silviculturais o controle de plantas daninhas em reflorestamento com eucalipto, é indispensável, principalmente no primeiro ano do plantio (SILVA, 1993; LIMA, 1996).

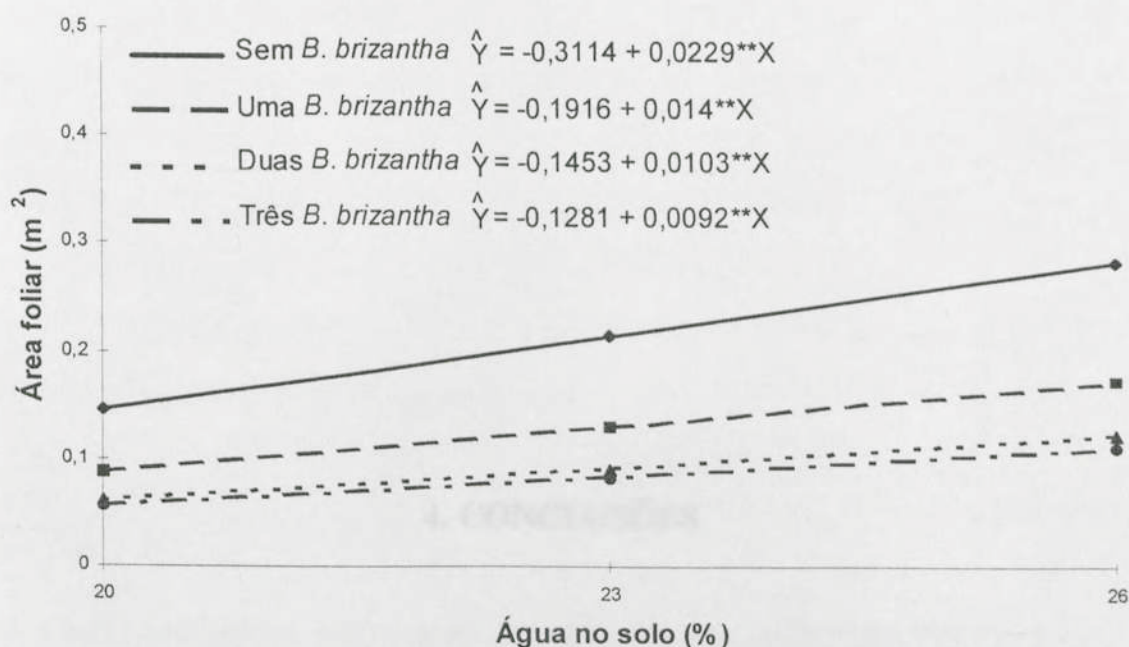


Figura 5 - Área foliar dos eucaliptos, cultivados em presença de 0, 1, 2 e 3 plantas de *B. brizantha* por vaso, em resposta a 20, 23 e 26% de água no solo, aos 70 dias após o transplante das mudas.

Quadro 8 - Valores médios da área foliar ^{1/}, expressos em m², dos eucaliptos cultivados em presença de 0, 1, 2 e 3 plantas de *B. brizantha* por vaso, em resposta a 20, 23 e 26% de água no solo, aos 70 dias após o transplante das mudas

Água no solo (%)	Populações de plantas de <i>B. brizantha</i> por vaso			
	0	1	2	3
20	0,1464 A	0,0921 B	0,0656 C	0,0612 C
23	0,2140 A	0,1208 B	0,0799 C	0,0722 C
26	0,2836 A	0,1759 B	0,1272 C	0,1164 C

1/ Médias seguidas pela mesma letra na linha, não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

4. CONCLUSÕES

A biomassa seca total e a área foliar foram maiores em ausência de *B. brizantha*, em solos com 26% de água.

A convivência de *B. brizantha* com *E. citriodora* ou *E. grandis*, em um mesmo vaso, reduziu o acúmulo de biomassa seca e a área foliar dos eucaliptos, com o aumento do teor de água no solo.

E. citriodora e *E. grandis* mostraram-se mais sensíveis à interferência de duas e três plantas de *B. brizantha* por vaso, nos três teores de água estudados, mas, *E. citriodora* apresentou maior sensibilidade que *E. grandis*.

A presença de *B. brizantha*, no mesmo vaso, reduziu o crescimento da raiz pivotante de *E. citriodora* ou *E. grandis* e, também, o comprimento e o número de raízes laterais. Essa redução foi maior, ainda, sob estresse hídrico (20% de água no solo).

Os resultados evidenciaram que a interferência promovida pela *B. brizantha* reduziu a biomassa seca dos eucaliptos, sendo essa redução maior, a 23 e 26% de água no solo, em presença de duas e três plantas de *B. brizantha*.

CAPÍTULO 2

CONDUTÂNCIA ESTOMÁTICA E TAXA TRANSPIRATÓRIA DO *Eucalyptus citriodora* E *E. grandis*, EM RESPOSTA A DIFERENTES TEORES DE ÁGUA NO SOLO E DE CONVIVÊNCIA COM *Brachiaria brizantha*

1. INTRODUÇÃO

Sob baixa disponibilidade de água nos solos, vários processos metabólicos nas plantas podem ser influenciados, promovendo o fechamento parcial ou total dos estômatos e limitando a perda de água e, como consequência, a fixação de CO_2 (NOBEL, 1974). Dessa forma, os mecanismos que previnem a tensão hídrica interna das plantas quase sempre são incompatíveis com a produção vegetal (TEIXEIRA, 1978). No entanto, algumas plantas são capazes de suportar forte deficiência, sem fechamento total dos estômatos, mantendo a fixação de CO_2 , mesmo sob variações significativas no seu conteúdo hídrico (LEVITT, 1972).

O déficit hídrico nas plantas ocorre a partir do ponto em que a transpiração excede a absorção de água pelas raízes (PEREIRA, 1979). É possível que em muitas espécies arbóreas isso aconteça nas horas mais quentes do dia, promovendo fechamento parcial ou total dos estômatos.

As perdas de água por transpiração pelo eucalipto, como para a maioria de outros tipos de vegetação, são determinadas principalmente por: 1) demanda

climática, que é a resultante das relações entre radiação, déficit de saturação de vapor da atmosfera, temperatura e velocidade do vento; 2) mecanismos fisiológicos relacionados com a resposta estomática a fatores ambientais; 3) estrutura da copa, particularmente índice de área foliar; 4) disponibilidade de água no solo (CALDER et al., 1992; LIMA, 1996).

A condutância estomática pode ser entendida como um poderoso mecanismo fisiológico que as plantas terrestres vasculares possuem para o controle da transpiração (JARVIS e McNAUGHTON, 1986). Segundo LIMA (1996), a epiderme das folhas encontra-se normalmente envolvida por uma cutícula relativamente impermeável, tanto ao vapor d'água quanto ao gás carbônico, porém ela contém grande quantidade de estômatos. A resposta dos estômatos, através da regulação da condutância estomática, determina a demanda transpiratória a que a folha está normalmente sujeita, através da luz, da concentração de gás carbônico atmosférico, umidade e temperatura. Para HALL et al. (1976) e LUDLOW (1980), a condutância estomática é proporcional à transpiração, à fotossíntese líquida e ao potencial da água na folha.

Com base nesses argumentos, objetivou-se avaliar a condutância estomática e a taxa transpiratória de plantas de *E. citriodora* e *E. grandis* em convivência com diferentes teores de água no solo e as populações de plantas de *B. brizantha*.

Após o preparo as amostras de solo foram colocadas em vasos com capacidade de 3,25 kg. Esses vasos foram recobertos internamente com membrana de pressão de RICHARDS (1949). Essa curva foi utilizada para a determinação da quantidade de água a ser adicionada por vaso.

Após o preparo as amostras de solo foram colocadas em vasos com capacidade de 3,25 kg. Esses vasos foram recobertos internamente com membrana de pressão de RICHARDS (1949). Essa curva foi utilizada para a determinação da quantidade de água a ser adicionada por vaso.

Após o preparo as amostras de solo foram colocadas em vasos com capacidade de 3,25 kg. Esses vasos foram recobertos internamente com membrana de pressão de RICHARDS (1949). Essa curva foi utilizada para a determinação da quantidade de água a ser adicionada por vaso.

após 70 dias. Esse controle foi realizado utilizando-se microtensiômetro e pesagem diária. Com repetições diárias da água evapotranspirada, realizadas às 8:00, 13:00 e 16:00 h.

Durante a condução do experimento, dezembro de 1995 a fevereiro de 1996, analisou-se, também, a evaporação potencial, as temperaturas máxima e mínima, a umidade relativa do ar, às 7:30 e às 14:00 h, dentro da casa de vegetação (Quadro 2) do Departamento de Fitotecnia da UFV, Viçosa - MG.

Dessa forma, o experimento foi constituído de 24 tratamentos, compreendendo três níveis de água (condições próximas ao campo = 38%; intermediária = 23% e condições próximas à capacidade de campo = 24%) e quatro populações de *Brachiaria brizantha* (P1, 2 e 3 plantas/m²). O delineamento adotado foi o de blocos casualizados.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O solo utilizado para condução do experimento foi Podzólico-Vermelho-Amarelo-Câmbico, fase terraço, apresentando textura argilo-arenosa, com 38% de areia grossa, 15% de areia fina, 10% de silte e 37% de argila (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 1979); carbono orgânico 3,0% (DEFELIPO e RIBEIRO, 1981) e pH 5,8, tendo sido coletado sob floresta nativa, próximo ao aeroporto, em área do Departamento de Fitotecnia-UFV, à profundidade de 0-20 cm. Determinou-se, ainda, para esse solo, a curva característica de umidade do solo (Figura 1), utilizando-se o aparelho de membrana de pressão de RICHARDS (1949). Essa curva foi utilizada para a determinação da quantidade de água a ser adicionada por vaso.

Após o preparo, as amostras de solo foram colocadas em vasos com capacidade 3,25 kg. Esses vasos foram recobertos internamente com polietileno de 0,05 mm de espessura, para se evitar a perda de água por percolação. A seguir, estabeleceram-se três teores de água no solo, para os diferentes tratamentos, conforme Quadro 1. Em seguida, fez-se o transplante das mudas de *Eucalyptus citriodora* e *E. grandis*, que se encontravam com aproximadamente 20 cm de altura, e das quatro populações de *Brachiaria brizantha*, então, com quatro folhas por planta. A água do solo foi mantida constante, do dia do transplante até a avaliação final do experimento, ocorrida

após 70 dias. Esse controle foi realizado, utilizando-se microtensiômetro e pesagem diária, com reposições diárias da água evapotranspirada, realizadas às 8:00, 13:00 e 16:30 h.

Durante a condução do experimento, dezembro de 1995 a fevereiro de 1996, anotou-se, também, a evaporação potencial, as temperaturas máxima e mínima, a umidade relativa do ar, às 7:30 e às 14:00 h, dentro da casa de vegetação (Quadro 2) do Departamento de Fitotecnia da UFV, Viçosa - MG.

Dessa forma, o experimento foi constituído de 24 tratamentos, compreendendo duas espécies de eucalipto (*E. citriodora* e *E. grandis*); três teores de água (condições próximo ao estresse = 20%; intermediária = 23% e condições próximas à capacidade de campo = 26%); e quatro populações de *Brachiaria brizantha* (0, 1, 2 e 3 plantas/vaso). O delineamento adotado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, em esquema fatorial (2x3x4) e uma planta de eucalipto por unidade experimental (vaso), totalizando 96 unidades experimentais.

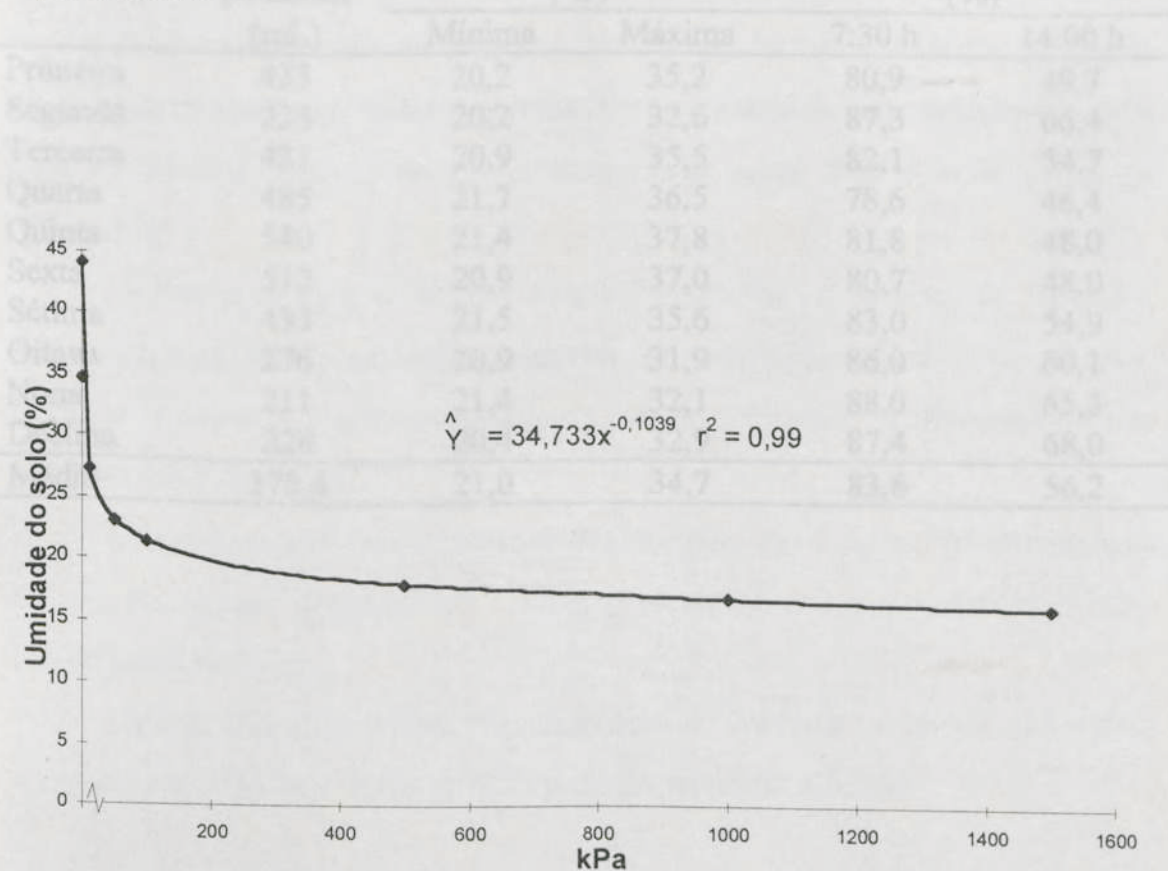


Figura 1 - Curva de retenção da água para o solo utilizado.

Quadro 1 - Umidade residual do solo; tensão de água no solo, mantida após o transplante das mudas; porcentagem do teor de água correspondente; e massa de água adicionada por vaso

Umidade Residual (%)	Tensão de água após o transplante das mudas (kPa)	Teor de água correspondente (%)	Massa de água adicionada por vaso 3,25 kg de solo (g)
10,5	202,8	20	250
10,5	49,5	23	325
10,5	16,2	26	400

Quadro 2 - Média semanal da evaporação potencial, das temperaturas (máxima e mínima) e da umidade relativa do ar (às 7:30 e 14:00 h), durante 70 dias após o transplante das mudas, em casa de vegetação

Semanas	Evaporação potencial (mL)	Temperatura (°C)		Umidade Relativa (%)	
		Mínima	Máxima	7:30 h	14:00 h
Primeira	435	20,2	35,2	80,9	49,7
Segunda	233	20,2	32,6	87,3	66,4
Terceira	431	20,9	35,5	82,1	54,7
Quarta	485	21,7	36,5	78,6	46,4
Quinta	540	21,4	37,8	81,8	48,0
Sexta	512	20,9	37,0	80,7	48,0
Sétima	433	21,5	35,6	83,0	54,9
Oitava	276	20,9	31,9	86,0	60,1
Nona	211	21,4	32,1	88,0	65,3
Décima	228	20,4	32,9	87,4	68,0
Média	378,4	21,0	34,7	83,6	56,2

Durante a condução do ensaio, as plantas foram irrigadas com solução nutritiva de CLARK (1975) e com aplicação da formulação 20-05-20 (N, P, K), alternadamente, a cada sete dias. Dessa forma, a adubação foi feita fornecendo os nutrientes aplicados em cada vaso com: N-278; P-62; K-265; Ca-31; Mg-5, em mg do elemento, para cada unidade experimental (vaso de plantio), contendo 3,25 kg de solo.

As mensurações da condutância estomática (gs) e da taxa transpiratória (E) foram realizadas com um analisador de gás infravermelho, portátil, sistema aberto, modelo LCA-2 ("Analytical Development Co. Ltd, Hoddesdon, UK"), com área da câmara de 6,0 cm². Foram feitas duas leituras em duas folhas do dossel, no terço superior, mediano e no terço inferior das plantas de cada tratamento. As determinações da condutância estomática (gs) e da taxa transpiratória (E) foram realizadas após a manutenção das plantas, num período de 60 min, em sala de crescimento com temperatura de aproximadamente 22°C e luz de halogênio de 400W, para fazer aclimação das plantas de eucalipto. Essas plantas receberam, durante as medições, irradiância de 900 a 920 μmol de fótons m⁻²s⁻¹, valores esses que foram determinados pela curva de saturação luminosa, a qual foi medida, para o eucalipto, situando-se entre 800 a 1000 μmol de fótons m⁻²s⁻¹.

Os dados de gs e E obtidos foram submetidos à análise de variância, individual, para cada posição das folhas na planta dos eucaliptos (terço superior, mediano e inferior), sendo realizadas análises conjuntas, envolvendo as três posições das folhas.

Foram ajustadas equações de regressão para gs e E, em função de água no solo (tratamento quantitativo), com base na significância do valor de F, a 5 e 1% de probabilidade.

Para os níveis de fatores populações de *B. brizantha* e posição das folhas da planta, realizou-se o teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

a resposta ao estresse hídrico limita o tamanho e o número de folhas, levando a redução no consumo de carbono e energia por esse órgão da planta, e grande proporção de fotoassimilados é alocada no sistema radicular.

Quadro 3 - Valor médio da condutância estomática ($\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)¹⁰ das plantas de eucalipto (*E. citriodora* e *E. grandis*), em convivência com 0, 1, 2, e 3 plantas de *B. brizantha* por vaso, em resposta a 20, 23 e 26% de água no solo, aos 70 dias após o transplante das mudas

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Populações de plantas de <i>B. brizantha</i> / vaso	Água no solo (%)		
	20	23	26
3.1. Condutância estomática			
	0,034 a	0,032 a	0,039 a
1	0,015 b	0,018 b	0,022 b

A condutância estomática (gs) para *E. citriodora* e *E. grandis* foi diminuída quando cultivados em presença de *B. brizantha*, independente da água no solo (Quadro 3). Os valores da gs dos eucaliptos variaram em função dos teores de água no solo, tanto em ausência quanto em presença de *B. brizantha* (Figura 2). Foi observado efeito linear crescente, tanto em ausência quanto em presença de *B. brizantha*, porém mais acentuado em ausência de *B. brizantha*. Assim, os valores estimados de gs em ausência de *B. brizantha* foram de 0,024 $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, em condições de estresse hídrico (20% de água) e de 0,040 $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ alcançado nas condições próximas à capacidade de campo (26% de água), aos 70 dias após o transplante das mudas.

Uma possível explicação para esse comportamento deve estar relacionada ao sistema radicular do eucalipto. Em ausência de *B. brizantha*, as plantas de eucalipto apresentaram maior biomassa seca em comparação àquelas que estavam em convivência com *B. brizantha*. Contudo, a biomassa seca dos eucaliptos aumentou, à medida em que se aumentaram os teores de água no solo (Capítulo 1, Quadro 4). Dessa forma, as raízes dos eucaliptos tiveram maior disponibilidade de água em razão de estarem explorando mais volume de solo, sem interferência das plantas de *B. brizantha*. Segundo TAIZ e ZEIGER (1991),

a resposta ao estresse hídrico limita o tamanho e o número de folhas, levando a redução no consumo de carbono e energia por esse órgão da planta, e grande proporção de fotoassimilados é alocada no sistema radicular.

Quadro 3 - Valor médio da condutância estomática ($\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)^{1/} das plantas de eucalipto (*E.citriodora* e *E. grandis*), em convivência com 0, 1, 2, e 3 plantas de *B. brizantha* por vaso, em resposta a 20, 23 e 26% de água no solo, aos 70 dias após o transplante das mudas

Populações de plantas de <i>B. brizantha</i> / vaso	Água no solo (%)		
	20	23	26
0	0,023 a	0,032 a	0,039 a
1	0,015 b	0,018 b	0,022 b
2	0,016 b	0,019 b	0,019 b
3	0,013 b	0,018 b	0,018 c

1/- Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

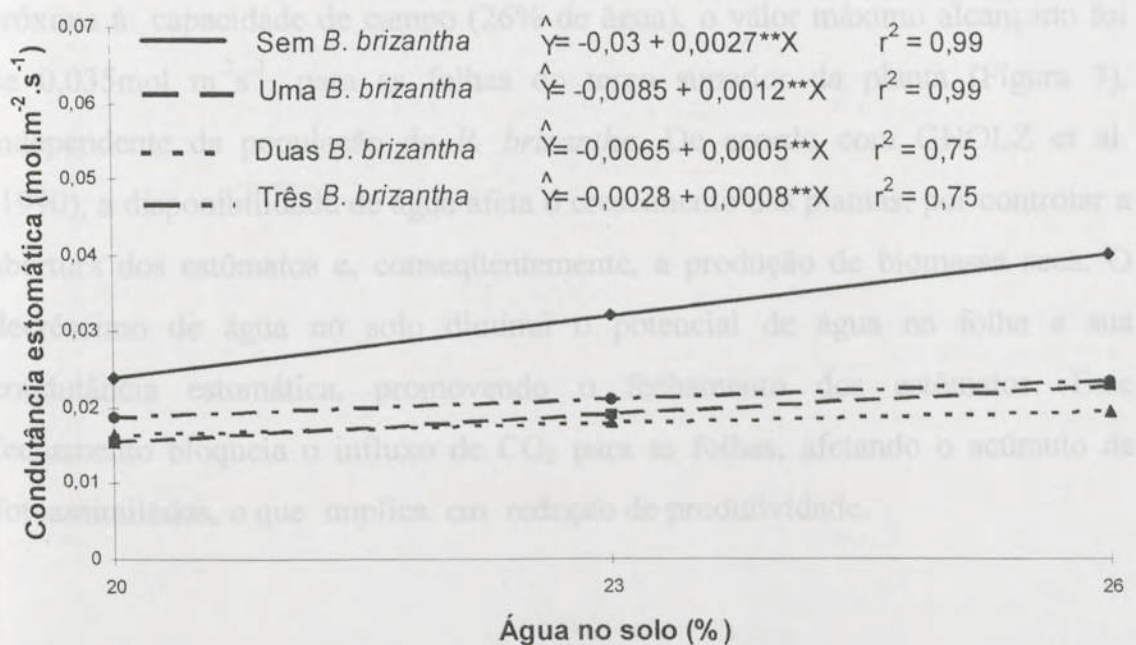


Figura 2 - Condutância estomática ($\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) das plantas de eucalipto (*E. citriodora* e *E. grandis*), em convivência com 0, 1, 2 e 3 plantas de *B. brizantha* por vaso, em resposta a 20, 23 e 26% de água no solo, aos 70 dias após o transplante das mudas.

De acordo com LINDER et al. (1983), em condições de déficit hídrico, o crescimento das folhas é reduzido e a abscisão foliar aumenta. As folhas que se desenvolvem durante um período de déficit hídrico não são apenas menores, mas podem, também, apresentar condutância estomática mais baixa, mesmo quando a disponibilidade de água é restabelecida (BAUGARTEN e TESKEY, 1987).

Considerando-se os valores de g_s observados em diferentes pontos da copa dos eucaliptos, verifica-se, pelo Quadro 4, que as folhas do terço superior apresentaram os maiores valores de g_s , em comparação às folhas do terço mediano e do inferior, para os três teores de água no solo, independente da população de *B. brizantha*. Na Figura 3, as folhas do terço superior e mediano apresentaram valores da g_s com aumento linear crescente, em função dos teores de água no solo. Entretanto, esses valores da g_s foram mais pronunciados nas folhas do terço superior, independente da população de *B. brizantha*.

Sob estresse hídrico (20% de água), o valor mínimo estimado de g_s das folhas do terço superior da planta foi de $0,021 \text{ mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ e para a condição

próxima à capacidade de campo (26% de água), o valor máximo alcançado foi de $0,035 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, para as folhas do terço superior da planta (Figura 3), independente da população de *B. brizantha*. De acordo com GHOLZ et al. (1990), a disponibilidade de água afeta o crescimento das plantas, por controlar a abertura dos estômatos e, conseqüentemente, a produção de biomassa seca. O decréscimo de água no solo diminui o potencial de água na folha e sua condutância estomática, promovendo o fechamento dos estômatos. Esse fechamento bloqueia o influxo de CO_2 para as folhas, afetando o acúmulo de fotoassimilados, o que implica em redução de produtividade.

Quadro 4 - Valor médio da condutância estomática ($\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)¹ das plantas de eucalipto (*E. citriodora* e *E. grandis*), avaliado em folhas do terço superior, mediano e inferior das plantas, em resposta a 20, 23 e 26% de água no solo, aos 70 dias após o transplante das mudas

Posição das folhas na planta	Água no solo (%)		
	20	23	26
Terço superior	0,021 a	0,029 a	0,035 a
Terço mediano	0,016 b	0,020 b	0,023 b
Terço inferior	0,014 b	0,017 b	0,017 c

1/- Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

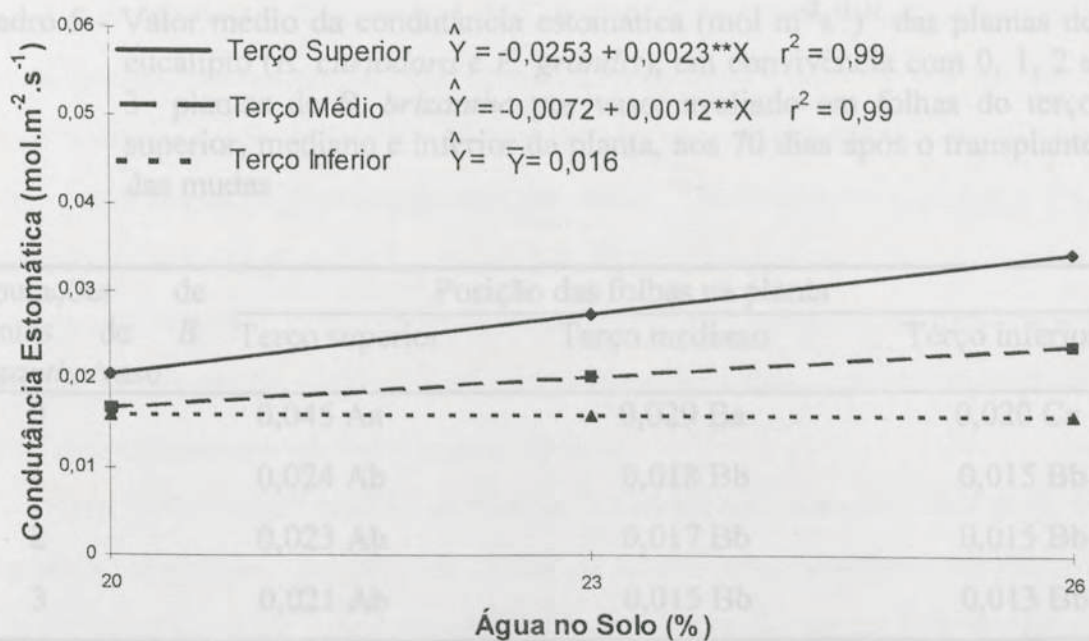


Figura 3 - Condutância estomática (mol m⁻²s⁻¹) das plantas de eucalipto (*E. citriodora* e *E. grandis*), avaliada em folhas do terço superior, mediano e inferior da planta, em resposta a 20, 23 e 26% de água no solo, aos 70 dias após o transplante das mudas.

De acordo com FERRI (1985), as plantas C₄ chegam a apresentar 50% mais eficiência na utilização da água para a produção da matéria seca que as plantas C₃. Contudo, antes de chegar à formação dos botões florais, *B. brizantha* (C₄), aos 70 dias após o transplante das mudas, apresentou melhor desempenho na competição com as plantas dos eucaliptos (C₃), em relação ao seu crescimento e à produção de biomassa seca (Capítulo 1, Quadro 5).

As avaliações realizadas aos 70 dias após o transplante das mudas mostraram que, em ausência de *B. brizantha*, as folhas do terço superior, mediano e inferior da planta do eucalipto apresentaram maior valor de gs, em comparação à presença de *B. brizantha* (Quadro 5). Dentro do dossel das plantas dos eucaliptos, as folhas do terço superior proporcionaram valores mais elevados da gs, em relação às folhas do terço mediano e inferior da planta. Isso é válido tanto para a presença, quanto para a ausência de *B. brizantha*. Para LARCHER (1986), o decréscimo parcial ou total de condutância estomática implica redução da fixação de CO₂ e, conseqüentemente, redução de produção de biomassa.

Quadro 5 - Valor médio da condutância estomática ($\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)^{1/} das plantas de eucalipto (*E. citriodora* e *E. grandis*), em convivência com 0, 1, 2 e 3 plantas de *B. brizantha* por vaso, avaliado em folhas do terço superior, mediano e inferior da planta, aos 70 dias após o transplante das mudas

Populações de plantas de <i>B. brizantha</i> /vaso	de	Posição das folhas na planta		
		Terço superior	Terço mediano	Terço inferior
0		0,045 Aa	0,029 Ba	0,020 Ca
1		0,024 Ab	0,018 Bb	0,015 Bb
2		0,023 Ab	0,017 Bb	0,015 Bb
3		0,021 Ab	0,015 Bb	0,013 Bb

1/- Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, numa mesma linha, e minúscula, na mesma coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

3.2. Taxa transpiratória

As taxas transpiratórias (E) das plantas dos eucaliptos apresentaram comportamento similar à condutância estomática. Em ausência de *B. brizantha*, observaram-se maiores valores de E para os três teores de água no solo que, em presença de *B. brizantha* (Quadro 6), indicam que há interferência negativa de *B. brizantha* sobre as plantas dos eucaliptos.

Na Figura 4, destaca-se que em ausência de *B. brizantha* houve efeito linear crescente da E com aumento dos teores de água no solo. Nas condições sob estresse hídrico (20% de água), o valor mínimo estimado da E atingiu $1,02 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, enquanto nas condições próximas à capacidade de campo (26% de água), o valor máximo de E foi de $1,54 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$. No entanto, em presença de *B. brizantha* não houve efeito significativo da E das plantas dos eucaliptos dentro dos teores de água no solo.

Esses resultados demonstram que as plantas de eucalipto têm a E mais elevada, quando submetidas às condições ótimas de água e também em ausência da interferência de *B. brizantha*. Nessas condições, as plantas dos eucaliptos foram beneficiadas, apresentando-se com maior biomassa seca (Capítulo 1, Quadro 4), área foliar (Capítulo 1, Quadro 8) e condutância estomática (Capítulo 2, Quadro 3). Porém, a presença de *B. brizantha* afetou essas três características avaliadas em plantas de eucalipto, em virtude da competição e, possivelmente, de efeitos alelopáticos apresentados pela gramínea.

Para EINHELLIG (1986), as plantas exsudam, naturalmente, uma série de compostos orgânicos, alguns dos quais possuem propriedades alelopáticas, variando em quantidade e composição conforme as condições em que as plantas se encontram, tanto em relação às espécies quanto às suas idades. No entanto, as substâncias encontradas no solo, às quais se atribuem efeitos alelopáticos, são provenientes das raízes, ou são produzidas por microorganismos associados, ou se resultam da decomposição dos resíduos orgânicos, nos quais se incluem as células mortas das raízes.

Segundo TURNER (1986), as formas de defesa da planta contra a desidratação são o controle da transpiração e o desenvolvimento de mecanismos de ajuste osmótico.

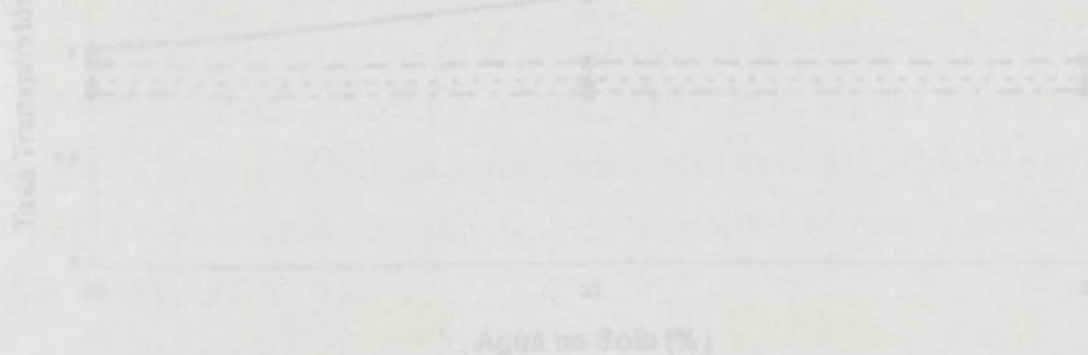


Figura 4 - Taxa transpiratória ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) das plantas de eucalipto (*E. citriodora* e *E. grandis*), em convivência 0, 1, 2 e 3 plantas de *B. brizantha* por vaso, em resposta a 20, 23 e 26% de água no solo, aos 70 dias após o transplante das mudas.

Quadro 6 - Valor médio da taxa transpiratória ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)¹ das plantas de eucalipto (*E. citriodora* e *E. grandis*), em convivência com 0, 1, 2 e 3 plantas de *B. brizantha* por vaso, em resposta a 20, 23 e 26% de água no solo, aos 70 dias após o transplante das mudas

Populações de plantas de <i>B. brizantha</i> /vaso	Água no solo (%)		
	20	23	26
0	0,983 a	1,363 a	1,500 a
1	0,817 ab	1,121 b	0,929 b
2	0,796 b	0,992 bc	0,833 b
3	0,750 b	0,908 c	0,779 b

1/- Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

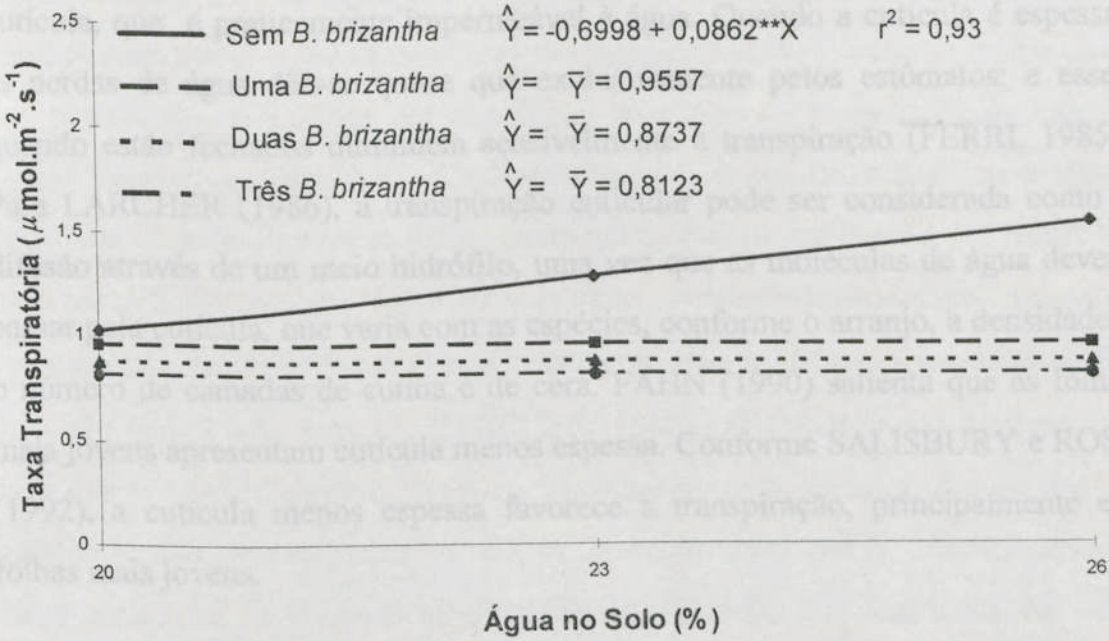


Figura 4 - Taxa transpiratória ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) das plantas de eucalipto (*E. citriodora* e *E. grandis*), em convivência 0, 1, 2 e 3 plantas de *B. brizantha* por vaso, em resposta a 20, 23 e 26% de água no solo, aos 70 dias após o transplante das mudas.

Pelo Quadro 7, registram-se diferenças significativas na E das plantas dos eucaliptos, entre as folhas do dossel, indicando que as folhas do terço superior das plantas apresentaram maior taxa de transpiração que as demais folhas, para os três teores de água no solo. Verifica-se, nesse mesmo quadro, que a 26% de água no solo as folhas do terço inferior apresentaram menor taxa de transpiração. Isso pode ocorrer em virtude de as folhas inferiores dos eucaliptos ficarem mais sujeitas à sombra por outras folhas do dossel e, também, por parte da convivência da *B. brizantha*, que desenvolveu melhor, resultando em menor valor da taxa transpiratória. LINDER et al. (1983) salientam que, em condições de déficit hídrico, o crescimento das folhas é reduzido e a abscisão foliar aumenta. No entanto, as interações entre a água e outros fatores são importantes na abertura e no fechamento dos estômatos, sendo determinadas pelo turgor das células-guardas e das células epidérmicas (DAVIS e KOZLOWSKI, 1975).

A maioria das plantas apresentam as células epidérmicas cobertas de cutícula, que é praticamente impermeável à água. Quando a cutícula é espessa, as perdas de água dão-se quase que exclusivamente pelos estômatos; e esses quando estão fechados diminuem sensivelmente a transpiração (FERRI, 1985). Para LARCHER (1986), a transpiração cuticular pode ser considerada como a difusão através de um meio hidrófilo, uma vez que as moléculas de água devem passar pela cutícula, que varia com as espécies, conforme o arranjo, a densidade e o número de camadas de cutina e de cera. FAHN (1990) salienta que as folhas mais jovens apresentam cutícula menos espessa. Conforme SALISBURY e ROSS (1992), a cutícula menos espessa favorece a transpiração, principalmente em folhas mais jovens.

Quadro 7 - Valor médio da taxa transpiratória ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)^{1/} das plantas de eucalipto (*E. citriodora* e *E. grandis*), avaliadas em folhas do terço superior, mediano e inferior da planta, em resposta a 20, 23 e 26% de água no solo, aos 70 dias após o transplante das mudas

Posição das folhas na planta	Água no solo (%)		
	20	23	26
Terço superior	0,966 a	1,484 a	1,341 a
Terço mediano	0,800 b	0,928 b	0,963 b
Terço inferior	0,744 b	0,875 b	0,728 c

1/- Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Observa-se, pela Figura 5, que não houve efeito significativo da taxa de transpiração para as folhas dos terços superior e inferior da planta. Os valores da E para as folhas do terço superior foram maiores, a 23 e 26% de água, e o menor valor ocorreu a 20% de água no solo (Quadro 7). No entanto, as folhas inferiores apresentaram maior valor na condição intermediária (23%), e menor média da E das plantas dos eucaliptos em condições próximas à capacidade de campo (26%), também no Quadro 7. Ainda da Figura 5, visualiza-se que houve efeito linear crescente da E, para as folhas medianas da planta, em função dos teores de água no solo. Apresentando-se a 20% de água, o valor mínimo estimado da taxa transpiratória foi de $0,81 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, enquanto que, a 26%, o valor máximo foi de $0,98 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Segundo LARCHER (1986), as folhas ao sol transpiraram mais que as folhas à sombra. Contudo, as folhas do terço superior das plantas do eucalipto estão mais expostas ao sol, transpiraram mais que as folhas inferiores das plantas (folhas à sombra). Para FERRI (1985), em condições de bom suprimento de água no solo, a transpiração aumenta. Dessa forma, o processo de transpiração foi, sensivelmente, afetado em condições de solo com deficiência hídrica.

Em ausência de *B. brizantha*, a taxa de transpiração das folhas do dossel dos eucaliptos apresentaram valores superiores àqueles em presença de *B. brizantha*, por vaso (Quadro 8). Ainda nesse quadro, distingue-se que dentro do

dossel das folhas dos eucaliptos, a E das folhas do terço superior apresentaram maior valor tanto em ausência quanto em presença de *B. brizantha*, em comparação às folhas dos terços mediano e inferior.

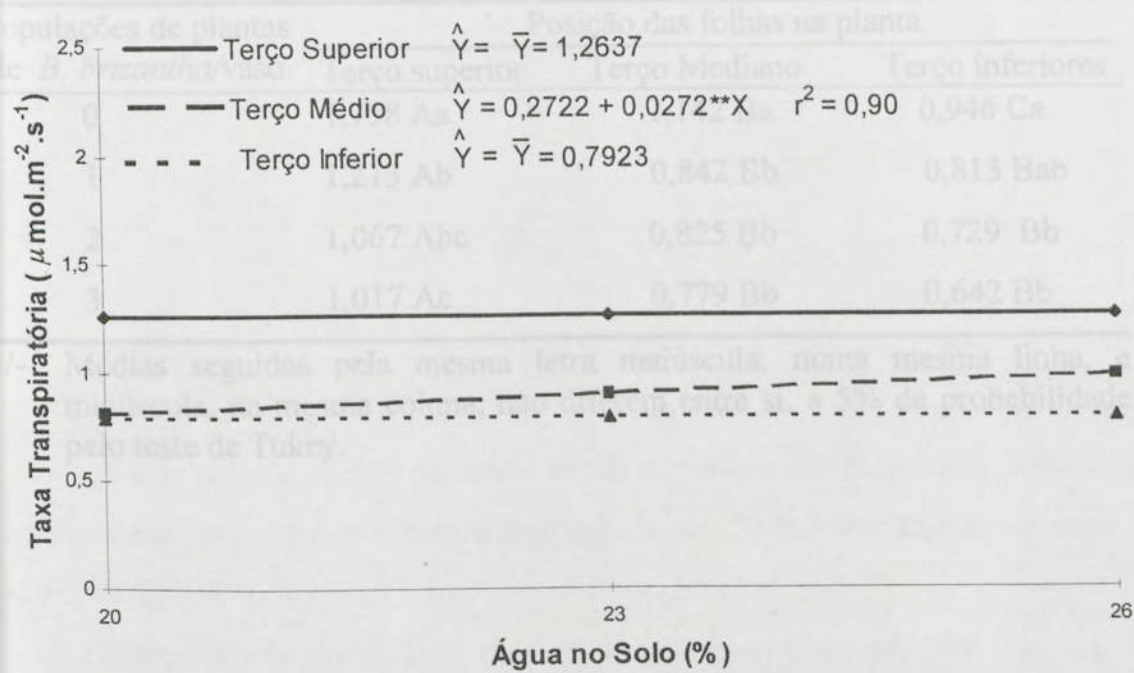


Figura 5 - Taxa transpiratória ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)¹ das plantas de eucalipto (*E. citriodora* e *E. grandis*), avaliadas em folhas do terço superior, mediano e inferior da planta, em resposta a 20, 23 e 26% de água no solo, aos 70 dias após o transplante das mudas.

A taxa transpiratória das folhas do terço superior dos eucaliptos foi reduzida em presença de duas e três plantas de *B. brizantha* por vaso, indicando que as plantas de *B. brizantha* prejudicaram a taxa transpiratória, em virtude da interferência dessa gramínea, principalmente pelo fator água. De acordo com KOZLOWSKI et al. (1991), a competição tende a reduzir a extensão de profundidade e densidade de raízes, visto que seu crescimento, principalmente o das raízes laterais e dos pêlos, é muito sensível ao estresse.

Segundo REIS e HALL (1986), *E. camaldulensis* em condições de deficiência hídrica apresentaram os estômatos parcialmente fechados, reduzindo a um mínimo as perdas de água, que podem vir a ocorrer, apenas por meio da cutícula.

Quadro 8 - Valor médio da taxa transpiratória ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)^{1/-} das plantas de eucalipto (*E. citriodora* e *E. grandis*), em convivência com 0, 1, 2 e 3 plantas de *B. brizantha* por vaso, avaliadas em folhas do terço superior, mediano e inferior da planta, aos 70 dias após o transplante de mudas

Populações de plantas de <i>B. brizantha</i> /vaso	Posição das folhas na planta		
	Terço superior	Terço Mediano	Terço inferiores
0	1,758 Aa	1,142 Ba	0,946 Ca
1	1,213 Ab	0,842 Bb	0,813 Bab
2	1,067 Abc	0,825 Bb	0,729 Bb
3	1,017 Ac	0,779 Bb	0,642 Bb

1/- Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, numa mesma linha, e minúscula, na mesma coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

4. CONCLUSÕES

A convivência de *B. brizantha* com *E. citriodora* ou *E. grandis* reduziu a condutância estomática e a taxa transpiratória das folhas dos eucaliptos com o aumento do teor de água no solo.

Dentro dos teores de água no solo, as folhas do terço superior das plantas de *E. citriodora* e *E. grandis*, cultivadas em ausência ou em presença de *B. brizantha* apresentaram maior condutância estomática e taxa transpiratória que as folhas dos terços mediano e inferior, para os três teores de água no solo.

Os maiores valores de condutância estomática e taxa transpiratória foram obtidos pelas folhas do terço superior das plantas dos eucaliptos, quando o teor de água no solo foi de 26% (próximo à capacidade de campo).

CAPÍTULO 3

DESEMPENHO DA TAXA FOTOSSINTÉTICA LÍQUIDA DO *Eucalyptus citriodora* E *E. grandis*, EM RESPOSTA A DIFERENTES TEORES DE ÁGUA E DE CONVIVÊNCIA COM *Brachiaria brizantha*

1. INTRODUÇÃO

Conhecendo-se as variações de umidade no solo e a interferência por parte das plantas daninhas, é possível avaliar a influência das plantas de eucalipto sobre a disponibilidade de água; fazer inferências a respeito da taxa de fotossíntese líquida dessas plantas, para determinar como o sistema radicular atua de modo mais efetivo e outros efeitos da planta de eucalipto sobre a água no solo, em competição com *B. brizantha*.

A redução na água armazenada, isto é, estresse hídrico na planta, pode reduzir as trocas gasosas na folha e, conseqüentemente, modificar a partição de carbono, favorecendo o crescimento de órgãos de suporte (SCHULZE, 1986).

O estresse hídrico causa severa inibição da fotossíntese, tanto como conseqüência do fechamento dos estômatos, como em razão de efeitos deletérios diretos, em nível de cloroplasto (KAISER, 1987). O fechamento dos estômatos contribui notavelmente para reduzir as perdas de água durante a limitada disponibilidade e, ou, alta demanda evaporativa. No entanto, esse fechamento também provoca limitação na absorção de dióxido de carbono e, em

consequência, decréscimo na concentração intracelular de CO_2 (BJORKMAN, 1989).

A associação entre déficit hídrico e fechamento estomático restringe fortemente a assimilação de carbono. Nesse contexto, o controle estomático tem sido indicado como a fração principal da limitação total da fotossíntese (CHAVES, 1991; PEREIRA e CHAVES, 1993). Mas, ajustes internos não-estomáticos, em diferentes níveis, têm sido observados, incluindo redução da atividade de algumas enzimas do ciclo de Calvin e Benson (DUA et al., 1994; KICHEVA et al., 1994), inibição do transporte de fotossintatos (MASOJIDEK et al., 1991) e alterações do estoque de carboidratos nas células (QUICK et al., 1992).

A finalidade desse experimento foi avaliar a taxa de fotossíntese líquida de plantas de *E. citriodora* e *E. grandis* em convivência com diferentes teores de água no solo e populações de plantas de *B. brizantha* por vaso.

BRASIL, 1979). O solo utilizado foi o Latossolo Vermelho, textura média, da Fertilidade Química (CHIFFELLO e RIBEIRO, 1981) e pH 5,8, tendo sido coletado sob floresta nativa, próxima ao aeroporto, em área do Departamento de Fitotecnia-UFV, à profundidade de 0-20 cm. Determinou-se, ainda, para esse solo, a curva característica da umidade do solo (Figura 1), utilizando-se o aparelho de membrana de pressão de RICHARDS (1949). Essa curva foi utilizada para a determinação da quantidade de água a ser adicionada por vaso.

Após o preparo, as amostras de solo foram colocadas em vasos com capacidade 3,25 kg. Esses vasos foram cobertos internamente com polietileno de 0,05 mm de espessura para se evitar a perda de água por percolação. A seguir, estabeleceram-se três teores de água no solo, para os diferentes tratamentos, conforme Quadro 1. Em seguida, fez-se o transplante das mudas de *Eucalyptus citriodora* e *E. grandis*, que se encontravam com aproximadamente 20 cm de altura, e das quatro populações de *Brachiaria brizantha*, todas, com quatro folhas por planta. A água do solo foi mantida constante do dia do transplante até a avaliação final do experimento, ocorrida

2. MATERIAL E MÉTODOS

O solo utilizado para condução do experimento foi Podzólico-Vermelho-Amarelo-Câmbico, fase terraço, apresentando textura argilo-arenosa, com 38% de areia grossa, 15% de areia fina, 10% de silte e 37% de argila (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 1979); carbono orgânico 3,0% (DEFELIPO e RIBEIRO, 1981) e pH 5,8, tendo sido coletado sob floresta nativa, próximo ao aeroporto, em área do Departamento de Fitotecnia-UFV, à profundidade de 0-20 cm. Determinou-se, ainda, para esse solo, a curva característica de umidade do solo (Figura 1), utilizando-se o aparelho de membrana de pressão de RICHARDS (1949). Essa curva foi utilizada para a determinação da quantidade de água a ser adicionada por vaso.

Após o preparo, as amostras de solo foram colocadas em vasos com capacidade 3,25 kg. Esses vasos foram recobertos internamente com polietileno de 0,05 mm de espessura, para se evitar a perda de água por percolação. A seguir, estabeleceram-se três teores de água no solo, para os diferentes tratamentos, conforme Quadro 1. Em seguida, fez-se o transplante das mudas de *Eucalyptus citriodora* e *E. grandis*, que se encontravam com aproximadamente 20 cm de altura, e das quatro populações de *Brachiaria brizantha*, então, com quatro folhas por planta. A água do solo foi mantida constante, do dia do transplante até a avaliação final do experimento, ocorrida

após 70 dias. Esse controle foi realizado utilizando-se o método de pesagem diária, com deposições diárias da água evaporotranspirada, realizadas às 8:00, 13:00 e 16:30 h.

Durante a condução do experimento, dezembro de 1995 a fevereiro de 1996, anotou-se, também, a evaporação potencial, as temperaturas máxima e mínima, a umidade relativa do ar, às 7:30 e às 14:00 h, dentro da zona de vegetação (Quadro 2) do Departamento de Fitotecnia da UFV, Viçosa - MG.

Dessa forma, o experimento foi conduzido em 24 vasos, compreendendo duas espécies de plantas e quatro níveis de água (condições próximas ao estrato = 20%; intermediária = 23% e condições próximas à capacidade de campo = 26%; e quatro populações de

2. MATERIAL E MÉTODOS

O solo utilizado para condução do experimento foi Podzólico-Vermelho-Amarelo-Câmbico, fase terraço, apresentando textura argilo-arenosa, com 38% de areia grossa, 15% de areia fina, 10% de silte e 37% de argila (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 1979); carbono orgânico 3,0% (DEFELIPO e RIBEIRO, 1981) e pH 5,8, tendo sido coletado sob floresta nativa, próximo ao aeroporto, em área do Departamento de Fitotecnia-UFV, à profundidade de 0-20 cm. Determinou-se, ainda, para esse solo, a curva característica de umidade do solo (Figura 1), utilizando-se o aparelho de membrana de pressão de RICHARDS (1949). Essa curva foi utilizada para a determinação da quantidade de água a ser adicionada por vaso.

Após o preparo, as amostras de solo foram colocadas em vasos com capacidade 3,25 kg. Esses vasos foram recobertos internamente com polietileno de 0,05 mm de espessura, para se evitar a perda de água por percolação. A seguir, estabeleceram-se três teores de água no solo, para os diferentes tratamentos, conforme Quadro 1. Em seguida, fez-se o transplante das mudas de *Eucalyptus citriodora* e *E. grandis*, que se encontravam com aproximadamente 20 cm de altura, e das quatro populações de *Brachiaria brizantha*, então, com quatro folhas por planta. A água do solo foi mantida constante, do dia do transplante até a avaliação final do experimento, ocorrida

após 70 dias. Esse controle foi realizado, utilizando-se microtensiômetro e pesagem diária, com reposições diárias da água evapotranspirada, realizadas às 8:00, 13:00 e 16:30 h.

Durante a condução do experimento, dezembro de 1995 a fevereiro de 1996, anotou-se, também, a evaporação potencial, as temperaturas máxima e mínima, a umidade relativa do ar, às 7:30 e às 14:00 h, dentro da casa de vegetação (Quadro 2) do Departamento de Fitotecnia da UFV, Viçosa - MG.

Dessa forma, o experimento foi constituído de 24 tratamentos, compreendendo duas espécies de eucalipto (*E. citriodora* e *E. grandis*); três teores de água (condições próximo ao estresse = 20%; intermediária = 23% e condições próximas à capacidade de campo = 26%); e quatro populações de *Brachiaria brizantha* (0, 1, 2 e 3 plantas/vaso). O delineamento adotado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, em esquema fatorial (2x3x4) e uma planta de eucalipto por unidade experimental (vaso), totalizando 96 unidades experimentais.

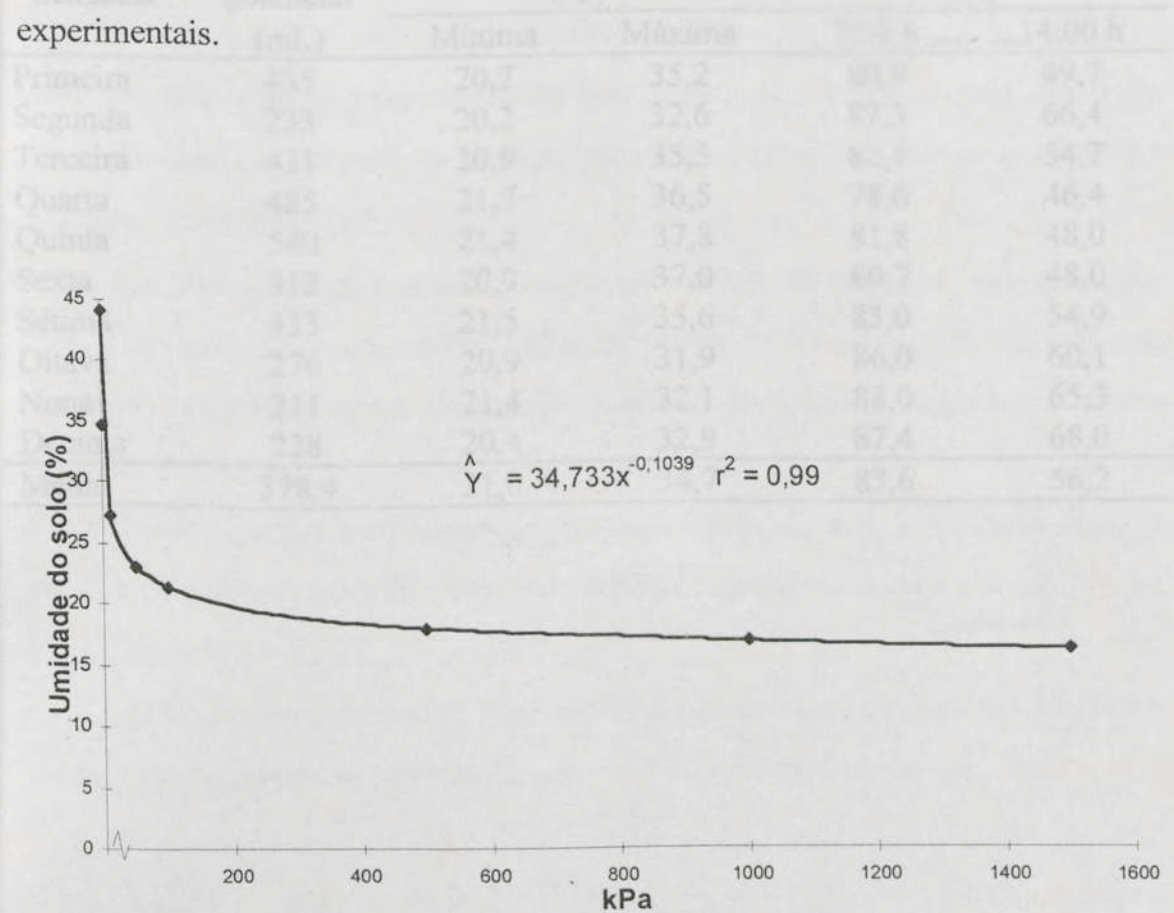


Figura 1 - Curva de retenção da água para o solo utilizado.

Quadro 1 - Umidade residual do solo; tensão de água no solo, mantida após o transplante das mudas; porcentagem do teor de água correspondente; e massa de água adicionada por vaso

Umidade Residual (%)	Tensão de água após o transplante das mudas (kPa)	Teor de água correspondente (%)	Massa de água adicionada por vaso 3,25 kg de solo (g)
10,5	49,5	23	325
10,5	16,2	26	400

Quadro 2 - Média semanal da evaporação potencial, das temperaturas (máxima e mínima) e da umidade relativa do ar (às 7:30 e 14:00 h), durante 70 dias após o transplante das mudas, em casa de vegetação

Semanas	Evaporação potencial (mL)	Temperatura (°C)		Umidade Relativa (%)	
		Mínima	Máxima	7:30 h	14:00 h
Primeira	435	20,2	35,2	80,9	49,7
Segunda	233	20,2	32,6	87,3	66,4
Terceira	431	20,9	35,5	82,1	54,7
Quarta	485	21,7	36,5	78,6	46,4
Quinta	540	21,4	37,8	81,8	48,0
Sexta	512	20,9	37,0	80,7	48,0
Sétima	433	21,5	35,6	83,0	54,9
Oitava	276	20,9	31,9	86,0	60,1
Nona	211	21,4	32,1	88,0	65,3
Décima	228	20,4	32,9	87,4	68,0
Média	378,4	21,0	34,7	83,6	56,2

Durante a condução do ensaio, as plantas foram irrigadas com solução nutritiva de CLARK (1975) e com aplicação da formulação 20-05-20 (N, P, K), alternadamente, a cada sete dias. Dessa forma, a adubação foi feita fornecendo os nutrientes aplicados em cada vaso com: N-278; P-62; K-265; Ca-31; Mg-5, em mg do elemento, para cada unidade experimental (vaso de plantio), contendo 3,25 kg de solo.

A mensuração da taxa fotossintética líquida (A) foi realizada com um analisador de gás infravermelho, portátil, sistema aberto, modelo LCA-2 ("Analytical Development Co. Ltd, Hoddesdon, UK"), com área da câmara de 6,0 cm². Foram feitas duas leituras em duas folhas do dossel, no terço superior, mediano e no terço inferior das plantas de cada tratamento. A determinação da taxa fotossintética líquida (A) foi realizada após a manutenção das plantas, num período de 60 min, em sala de crescimento com temperatura de aproximadamente 22°C, e luz de halogênio de 400W, para fazer a climatização das plantas de eucalipto. Essas plantas receberam, durante as medições, irradiância de 900 a 920 μmol de fótons m⁻²s⁻¹, valores esses que foram determinados pela curva de saturação luminosa, a qual foi medida, para o eucalipto, situando-se entre 800 a 1.000 μmol de fótons m⁻²s⁻¹.

Os dados de A obtidos foram submetidos à análise de variância, individual, para cada posição das folhas na planta dos eucaliptos (terço superior, mediano e inferior), sendo realizadas análises conjuntas, envolvendo as três posições das folhas.

Foram ajustadas equações de regressão para gs e E, em função de água no solo (tratamento quantitativo), com base na significância do valor de F, a 5 e 1% de probabilidade.

Para os níveis de fatores populações de *B. brizantha* e posição das folhas da planta, realizou-se o teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Pelos resultados, confirma-se que *B. brizantha* interfere negativamente no crescimento dos eucaliptos, quando estiveram em convivência, durante a fase de desenvolvimento, reduzindo, entre, a biomassa seca (Capítulo 1, Quadro 4), a área foliar (Capítulo 1, Quadro 5), a condutância estomática (Capítulo 2, Quadro 3) e a transpiração (Capítulo 2, Quadro 6). Segundo LARCHER (1986), a falta de água é o principal fator limitante da assimilação de CO_2 . Para SHARKEY (1990), os processos fotossintéticos podem tolerar altos níveis de deficiência hídrica foliar, sendo a inibição da fixação de CO_2 , tipicamente observada em folhas

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Taxas de fotossíntese líquida

A taxa de fotossíntese líquida (A) das plantas de *E. citriodora* e *E. grandis*, aos 70 dias após o transplante das mudas, foi maior em ausência que em presença de *B. brizantha*, para os três teores de água no solo (Quadro 3). Tal resultado mostra que a *B. brizantha* presente nos vasos reduziu a taxa fotossintética líquida das plantas de eucalipto, independente dos teores de água no solo e da população de plantas de *B. brizantha*.

Na Figura 2, verifica-se que em ausência e em presença de duas plantas de *B. brizantha* por vaso, competindo com os eucaliptos, houve efeito linear crescente de A, entre os três teores de água no solo. Porém, em ausência de *B. brizantha*, o efeito linear foi mais acentuado, atingindo valor máximo estimado de A, de $2,56 \mu\text{mol de m}^{-2}\text{s}^{-1}$, a 26% de água, e o mínimo de A foi $1,51 \mu\text{mol de m}^{-2}\text{s}^{-1}$ a 20% de água. Não houve efeito significativo da A, em presença de uma e três plantas de *B. brizantha* por vaso, competindo com os eucaliptos, entre os teores de água no solo. Ressalta-se que as plantas dos eucaliptos foram expostas a aproximadamente $900 \mu\text{mol de fótons m}^{-2}\text{s}^{-1}$, durante a determinação da A.

Pelos resultados, confirma-se que *B. brizantha* interfere negativamente no crescimento dos eucaliptos, quando estiveram em convivência, durante a fase de desenvolvimento, reduzindo, assim, a biomassa seca (Capítulo 1, Quadro 4), a área foliar (Capítulo 1, Quadro 8), a condutância estomática (Capítulo 2, Quadro 3) e a transpiração (Capítulo 2, Quadro 6). Segundo LARCHER (1986), a falta de água é o principal fator limitante da assimilação de CO₂. Para SHARKEY (1990), os processos fotossintéticos podem tolerar altos níveis de deficiência hídrica foliar, sendo a inibição da fixação de CO₂, tipicamente observada em folhas sob tensão hídrica, em virtude, exclusivamente, da redução no suprimento de CO₂, como resultado do fechamento estomático.

A taxa de fotossíntese líquida variou, também, dentro da posição das folhas nas plantas do eucalipto. O maior efeito da A foi nas folhas do terço superior, seguidas pelas folhas do terço mediano, e menor efeito nas folhas do terço inferior, para cada teor de água (Quadro 4).

Pela Figura 3, percebe-se que houve efeito linear crescente da A para as folhas do terço superior, mediano e inferior, em função dos teores de água no solo. Todavia, o mais marcante foi observado nas folhas superiores que atingiram o valor máximo estimado de A de 2,24 $\mu\text{mol de m}^{-2}\text{s}^{-1}$, para 26% de água, sendo que o mínimo estimado pela A foi de 1,56 $\mu\text{mol de m}^{-2}\text{s}^{-1}$, para 20% de água no solo. As folhas do terço inferior não apresentaram diferença da A dentro da água no solo.

Cada folha é freqüentemente arranjada, de modo a favorecer a interceptação luminosa. No decorrer do dia, as folhas de uma planta são atingidas pela luz, em ângulos diferentes, proporcionando sombra umas às outras (LARCHER, 1986). Dessa forma, as folhas do terço inferior são mais afetadas pelas variações de luz que penetram no dossel, resultando em menor taxa fotossintética líquida que as folhas do terço superior (LARCHER, 1986). Esse autor salienta que, com o aumento da idade das folhas, possivelmente, ocorre declínio da capacidade fotossintética e da atividade da ribulose -1,5 - bifosfato (RuDP).

A taxa fotossintética líquida das folhas das plantas de *E. citriodora* e *E. grandis* foram maiores em ausência que em presença de *B. brizantha* para os três teores de água estudados (Quadro 5). Esse declínio pode ser atribuído ao resultado negativo da interferência entre *B. brizantha* e os eucaliptos. Para DONALD (1963), a competição entre as plantas daninhas e a cultura é mais marcante pelo fator água. Em geral, esse fator ocorre associado a outros fatores, especialmente envolvendo luz e nutrientes.

Quadro 3 - Valor médio da taxa de fotossíntese líquida ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)¹ das plantas de eucalipto (*E. citriodora* e *E. grandis*), em convivência com 0, 1, 2 e 3 plantas de *B. brizantha* por vaso, em resposta a 20, 23 e 26% de água no solo, aos 70 dias após o transplante das mudas

Populações de plantas de <i>B.brizantha</i> /vaso	Água no solo (%)		
	20	23	26
0	1,529 a	1,992 a	2,579 a
1	1,071 b	1,250 b	1,142 b
2	0,879 b	1,029 bc	1,163 b
3	0,933 b	0,938 c	1,133 b

1/- Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

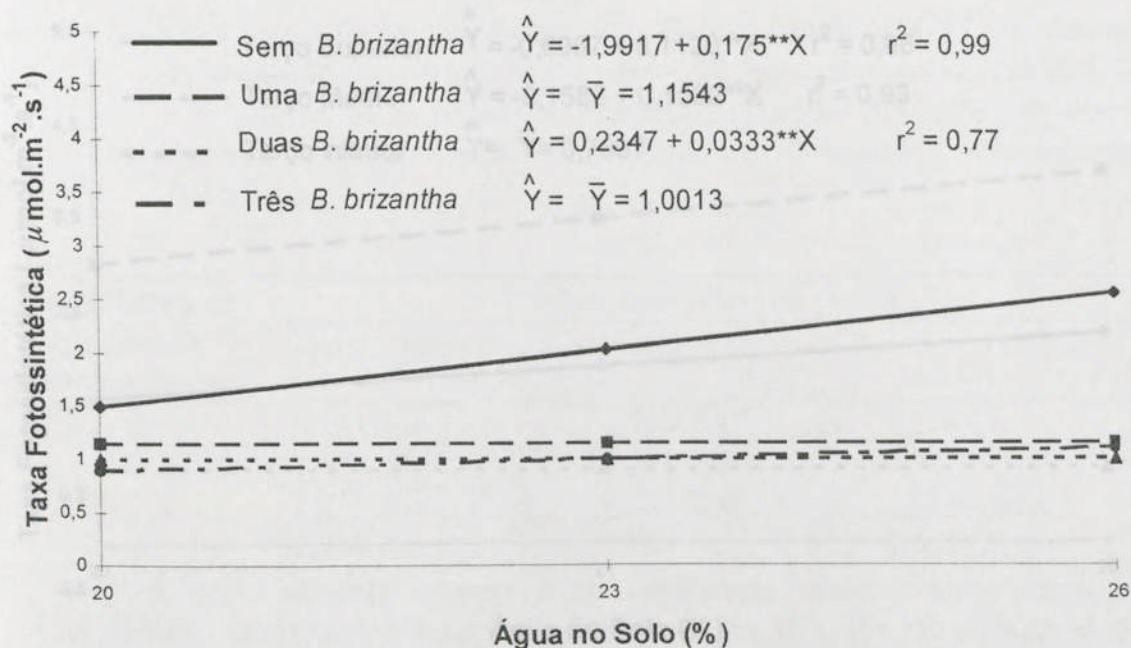


Figura 2 - Taxa de fotossíntese líquida ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) das plantas de eucalipto (*E. citriodora* e *E. grandis*), em convivência com 0, 1, 2 e 3 plantas de *B. brizantha* por vaso, em resposta a 20, 23 e 26% de água no solo, aos 70 dias após o transplante das mudas.

Quadro 4 - Valor médio da taxa de fotossíntese líquida ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)^{1/-} das plantas de eucalipto (*E. citriodora* e *E. grandis*), avaliadas em folhas do terço superior, mediano e inferior da planta, em resposta a 20, 23 e 26% de água no solo, aos 70 dias após o transplante das mudas

Posição das folhas na planta	Água no solo(%)		
	20	23	26
Terço superior	1,541 a	1,947 a	2,219 a
Terço mediano	1,066 b	1,163 b	1,425 b
Terço inferior	0,703 c	0,797 c	0,869 c

1/- Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

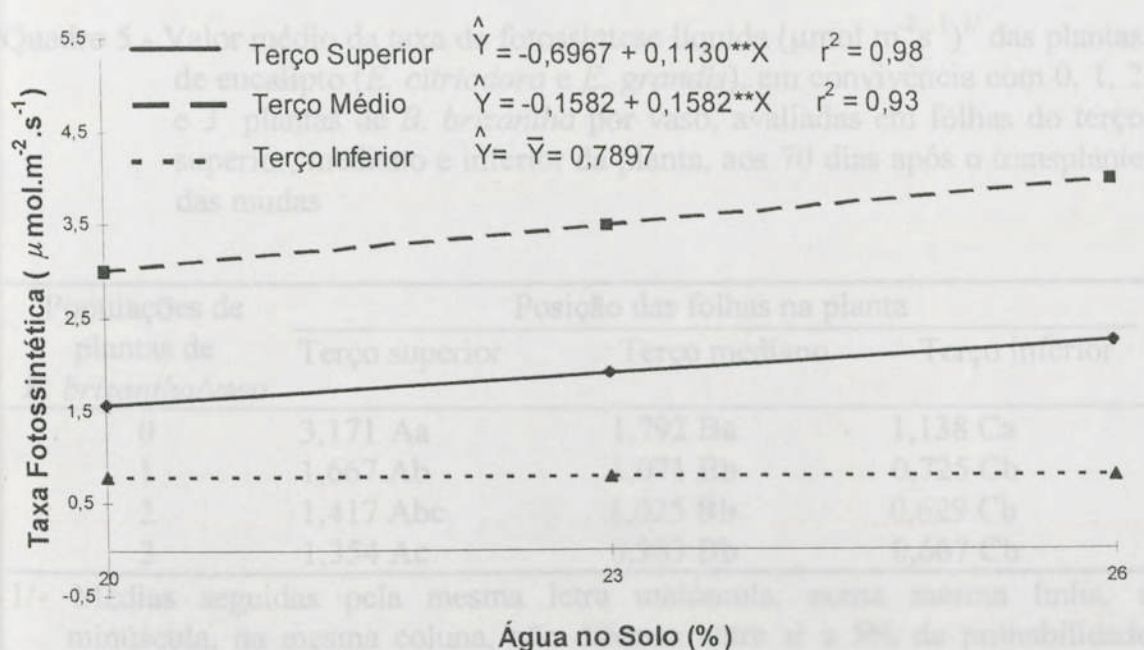


Figura 3 - Taxa de fotossíntese líquida ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) das plantas de eucalipto (*E. citriodora* e *E. grandis*), avaliadas em folhas do terço superior, mediano e inferior da planta, em resposta a 20, 23 e 26% de água no solo, aos 70 dias após o transplante das mudas.

Pelo Quadro 5, detecta-se que os eucaliptos apresentaram maior A em folhas do terço superior, tanto em ausência quanto em presença de *B. brizantha*, em comparação com as folhas do terço mediano e inferior da planta. As folhas do terço mediano apresentam valores intermediários, enquanto as do terço inferior tiveram menor A entre as populações de *B. brizantha*. De acordo com JAHNKE e LAWRENCE (1965), a aclimação do aparelho fotossintético ocorre em folhas ao sol que, geralmente, se localizam na parte superior das plantas e são mais eficientes na utilização da radiação, quando em alta intensidade de luz. Folhas à sombra, que se localizam no interior da copa, possuem valores de compensação luminosa mais baixo. Segundo OLIVER e LARSON (1990), a interceptação da radiação luminosa, pelas folhas, depende, dentre outros fatores, da posição dessas na planta. Folhas verticalmente dispostas permitem maior penetração de luz no interior da copa que aquelas dispostas horizontalmente.

Quadro 5 - Valor médio da taxa de fotossíntese líquida ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)^{1/} das plantas de eucalipto (*E. citriodora* e *E. grandis*), em convivência com 0, 1, 2 e 3 plantas de *B. brizantha* por vaso, avaliadas em folhas do terço superior, mediano e inferior da planta, aos 70 dias após o transplante das mudas

Populações de plantas de <i>B. brizantha</i> /vaso	Posição das folhas na planta		
	Terço superior	Terço mediano	Terço inferior
0	3,171 Aa	1,792 Ba	1,138 Ca
1	1,667 Ab	1,071 Bb	0,725 Cb
2	1,417 Abc	1,025 Bb	0,629 Cb
3	1,354 Ac	0,983 Bb	0,667 Cb

1/- Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, numa mesma linha, e minúscula, na mesma coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A convivência de *B. brizantha* com *E. citriodora* ou *E. grandis* reduziu significativamente a taxa fotossintética líquida, dos eucaliptos, independente do teor de água no solo.

Dentro dos teores de água no solo, as folhas do terço superior da planta de *E. citriodora* e *E. grandis*, cultivadas em ausência ou presença de *B. brizantha*, apresentaram maior taxa de fotossíntese líquida que as folhas dos terços mediano e inferior, para os três teores de água no solo.

Os maiores valores da taxa fotossintética líquida foram obtidos pelas folhas do terço superior da planta dos eucaliptos, quando o teor de água no solo foi de 26%, (próximo à capacidade de campo).

4. CONCLUSÕES

A convivência de *B. brizantha* com *E. citriodora* ou *E. grandis* reduziu significativamente a taxa fotossintética líquida, dos eucaliptos, independente do teor de água no solo.

Dentro dos teores de água no solo, as folhas do terço superior da planta de *E. citriodora* e *E. grandis*, cultivadas em ausência ou presença de *B. brizantha*, apresentaram maior taxa de fotossíntese líquida que as folhas dos terços mediano e inferior, para os três teores de água no solo.

Os maiores valores da taxa fotossintética líquida foram obtidos pelas folhas do terço superior da planta dos eucaliptos, quando o teor de água no solo foi de 26%, (próximo à capacidade de campo).

A adaptação de espécies de eucalipto em ambientes em que ocorre limitação da quantidade e, ou, a distribuição de chuvas pode comprometer a sobrevivência e o crescimento das plantas e, por isso, é preciso selecionar as espécies que apresentam mecanismos eficientes de uso da água e de nutrientes (JONES e WILKINS, 1971).

Algumas espécies do gênero *Eucalyptus*, a exemplo de outras espécies arbóreas, apresentam mecanismos de economia de água (PRYOR, 1976). Alguns desses mecanismos envolvem a presença de tecido foliar cortiçado espessado, alinhamento vertical das folhas, fechamento rápido dos estômatos, baixas taxas de transpiração e alta razão raiz/parte aérea.

CAPÍTULO 4

ÍNDICE DE CONSUMO E EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA POR PLANTAS DE *Eucalyptus citriodora* E *E. grandis*, CULTIVADOS EM SUBSTRATOS COM TRÊS TEORES DE ÁGUA NO SOLO, JUNTO A DIFERENTES POPULAÇÕES DE *Brachiaria brizantha*

1. INTRODUÇÃO

As áreas reflorestadas com eucalipto, na maioria das vezes, estão estabelecidas principalmente em áreas de cerrado, onde os solos apresentam baixa fertilidade, estando sujeitos a longos períodos de déficit hídrico. Em geral, a temperatura, a insolação e a radiação solar não constituem impedimentos ao crescimento das plantas durante grande parte do ano (GOEDERT et al., 1980).

Algumas espécies de *Eucalyptus* podem suportar solos com elevada acidez (VALE, 1982), com baixa fertilidade (BARROS e NOVAIS, 1990) e regime hídrico irregular (GOMES, 1994). A produtividade dos plantios, nessas condições, pode ser aumentada, consideravelmente, utilizando-se técnicas silviculturais, tais como: adubação (NOVAIS et al., 1990); espaçamento adequado (GOMES, 1994); e controle de plantas daninhas (SILVA, 1993). No entanto, há evidências de que o uso adequado dessas técnicas silviculturais possa promover melhor incremento na produção de madeira com maior eficiência do eucalipto no uso da água.

A adaptação de espécies de eucalipto em ambientes em que ocorre limitação da quantidade e, ou, a distribuição de chuvas pode comprometer a sobrevivência e o crescimento das plantas e, por isso, é preciso selecionar as espécies que apresentam mecanismos eficientes de uso da água e de nutrientes (JONES e WILKINS, 1971).

Algumas espécies do gênero *Eucalyptus*, a exemplo de outras espécies arbóreas, apresentam mecanismos de economia de água (PRYOR, 1976). Alguns desses mecanismos envolvem a presença de tecido foliar coriáceo espessado, alinhamento vertical das folhas, fechamento rápido dos estômatos, baixas taxas de transpiração e alta razão raiz/parte aérea.

Há grande evidência de que a eficiência do uso de água pelas plantas varia entre as espécies no mesmo ambiente, entre clima para a mesma cultura, entre sítios e estação do ano (TAYLOR e WILLATT, 1983). Tirar vantagens das espécies e dos efeitos do clima pode ajudar a manejar as limitadas ofertas de água na agricultura; razão pela qual o uso da água reflete um complexo de fatores que envolvem a planta dentro do ambiente. Uma hipótese seria selecionar espécies de eucalipto para reflorestamento, em sítios de água limitada, com intuito de aumentar a produção da madeira. Também, o conhecimento da eficiência da utilização da água ajudaria selecionar melhor as espécies de eucalipto nas referidas condições (OLBRICH et al., 1993).

Este trabalho teve como objetivo avaliar o consumo e a eficiência do uso da água em *Eucalyptus citriodora* e *E. grandis* cultivados em solo com diferentes teores de água e populações de *Brachiaria brizantha*.

após 70 dias. Esse controle foi realizado, utilizando-se microtensiômetro e pesagem diária, com reposições diárias da água evapotranspirada, realizadas às 8:00, 13:00 e 16:30 h.

Durante a condução do experimento, dezembro de 1995 a fevereiro de 1996, anotou-se, também, a evaporação potencial, as temperaturas máxima e mínima, a umidade relativa do ar, às 7:30 e às 14:00 h, dentro da casa de vegetação (Quadro 2) do Departamento de Fitotecnia da UFV, Viçosa - MG.

Dessa forma, o experimento foi constituído de 33 tratamentos, compreendendo duas espécies (*E. citriodora* e *E. grandis*), três teores de água (condições próximo ao estresse = 20%, intermediária = 23% e condições próximas à capacidade de campo = 26%), e quatro populações de *Brachiaria brizantha* (0, 1, 2 e 3 plantas/vaso), mais três teores de água e uma população

2. MATERIAL E MÉTODOS

O solo utilizado para condução do experimento foi Podzólico-Vermelho-Amarelo-Câmbico, fase terraço, apresentando textura argilo-arenosa, com 38% de areia grossa, 15% de areia fina, 10% de silte e 37% de argila (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 1979); carbono orgânico 3,0% (DEFELIPO e RIBEIRO, 1981) e pH 5,8, tendo sido coletado sob floresta nativa, próximo ao aeroporto, em área do Departamento de Fitotecnia-UFV, à profundidade de 0-20 cm. Determinou-se, ainda, para esse solo, a curva característica de umidade do solo (Figura 1), utilizando-se o aparelho de membrana de pressão de RICHARDS (1949). Essa curva foi utilizada para a determinação da quantidade de água a ser adicionada por vaso.

Após o preparo, as amostras de solo foram colocadas em vasos com capacidade 3,25 kg. Esses vasos foram recobertos internamente com polietileno de 0,05 mm de espessura, para se evitar a perda de água por percolação. A seguir, estabeleceram-se três teores de água no solo, para os diferentes tratamentos, conforme Quadro 1. Em seguida, fez-se o transplante das mudas de *Eucalyptus citriodora* e *E. grandis*, que se encontravam com aproximadamente 20 cm de altura, e das quatro populações de *Brachiaria brizantha*, então, com quatro folhas por planta. A água do solo foi mantida constante, do dia do transplante até a avaliação final do experimento, ocorrida

após 70 dias. Esse controle foi realizado, utilizando-se microtensiômetro e pesagem diária, com reposições diárias da água evapotranspirada, realizadas às 8:00, 13:00 e 16:30 h.

Durante a condução do experimento, dezembro de 1995 a fevereiro de 1996, anotou-se, também, a evaporação potencial, as temperaturas máxima e mínima, a umidade relativa do ar, às 7:30 e às 14:00 h, dentro da casa de vegetação (Quadro 2) do Departamento de Fitotecnia da UFV, Viçosa - MG.

Dessa forma, o experimento foi constituído de 33 tratamentos, compreendendo duas espécies de eucalipto (*E. citriodora* e *E. grandis*), três teores de água (condições próximo ao estresse = 20%; intermediária = 23% e condições próximas à capacidade de campo = 26%); e quatro populações de *Brachiaria brizantha* (0, 1, 2 e 3 plantas/vaso), mais três teores de água e três populações de *B. brizantha* (1, 2 e 3 plantas/vaso). O delineamento adotado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, em esquema fatorial (2x3x4+3x3) e uma planta de eucalipto por unidade experimental (vaso), totalizando 132 unidades experimentais.

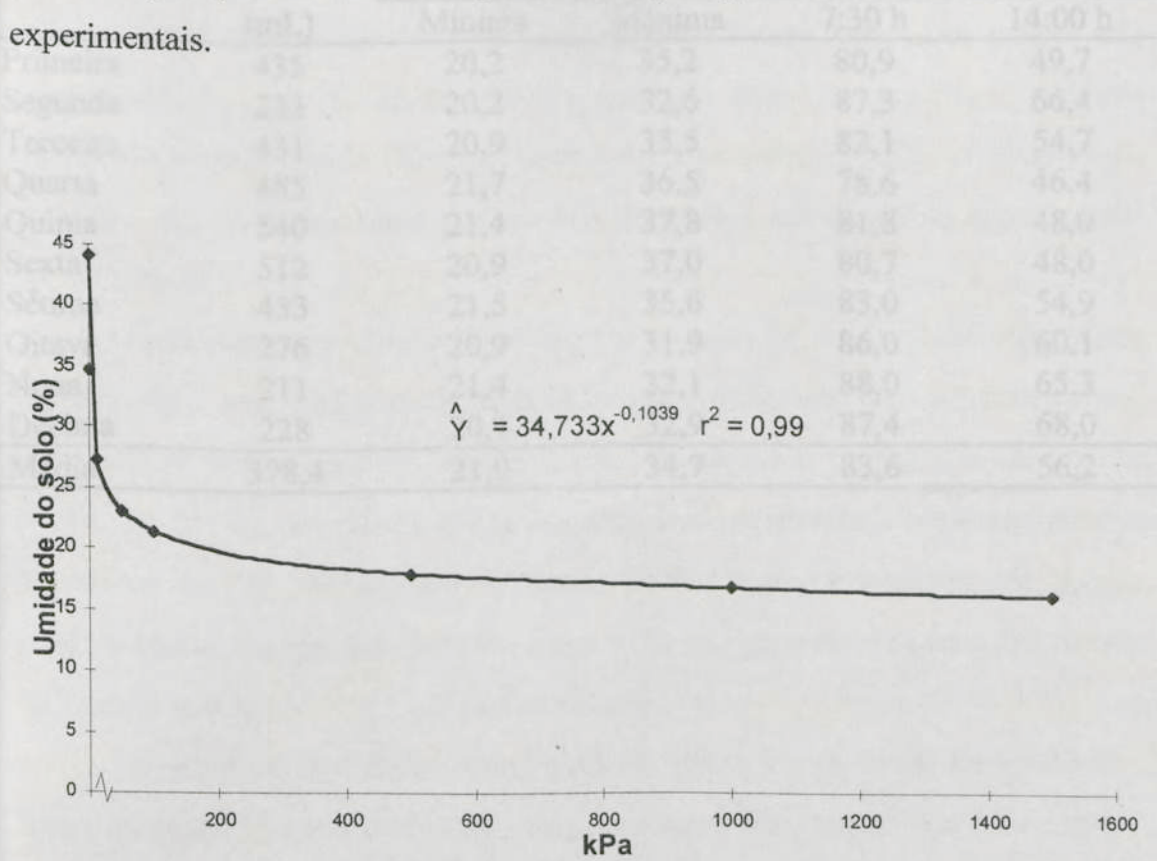


Figura 1 - Curva de retenção da água para o solo utilizado.

Quadro 1 - Umidade residual do solo; tensão de água no solo, mantida após o transplante das mudas; porcentagem do teor de água correspondente; e massa de água adicionada por vaso

Umidade Residual (%)	Tensão de água após o transplante das mudas (kPa)	Teor de água correspondente (%)	Massa de água adicionada por vaso 3,25 kg de solo (g)
10,5	202,8	20	250
10,5	49,5	23	325
10,5	16,2	26	400

Quadro 2 - Média semanal da evaporação potencial, das temperaturas (máxima e mínima) e da umidade relativa do ar (às 7:30 e 14:00 h), durante 70 dias após o transplante das mudas, em casa de vegetação

Semanas	Evaporação potencial (mL)	Temperatura (°C)		Umidade Relativa (%)	
		Mínima	Máxima	7:30 h	14:00 h
Primeira	435	20,2	35,2	80,9	49,7
Segunda	233	20,2	32,6	87,3	66,4
Terceira	431	20,9	35,5	82,1	54,7
Quarta	485	21,7	36,5	78,6	46,4
Quinta	540	21,4	37,8	81,8	48,0
Sexta	512	20,9	37,0	80,7	48,0
Sétima	433	21,5	35,6	83,0	54,9
Oitava	276	20,9	31,9	86,0	60,1
Nona	211	21,4	32,1	88,0	65,3
Décima	228	20,4	32,9	87,4	68,0
Média	378,4	21,0	34,7	83,6	56,2

Durante a condução do ensaio, as plantas foram irrigadas com solução nutritiva de CLARK (1975) e com aplicação da formulação 20-05-20 (N, P, K), alternadamente, a cada sete dias. Dessa forma, a adubação foi feita fornecendo os nutrientes aplicados em cada vaso com: N-278; P-62; K-265; Ca-31; Mg-5, em mg do elemento, para cada unidade experimental (vaso de plantio), contendo 3,25 kg de solo.

As características avaliadas foram:

- Índice de consumo de água, que foi a relação entre a água evapotranspirada pela evaporação potencial, sendo determinada por parcela (vaso), aos 7, 14, 21, 28, 35, 42, 44, 56, 63 e 70 dias após o transplante das mudas e analisada para os 33 tratamentos.

- Eficiência do uso da água ou coeficiente transpiratório, que foi a relação entre a água consumida e a biomassa seca final menos a inicial, aos 70 dias após o transplante das mudas. A eficiência do uso da água foi avaliada apenas para três tratamentos que estiveram em ausência de *B. brizantha* e também para os tratamentos só com a gramínea em convivência entre si, com uma, duas e três plantas por vaso, a 20, 23 e 26% de água no solo. A quantidade de água consumida foi obtida pela diferença entre a água evapotranspirada e a evaporação potencial, sendo determinada por parcela, durante a condução do experimento, por 10 semanas.

Considerando-se o índice de consumo de água (ICA), variável dependente, foi estimada uma equação de regressão para cada um dos 33 tratamentos, utilizando-se como variável independente, dias após o transplante das mudas (7, 14, 28, 35, 42, 49, 56, 63 e 70). Na análise de regressão, consideraram-se os 10 valores de ICA, pareados com o mesmo de dias após o transplante das mudas, sendo o efeito da regressão testado com desvio da regressão, em cada tratamento, utilizando-se o teste F, a 5% de probabilidade.

Os dados do coeficiente transpiratório, ou eficiência do uso da água, não foram submetidos à análise de variância; foram apenas comparados à literatura.

disponibilidade de água, apesar de a água ser reposida três vezes ao dia, para manter a unidade desejada.

Os eucaliptos, em ausência de *B. brizantha* apresentaram um comportamento similar no seu crescimento, mas *E. grandis* apresentou maior biomassa seca (Quadro 3), em relação a *E. citriodora*, sugerindo que a de *E. grandis* teve tendência a se beneficiar com maior disponibilidade de água no solo. À medida que a população de *B. brizantha* foi aumentada, o ICA entre as duas espécies de eucalipto continuou quase inalterado, aos 70 dias após o transplante das mudas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Índice de consumo de água

Para cada duas espécies. Nessa situação, o *E. grandis* sobressaiu com maior biomassa, em relação a *E. citriodora*, indicando que *E. grandis* apresentou maior capacidade de crescimento sob estresse hídrico.

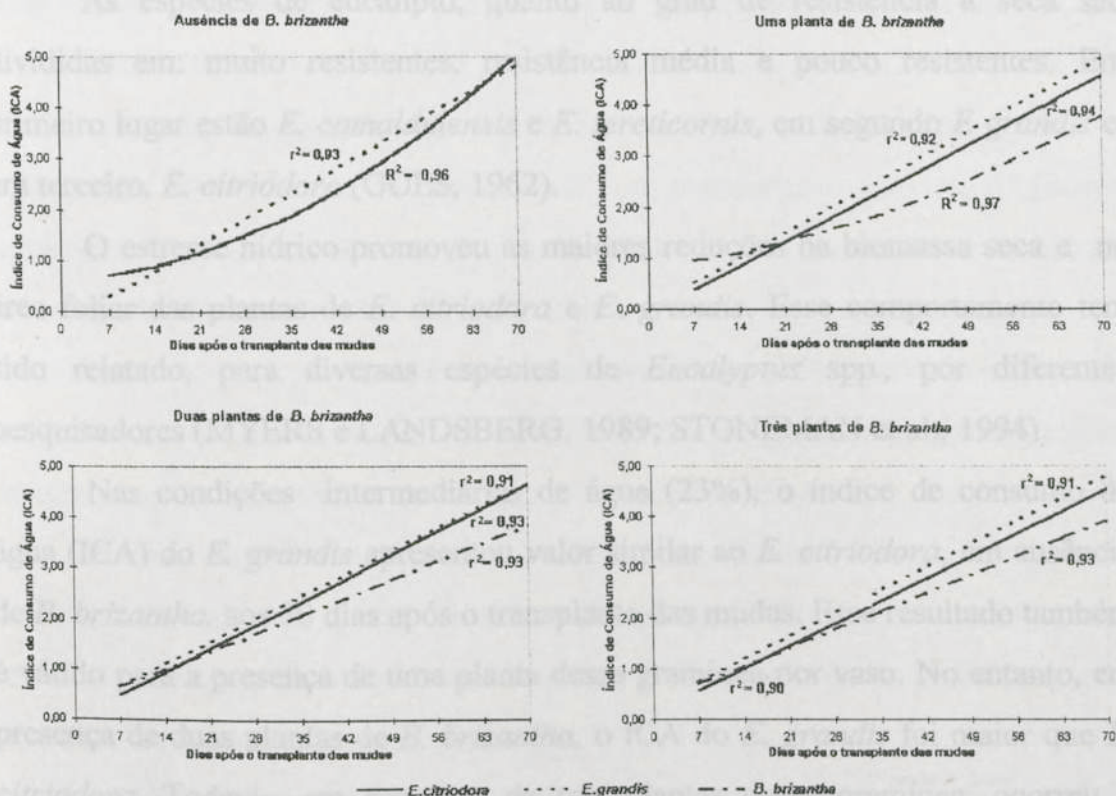
Observa-se, pela Figura 2, que não houve variação do índice de consumo de água (ICA), aos 70 dias após o transplante das mudas, sob condições de estresse hídrico (20% de água) para *E. citriodora* ou *E. grandis*, em ausência e também em presença de duas plantas de *Brachiaria brizantha* por vaso, competindo com os eucaliptos. *E. grandis* apresentou maior ICA que *E. citriodora* em presença de uma e três plantas dessa gramínea por vaso. Entretanto, o ICA entre uma, duas e três plantas de *B. brizantha* por vaso, competindo entre si, foi sempre inferior em relação à competição com os eucaliptos.

Tal resultado se relaciona com o estresse hídrico a que as plantas foram submetidas durante o período do experimento, possivelmente, proporcionando maior temperatura e incidência da radiação solar sobre o solo, causando aumento na evaporação, em virtude do menor crescimento das plantas. As respostas das espécies dos eucaliptos ao consumo de água varia com a hora do dia, devido às variações, principalmente, umidade relativa do ar e temperatura ocorridas dentro da casa de vegetação (Quadro 2), as quais determinam a perda e a

disponibilidade de água, apesar de a água ser repostada três vezes ao dia, para manter a umidade desejada.

Os eucaliptos, em ausência de *B. brizantha* apresentaram um comportamento similar no seu crescimento, mas *E. grandis* apresentou maior biomassa seca (Quadro 3), em relação a *E. citriodora*, sugerindo que a de *E. grandis* teve tendência a se beneficiar com maior disponibilidade de água no solo. À medida que a população de *B. brizantha* foi aumentada, o ICA entre as duas espécies de eucalipto continuou quase inalterado, aos 70 dias após o transplante das mudas (Figura 2). Porém, a competição entre as plantas de *B. brizantha* com os eucaliptos mostrou redução no crescimento e na biomassa seca do *E. citriodora* e do *E. grandis* (Capítulo 1, Quadro 4), tornando maior o aumento do estresse hídrico para essas duas espécies. Nessa situação, o *E. grandis* sobressaiu com maior biomassa, em relação a *E. citriodora*, indicando que *E. grandis* apresentou maior capacidade de crescimento sob estresse hídrico, tendo, por isso, maior capacidade de competir com *B. brizantha*, em relação ao *E. citriodora*, porque segundo FAÇANHA (1983), *E. grandis* é mais preventivo à desidratação, em decorrência de sua rápida resposta estomática sob estresse hídrico. Para PEREIRA (1979), o déficit hídrico nas plantas ocorre a partir do ponto em que a transpiração excede a absorção de água pelas raízes. O déficit hídrico afeta primeiro as raízes, a partir da qual é desencadeada uma série de efeitos em toda a planta, tais como fechamento dos estômatos, com inibição na absorção do CO₂ e algumas enzimas do processo fotossintético, afetando, assim, o acúmulo de fotoassimilados (TURNER, 1986).

Plantas que reduzem rapidamente a condutância estomática são consideradas preventivas, enquanto espécies que mantêm os estômatos abertos, quando submetidos a déficits hídricos severos são tidas como tolerantes à seca (LEVITT, 1980). Diante disso, poder-se-ia considerar *E. grandis* como uma espécie que previne a seca, visto que seus estômatos se fecham antes que algum murchamento visível ocorra, enquanto *E. camaldulensis* parece tolerar a desidratação hídrica (FAÇANHA, 1983).



Ausência *B. brizantha*:

— $\hat{Y} = 0,6254 + 0,009492**x + 0,0007765*x^2$

----- $\hat{Y} = -0,2091 + 0,07306**x$

Uma *B. brizantha*:

— $\hat{Y} = -0,07450 + 0,06631**x$

----- $\hat{Y} = 0,0308 + 0,06967**x$

--- $\hat{Y} = 0,8290 + 0,01465**x + 0,0003964**x^2$

Dois *B. brizantha*:

— $\hat{Y} = 0,01567 + 0,06585**x$

----- $\hat{Y} = 0,0308 + 0,06967**x$

--- $\hat{Y} = 0,2822 + 0,05046**x$

Três *B. brizantha*:

— $\hat{Y} = 0,1157 + 0,06323**x$

----- $\hat{Y} = 0,2742 + 0,06489**x$

--- $\hat{Y} = 0,3310 + 0,05131**x$

Figura 2 - Índice de consumo de água (ICA) de *E. citriodora* e *E. grandis*, em ausência e em presença de 1, 2 e 3 plantas de *B. brizantha* por vaso e o ICA para *B. brizantha* em convivência entre si, com 1, 2 e 3 plantas, a 20% de água, no solo, durante dez semanas, após o transplante das mudas.

As espécies de eucalipto, quanto ao grau de resistência à seca são divididas em: muito resistentes, resistência média e pouco resistentes. Em primeiro lugar estão *E. camaldulensis* e *E. tereticornis*, em segundo *E. grandis* e, em terceiro, *E. citriodora* (GOES, 1962).

O estresse hídrico promoveu as maiores reduções na biomassa seca e na área foliar das plantas de *E. citriodora* e *E. grandis*. Esse comportamento tem sido relatado, para diversas espécies de *Eucalyptus* spp., por diferentes pesquisadores (MYERS e LANDSBERG, 1989; STONEMAN et al., 1994).

Nas condições intermediárias de água (23%), o índice de consumo de água (ICA) do *E. grandis* apresentou valor similar ao *E. citriodora*, em ausência de *B. brizantha*, aos 70 dias após o transplante das mudas. Esse resultado também é válido para a presença de uma planta dessa gramínea por vaso. No entanto, em presença de duas plantas de *B. brizantha*, o ICA do *E. grandis* foi maior que *E. citriodora*. Todavia, em presença de três plantas dessa gramínea, ocorreu o contrário; *E. citriodora* apresentou maior ICA que *E. grandis*. Contudo, o ICA de *B. brizantha*, competindo entre si com uma, duas e três plantas por vaso, foi bem menor em relação à interferência dessa espécie com as espécies de eucalipto (Figura 3).

À medida que se aumentou a disponibilidade hídrica no solo, as plantas de *E. grandis* e *E. citriodora*, em ausência de *B. brizantha*, apresentaram valores semelhantes. Maiores ICA, em ausência de *B. brizantha*, em relação à presença, estão relacionados ao maior crescimento e maior produção de biomassa (Capítulo 1, Quadro 4).

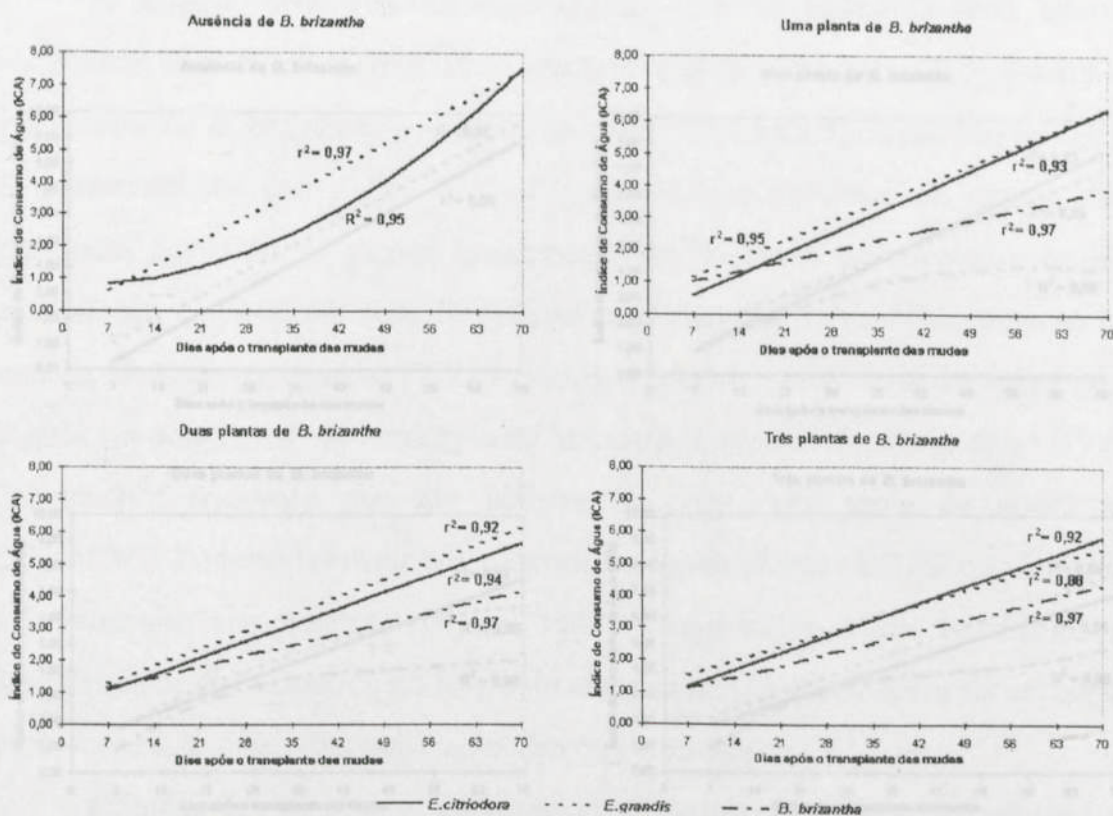
Nos tratamentos em que ocorreu a interferência de *B. brizantha* com os eucaliptos, nos vasos, ficou difícil identificar se o consumo de água foi maior por parte dos eucaliptos ou de *B. brizantha* (Figura 3). Tal resposta permite inferir que ocorre elevada competição do uso de água entre as plantas. Dessa forma, não se pôde informar que as espécies de eucalipto que apresentaram maior ICA tiveram maior crescimento, pois, o efeito da competição mascara os resultados. Entretanto, avaliando-se outras características, pode-se afirmar que *E. grandis* se desenvolve melhor que *E. citriodora* e possui, também, maior biomassa seca, em

presença de uma, duas e três plantas de *B. brizantha*, durante essa fase de crescimento (Capítulo 1, Quadro 5). De acordo com BALLONI e SIMÕES (1980), na fase de estabelecimento, água, nutrientes e luz podem limitar o crescimento das plantas. A intensidade de competição por esses fatores ambientais depende da densidade populacional do eucalipto e da comunidade infestante de plantas daninhas (SILVA, 1993).

Em condições próximas à capacidade de campo (26%), em ausência de *B. brizantha*, aos 70 dias após o transplante de mudas, *E. grandis* apresentou índice de consumo de água (ICA) maior que *E. citriodora* (Figura 4). Esse resultado pode ser relacionado diretamente ao maior acúmulo de biomassa seca dessa espécie, em relação a *E. citriodora*. Segundo VIETS (1962), o maior desenvolvimento pode levar a uma exaustão mais rápida da água do solo, por aumentar a demanda hídrica na planta.

As variações no ICA do eucalipto, em função do número de plantas de *B. brizantha* por vaso, foram também evidentes nesse teor de água (26%). Na Figura 4, observam-se maiores valores de ICA para *E. citriodora*, em presença de uma e duas plantas de *B. brizantha*, quando comparadas com *E. grandis*. No entanto, em presença de três plantas da gramínea por vaso, *E. grandis* obteve maior ICA que *E. citriodora*, aos 70 dias após o transplante das mudas. Apesar da maior disponibilidade de água, as plantas de eucalipto não cresceram bem juntamente com *B. brizantha*, mostrando que a interferência por essa espécie foi maior ainda. A 26% de água a interferência da gramínea com os eucaliptos proporcionou menor IAC (Figura 4). Conforme explica DEUBER (1992), a presença das plantas daninhas nas áreas cultivadas resulta na redução da produtividade, tanto pela competição direta pelos fatores de produção, quanto pela interferência sobre as plantas cultivadas, como ocorre no caso da alelopatia.

Figura 3 - Índice de consumo de água (ICA) de *E. citriodora* e *E. grandis*, em ausência e em presença de 1, 2 e 3 plantas de *B. brizantha* por vaso e o ICA para *B. brizantha* em convivência com 1, 2 e 3 plantas de *E. grandis* e *E. citriodora* no solo, durante os primeiros 70 dias após o transplante das mudas.



Ausência *B. brizantha*:

$$\hat{Y} = 0,7993 - 0,004549**x + 0,001440*x^2$$

$$\hat{Y} = -0,1560 + 0,1093**x$$

Uma *B. brizantha*:

$$\hat{Y} = -0,06850 + 0,09167**x$$

$$\hat{Y} = 0,5627 + 0,08283**x$$

$$\hat{Y} = 0,6743 + 0,04558**x$$

Duas *B. brizantha*:

$$\hat{Y} = 0,5513 + 0,07256**x$$

$$\hat{Y} = 0,7518 + 0,07663**x$$

$$\hat{Y} = 0,8030 + 0,04760**x$$

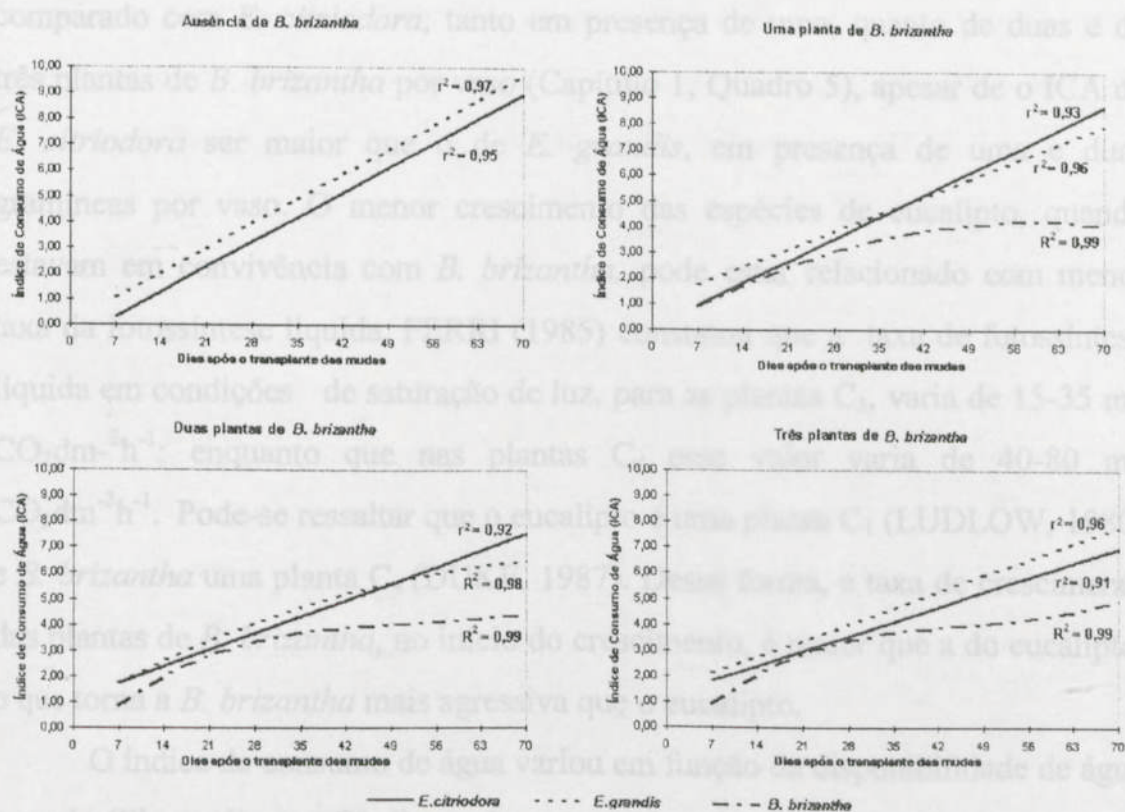
Três *B. brizantha*:

$$\hat{Y} = 0,6798 + 0,07346**x$$

$$\hat{Y} = 1,0968 + 0,06262**x$$

$$\hat{Y} = 0,7367 + 0,05141**x$$

Figura 3 - Índice de consumo de água (ICA) de *E. citriodora* e *E. grandis*, em ausência e em presença de 1, 2 e 3 de *B. brizantha* por vaso e o ICA para *B. brizantha* em convivência entre si, com 1, 2 e 3 plantas, a 23% de água, no solo, durante dez semanas, após o transplante das mudas.



Ausência *B. brizantha*:

$$\text{— } \hat{Y} = -0,6523 + 0,1375**x$$

$$\text{----- } \hat{Y} = 0,08083 + 0,1372**x$$

Uma *B. brizantha*:

$$\text{— } \hat{Y} = 0,09500 + 0,1222**x$$

$$\text{----- } \hat{Y} = 1,0507 + 0,09810**x$$

$$\text{--- } \hat{Y} = -0,06963 + 0,1440**x - 0,001211**x^2$$

Duas *B. brizantha*:

$$\text{— } \hat{Y} = 1,1018 + 0,09173**x$$

$$\text{----- } \hat{Y} = 0,7997 + 0,1404**x - 0,0008529**x^2$$

$$\text{--- } \hat{Y} = -0,6301 + 0,2418**x - 0,004325**x^2 + 0,00002721**x^3$$

Três *B. brizantha*:

$$\text{— } \hat{Y} = 1,2473 + 0,08195**x$$

$$\text{----- } \hat{Y} = 1,4895 + 0,09024**x$$

$$\text{--- } \hat{Y} = -0,6832 + 0,2641**x - 0,005302**x^2 + 0,00003828**x^3$$

Figura 4 - Índice de consumo de água (ICA) de *E. citriodora* e *E. grandis*, em ausência e em presença de 1, 2 e 3 plantas de *B. brizantha* por vaso e o ICA para *B. brizantha* em convivência com 1, 2 e 3 plantas, a 26% de água, no solo, durante dez semanas, após o transplante das mudas.

E. grandis obteve maior crescimento e maior biomassa seca, quando comparado com *E. citriodora*, tanto em presença de uma, quanto de duas e de três plantas de *B. brizantha* por vaso (Capítulo 1, Quadro 5), apesar de o ICA de *E. citriodora* ser maior que o de *E. grandis*, em presença de uma e duas gramíneas por vaso. O menor crescimento das espécies de eucalipto, quando estavam em convivência com *B. brizantha*, pode estar relacionado com menor taxa da fotossíntese líquida. FERRI (1985) constatou que a taxa de fotossíntese líquida em condições de saturação de luz, para as plantas C_3 , varia de 15-35 mg $CO_2 dm^{-2} h^{-1}$; enquanto que nas plantas C_4 esse valor varia de 40-80 mg $CO_2 dm^{-2} h^{-1}$. Pode-se ressaltar que o eucalipto é uma planta C_3 (LUDLOW, 1980) e *B. brizantha* uma planta C_4 (DUKE, 1987). Dessa forma, a taxa de crescimento das plantas de *B. brizantha*, no início do crescimento, é maior que a do eucalipto, o que torna a *B. brizantha* mais agressiva que o eucalipto.

O índice de consumo de água variou em função da disponibilidade de água no solo (Figura 5). Aos 70 dias após o transplante de mudas, em ausência de *B. brizantha*, *E. citriodora* e *E. grandis* alcançaram os maiores ICA, em condições ótimas de água (26%), em virtude da maior produção de biomassa seca (Capítulo 1, Quadro 5), seguidos pelo teor intermediário (23%), enquanto que os menores ICA foram registrados sob condições de estresse hídrico (20%), tendo, também, nesse teor de água, produzido menor biomassa seca, para as duas espécies de eucalipto.

Para os tratamentos em que *E. citriodora* ou *E. grandis* estavam competindo com uma, duas e três plantas de *B. brizantha* (Figura 5), o ICA do eucalipto foi semelhante ao do tratamento anterior. Maiores valores de ICA foram obtidos a 26% de água, seguidos de 23%, apontando menor valor para 20%. Esse comportamento também é válido para *B. brizantha*, durante o convívio, entre si, com uma, duas e três plantas (Figura 6). De acordo com esses dados, o maior ICA, a 26% de água no solo, está relacionado diretamente com maior produção de biomassa seca. Segundo GHOLZ et al. (1990), a disponibilidade de água afeta o crescimento das plantas, por controlar a abertura dos estômatos e, conseqüentemente, a atividade fotossintética e produção de

biomassa seca. Um decréscimo de água no solo diminui o potencial de água na folha e na condutância estomática, promovendo o fechamento dos estômatos. Esse fechamento bloqueia o influxo de CO_2 para as folhas, afetando o acúmulo de fotoassimilados, o que implica redução da produtividade.

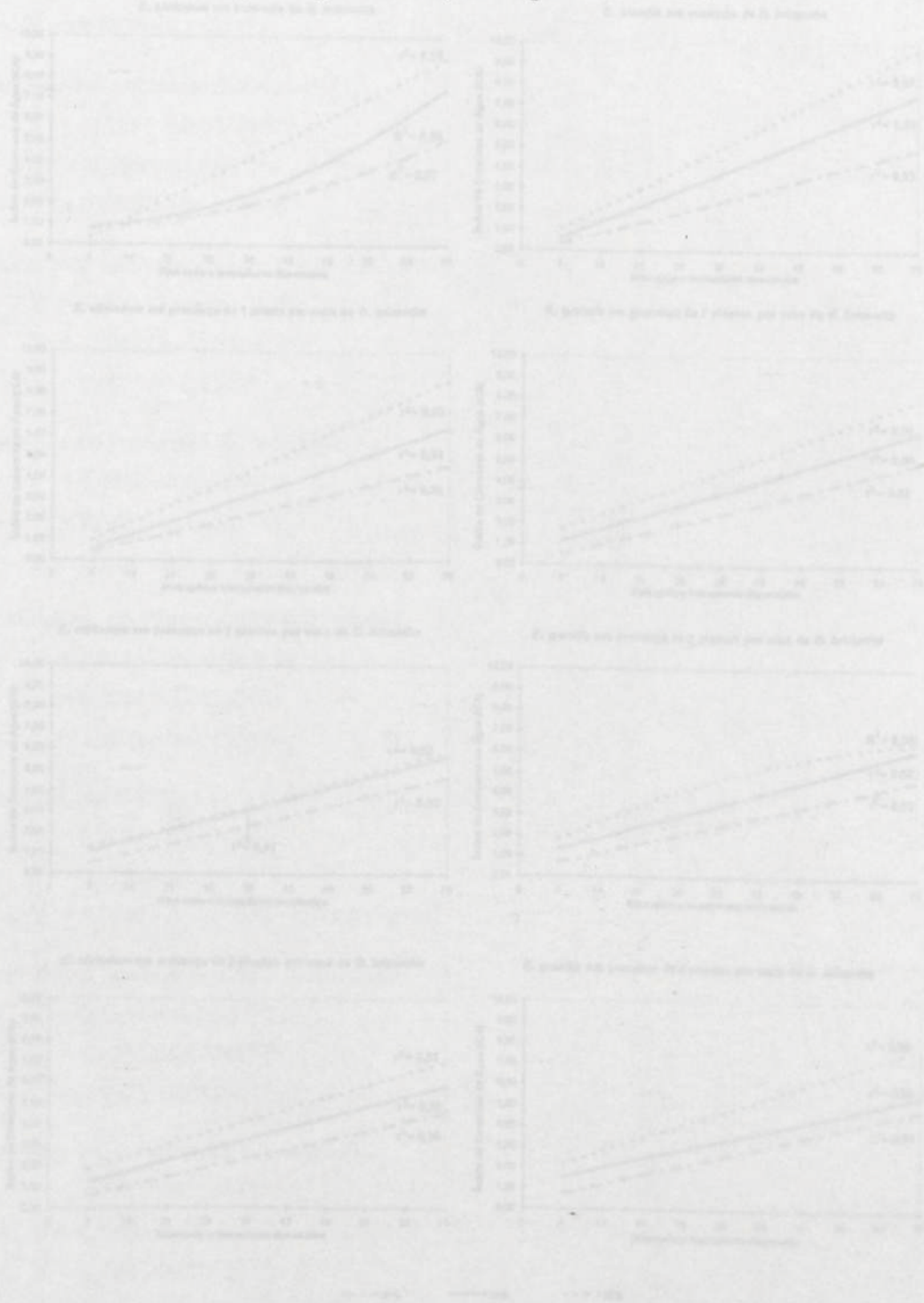


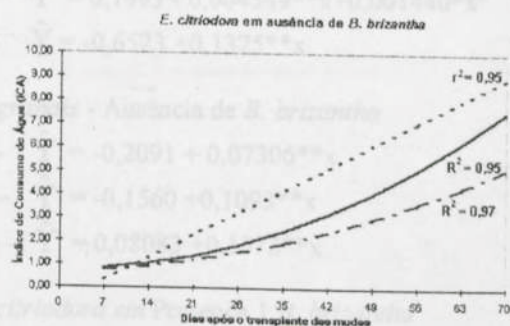
Figura 5 - Índice de consumo de água (ICA) de *E. citrifolia* e *E. grandis*, em ausência e em presença de 1, 2 e 3 plantas de *B. brasiliensis* por vaso, a 20, 23 e 26% de água, no solo, durante dez semanas, após o transplante das mudas.

Figura 5 - cont.

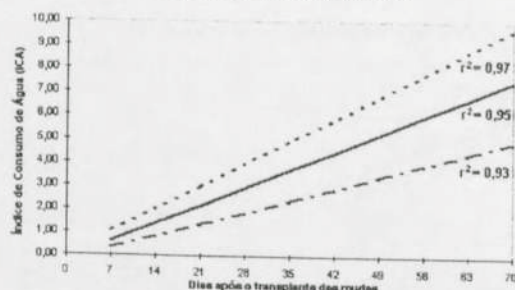
E. citriodora - Ausência de *B. brizantha*

$$Y = 0,4234 + 0,009492x - 0,0007363x^2$$

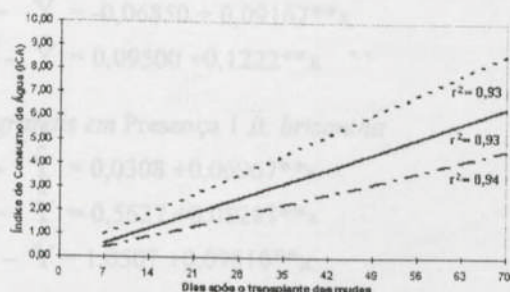
$$Y = 0,7993 + 0,004349x - 0,0001440x^2$$



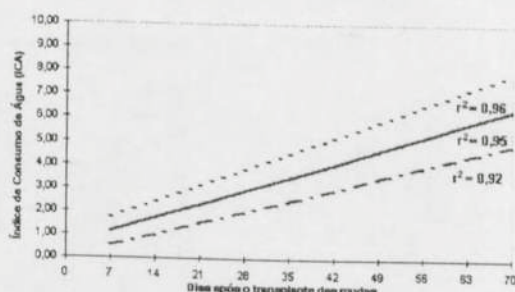
E. grandis em ausência de *B. brizantha*



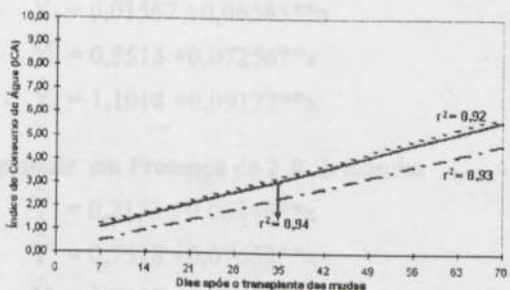
E. citriodora em presença de 1 planta por vaso de *B. brizantha*



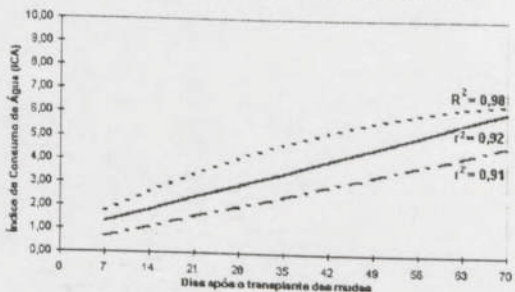
E. grandis em presença de 2 plantas por vaso de *B. brizantha*



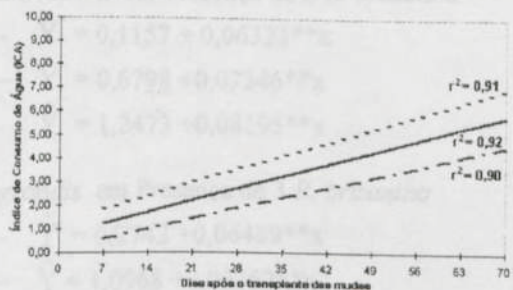
E. citriodora em presença de 2 plantas por vaso de *B. brizantha*



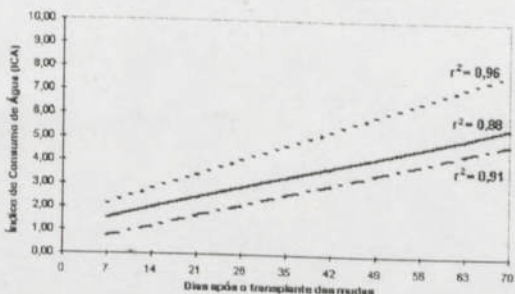
E. grandis em presença de 2 plantas por vaso de *B. brizantha*



E. citriodora em presença de 3 plantas por vaso de *B. brizantha*



E. grandis em presença de 3 plantas por vaso de *B. brizantha*



--- 20% — 23% - - - 26%

Figura 5 - Índice de consumo de água (ICA) de *E. citriodora* e *E. grandis*, em ausência e em presença de 1, 2 e 3 plantas de *B. brizantha* por vaso, a 20, 23 e 26% de água, no solo, durante dez semanas, após o transplante das mudas.

Figura 5 - cont.,

E. citriodora - Ausência de *B. brizantha*

$$--- \hat{Y} = 0,6254 + 0,009492**x + 0,0007765*x^2$$

$$— \hat{Y} = 0,7993 - 0,004549**x + 0,001440*x^2$$

$$-... \hat{Y} = -0,6523 + 0,1375**x$$

E. grandis - Ausência de *B. brizantha*

$$--- \hat{Y} = -0,2091 + 0,07306**x$$

$$— \hat{Y} = -0,1560 + 0,1093**x$$

$$-... \hat{Y} = 0,08083 + 0,1372**x$$

E. citriodora em Presença 1 *B. brizantha*

$$--- \hat{Y} = -0,07450 + 0,06631**x$$

$$— \hat{Y} = -0,06850 + 0,09167**x$$

$$-... \hat{Y} = 0,09500 + 0,1222**x$$

E. grandis em Presença 1 *B. brizantha*

$$--- \hat{Y} = 0,0308 + 0,06967**x$$

$$— \hat{Y} = 0,5627 + 0,08283**x$$

$$-... \hat{Y} = 1,0507 + 0,09810**x$$

E. citriodora em Presença de 2 *B. brizantha*

$$--- \hat{Y} = 0,01567 + 0,06585**x$$

$$— \hat{Y} = 0,5513 + 0,07256**x$$

$$-... \hat{Y} = 1,1018 + 0,09173**x$$

E. grandis em Presença de 2 *B. brizantha*

$$--- \hat{Y} = 0,2133 + 0,06349**x$$

$$— \hat{Y} = 0,7518 + 0,07663**x$$

$$-... \hat{Y} = 0,7997 + 0,1404**x - 0,0008529**x^2$$

E. citriodora em Presença de 3 *B. brizantha*

$$--- \hat{Y} = 0,1157 + 0,06323**x$$

$$— \hat{Y} = 0,6798 + 0,07346**x$$

$$-... \hat{Y} = 1,2473 + 0,08195**x$$

E. grandis em Presença de 3 *B. brizantha*

$$--- \hat{Y} = 0,2742 + 0,06489**x$$

$$— \hat{Y} = 1,0968 + 0,06262**x$$

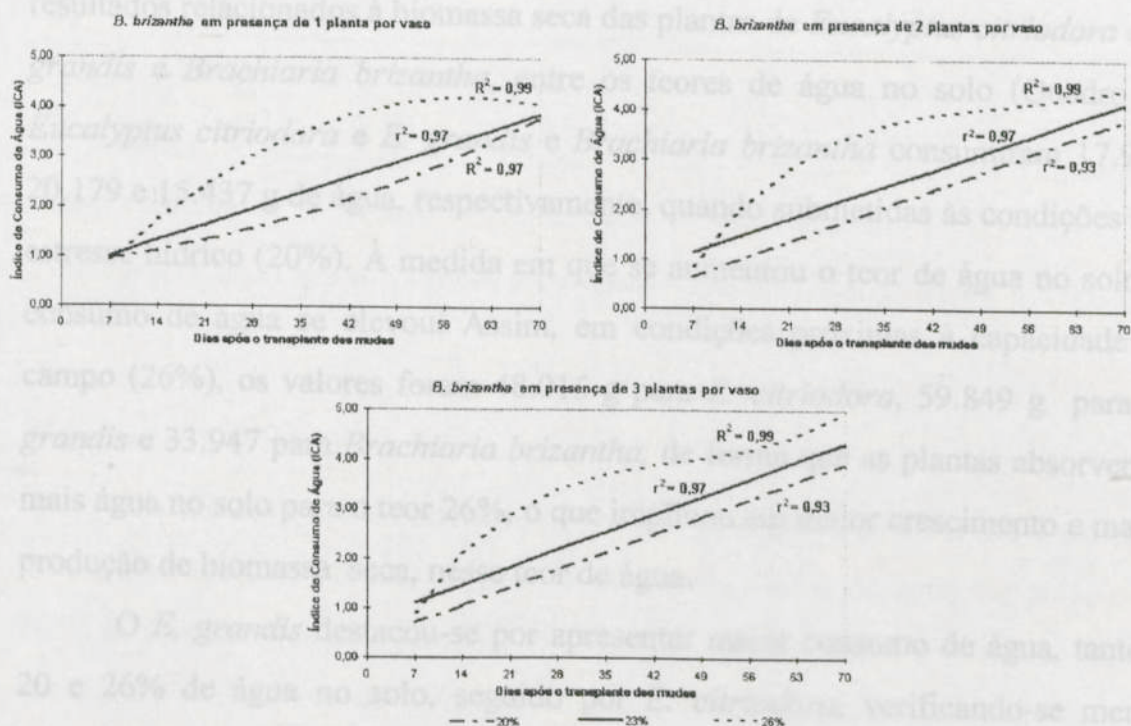
$$-... \hat{Y} = 1,4895 + 0,09024**x$$

$$-... \hat{Y} = -0,0012 + 0,1047**x - 0,001322**x^2 - 0,0000221**x^3$$

Figura 6 - Índice de consumo de água (ICA) de *B. brizantha*, entre 0 e 100, entre si, em presença de 1, 2 e 3 plantas de *B. brizantha* a 14, 23 e 26% de água, no solo, durante dez semanas, após o transplante das mudas.

3.2. Eficiência do uso da água ou coeficiente transpiratório

A água consumida (g) durante o experimento reflete boa parte dos resultados obtidos, pois a perda de água por transpiração das plantas é diretamente proporcional à quantidade de água consumida.



Presença de 1 *B. brizantha*

$$--- \hat{Y} = 0,8290 + 0,01465**x + 0,0003964**x^2$$

$$--- \hat{Y} = 0,6743 + 0,04558**x$$

$$--- \hat{Y} = -0,06963 + 0,1440**x - 0,001211**x^2$$

Presença de 2 *B. brizantha*

$$--- \hat{Y} = 0,2822 + 0,05046**x$$

$$--- \hat{Y} = 0,8030 + 0,04760**x$$

$$--- \hat{Y} = -0,6301 + 0,2418**x - 0,004325**x^2 + 0,00002721**x^3$$

Presença de 3 *B. brizantha*:

$$--- \hat{Y} = 0,3310 + 0,05131**x$$

$$--- \hat{Y} = 0,7367 + 0,05141**x$$

$$--- \hat{Y} = -0,6832 + 0,2641**x - 0,005302**x^2 + 0,00003828**x^3$$

Figura 6 - Índice de consumo de água (ICA) de *B. brizantha*, convivendo, entre si, em presença de 1, 2 e 3 plantas de *B. brizantha*, a 20, 23 e 26% de água, no solo, durante dez semanas, após o transplante das mudas.

3.2. Eficiência do uso da água ou coeficiente transpiratório

A água consumida (g) durante o experimento reflete boa parte dos resultados relacionados à biomassa seca das plantas de *Eucalyptus citriodora* e *E. grandis* e *Brachiaria brizantha*, entre os teores de água no solo (Quadro 3). *Eucalyptus citriodora* e *E. grandis* e *Brachiaria brizantha* consumiram 17.934, 20.179 e 15.437 g de água, respectivamente, quando submetidas às condições sob estresse hídrico (20%). À medida em que se aumentou o teor de água no solo, o consumo de água se elevou. Assim, em condições próximas à capacidade de campo (26%), os valores foram 48.015 g para *E. citriodora*, 59.849 g para *E. grandis* e 33.947 para *Brachiaria brizantha*, de forma que as plantas absorveram mais água no solo para o teor 26%, o que implicou em maior crescimento e maior produção de biomassa seca, nesse teor de água.

O *E. grandis* destacou-se por apresentar maior consumo de água, tanto a 20 e 26% de água no solo, seguido por *E. citriodora*, verificando-se menor consumo para *B. brizantha*.

No Quadro 3, observa-se que a eficiência do uso da água ou coeficiente transpiratório para as plantas de *E. citriodora*, *E. grandis* e *B. brizantha*, praticamente, não variou, quando submetida aos três diferentes teores de água. Esses resultados estão compatíveis com SILVA (1989) e TAYLOR e WILLATT (1983), que reforçam a tese de que a eficiência de uso de água não muda, à medida que a disponibilidade de água varia no solo.

Sob estresse hídrico, *B. brizantha* apresentou maior eficiência no uso da água, isto é, obteve-se menor coeficiente transpiratório, ou seja, foram necessários 259,8 g de água, para produzir um grama de biomassa seca, seguindo-se *E. citriodora* com 272,2 e *E. grandis* com 284,7 g. Para condições ótimas de água (26%), *B. brizantha* obteve 267,4, *E. grandis* 283,8 e *E. citriodora* 302,2, mostrando-se, assim, que *B. brizantha* é um pouco mais eficiente que o eucalipto no uso da água, para os três teores de água no solo (Quadro 3).

Quadro 3 - Valores médios obtidos para a água consumida, biomassa seca e eficiência no uso de água de plantas dos eucaliptos crescidas a 20, 23 e 26% de água, em ausência de *B. brizantha* e, também, os valores médios obtidos para *B. brizantha*

Umidade do solo (%)	Água consumida ^{1/} (g)			Biomassa seca (g) (final-inicial)			Eficiência no uso de água ^{2/} (g/g)		
	<i>E.citriodora</i>	<i>E. grandis</i>	<i>B. brizantha</i>	<i>E.citriodora</i>	<i>E. grandis</i>	<i>B. brizantha</i>	<i>E.citriodora</i>	<i>E. grandis</i>	<i>B. brizantha</i>
20	17.934	20.179	15.437	65,89	70,89	59,41	272,2	284,7	259,8
23	28.694	40.229	21.793	105,91	143,84	81,81	270,9	279,7	266,4
26	48.015	59.849	33.947	158,90	210,86	126,93	302,2	283,8	267,4

$$^{1/} \text{Água consumida} = \sum_{i=1}^{n=10} \text{água evapotranspirada} - \sum_{i=1}^{n=10} \text{água evaporada}$$

$$^{2/} \text{Eficiência no uso da água ou coeficiente transpiratório} = \frac{\text{água consumida (g)}}{\text{matéria seca (g) (final-inicial)}}$$

E. citriodora é mais eficiente no uso da água que *E. grandis* em condições de estresse hídrico. Porém, quando se aumentou o teor de água no solo, para 26%, *E. grandis* passou a ser mais eficiente no uso da água. De qualquer forma, dentro dos três teores de água estudados, as duas espécies de eucalipto e *B. brizantha* estão dentro da faixa de plantas eficientes quanto ao uso de água, apesar de o eucalipto ser considerado planta C₃ (LUDLOW, 1980) e *B. brizantha* C₄ (DUKE, 1987).

A eficiência no uso da água ou o coeficiente transpiratório varia de acordo com as espécies de plantas. As plantas C₄ são mais eficientes que as C₃ na economia da água. As estimativas da eficiência do uso da água para as plantas C₄ é cerca de 3 a 5 g de biomassa seca, por kg de água consumida, ou seja, o coeficiente transpiratório varia de 200 a 333 e, para as plantas C₃, de 2 a 3 g de biomassa seca por kg de água consumida; isto é, o coeficiente transpiratório varia de 333 a 500, com variações dependendo do ambiente evaporativo (BRIGGS e SHANTZ, 1914; NEALES et al, 1968; TAYLOR e WILLATT, 1983; KRAMER e BOYER, 1995). Segundo BEADLE et al. (1985), o coeficiente transpiratório varia de 450 a 950 para as plantas C₃ e 250 a 350 para as plantas C₄. Para SILVA e SILVA (1988), as plantas C₄ são consideradas eficientes quanto ao uso

da água e a C_3 ineficientes. Essas diferenças na eficiência do uso da água é fator importante na agressividade da espécie.

Diante do exposto, as plantas C_3 são mais ineficientes que as C_4 , porque elas apresentam a Rubisco para a assimilação do CO_2 . À medida que aumenta a temperatura das folhas, a taxa fotossintética diminui, aumentando a fotorrespiração nas plantas C_3 . Dessa forma, quando a temperatura ultrapassa $25^\circ C$, juntamente com alta intensidade luminosa, a concentração de CO_2 diminui, mais que a concentração de O_2 , dentro das células da bainha. Contudo, a Rubisco passa a funcionar mais como oxigenase que carboxilase, aumentando, assim, a fotorrespiração das espécies C_3 , enquanto as plantas C_4 apresentam a Rubisco e a PEP-carboxilase, que assimila o CO_2 com maior eficiência e, simultaneamente, as plantas C_4 restringem a perda de água por meio da transpiração (DENNIS e TURPIN, 1990).

Segundo OLBRICH et al. (1993), a eficiência do uso da água varia de acordo com o ambiente evaporativo. De qualquer forma, vale salientar que a preocupação referente aos impactos hidrológicos do reflorestamento seria direcionar à seleção de espécies de eucalipto que usam água mais eficientemente, sem comprometer a produção da madeira.

Maiores toques de água no solo propiciaram maior índice de consumo de água, que está diretamente relacionado com o maior acúmulo de biomassa seca pelos eucaliptos e pela *B. brizantha*.

A eficiência do uso da água pelo eucalipto (coeficiente transpiratório) foi alta (282 g de água/g de matéria seca produzida), semelhante ao observado para *B. brizantha*, ambas dentro da faixa de plantas eficientes ao uso de água independente do teor de água no solo.

RESUMO 4. CONCLUSÕES

O maior crescimento de *E. citriodora*, *E. grandis* e *B. brizantha* foi observado em solos com 26% de água.

A convivência de *B. brizantha* com *E. citriodora* ou *E. grandis* reduziu o acúmulo de biomassa seca do eucalipto, independente do teor de água no solo.

O *E. citriodora* apresentou menor tolerância à interferência de *B. brizantha*, em comparação ao *E. grandis*.

Maiores teores de água no solo propiciaram maior índice de consumo de água, que está diretamente relacionado com o maior acúmulo de biomassa seca pelos eucaliptos e pela *B. brizantha*.

A eficiência do uso da água pelo eucalipto (coeficiente transpiratório) foi alta (282 g de água/g de matéria seca produzida), semelhante ao observado para *B. brizantha*, ambos dentro da faixa de plantas eficientes ao uso de água, independente do teor de água no solo.

O índice de consumo de água pelo eucalipto e *B. brizantha* foi obtido utilizando-se a relação água evapotranspirada por vaso, pela evaporação potencial semanal, até os 70 dias após o transplante das mudas. A eficiência do uso de água foi a relação entre a água consumida e a biomassa seca produzida. A quantidade

de água consumida foi a diferença entre a água evapotranspirada e a evaporação potencial, sendo determinada por parcela, durante a condução do experimento.

O controle do teor de água nos vasos foi feito por meio de pesagens diárias e microtensiômetro.

A biomassa seca total, a área foliar, a condutância estomática, a taxa transpiratória e a taxa fotossintética líquida foram maiores em ausência de *B. brizantha*, em solos com 26% de água.

A convivência de *B. brizantha* com *E. citriodora* ou *E. grandis* reduziu o acúmulo de biomassa nas duas espécies, com o aumento do teor de água no solo.

RESUMO E CONCLUSÕES

O maior crescimento de *E. citriodora*, *E. grandis* e *B. brizantha* foi observado em solos com maior teor de água (26%).

O experimento foi conduzido, no período de dezembro de 1995 a fevereiro de 1996, em condições de casa de vegetação, objetivando avaliar o crescimento de duas espécies de eucalipto, cultivados em substratos com três teores de água, juntamente com quatro populações de *Brachiaria brizantha*. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, em arranjo fatorial, com duas espécies de eucalipto (*Eucalyptus citriodora* e *E. grandis*), três teores de água no solo (20, 23 e 26%) e quatro populações de plantas de *B. brizantha* (0, 1, 2 e 3 plantas por vaso).

As características avaliadas foram: biomassa seca total, área foliar, condutância estomática (gs), taxa transpiratória (E), taxa fotossintética líquida (A), índice de consumo de água (ICA) e eficiência do uso da água. A área foliar foi determinada, utilizando-se amostras de folhas, empregando-se o medidor LI-3.000A LI-COR. A mensuração da gs, E, e A foi realizada com um analisador de gás infravermelho (IRGA).

O índice de consumo de água pelo eucalipto e *B. brizantha* foi obtido, utilizando-se a relação água evapotranspirada por vaso, pela evaporação potencial semanal, até os 70 dias após o transplante das mudas. A eficiência do uso da água foi a relação entre a água consumida e a biomassa seca produzida. A quantidade

de água consumida foi a diferença entre a água evapotranspirada e a evaporação potencial, sendo determinada por parcela, durante a condução do experimento.

O controle do teor de água nos vasos foi feito por meio de pesagens diárias e microtensiômetro.

A biomassa seca total, a área foliar, a condutância estomática, a taxa transpiratória e a taxa fotossintética líquida foram maiores em ausência de *B. brizantha*, em solos com 26% de água.

A convivência de *B. brizantha* com *E. citriodora* ou *E. grandis* reduziu o acúmulo de biomassa seca, a área foliar, a gs, a E e a A, nas duas espécies, com o aumento do teor de água no solo.

O maior crescimento de *E. citriodora*, *E. grandis* e *B. brizantha* foi observado em solos com maior teor de água (26%).

A convivência da gramínea num vaso reduziu o crescimento da raiz pivotante das duas espécies de eucalipto e, também, o comprimento e o número de raízes laterais. Essa redução foi maior, sob estresse hídrico (20% de água no solo).

Dentro dos teores de água no solo, as folhas do terço superior da planta de *E. citriodora* e *E. grandis*, cultivadas em ausência ou presença de *B. brizantha* apresentaram maior gs, E, e A que as folhas do terço mediano e inferior.

Os maiores valores de gs, E e A foram obtidos pelas folhas do terço superior da planta dos eucaliptos, quando o teor de água no solo foi de 26% (próximo à capacidade de campo).

Maiores teores de água no solo propiciaram maior índice de consumo de água, que está diretamente relacionado com maior acúmulo de biomassa seca pelos eucaliptos e *B. brizantha*.

A eficiência do uso da água pelo eucalipto (coeficiente transpiratório) foi alta (282 g de água/g de biomassa seca produzida), semelhante ao observado para *B. brizantha* (265), que estão dentro da faixa de plantas eficientes ao uso da água, independente do teor de água no solo.

- BJORKMAN, O. Some viewpoints on photosynthetic response and adaptation to environmental stress. In: BRIGGS, W. R. (Ed.). *Photosynthesis*. New York: Alan Liss, 1989. p. 45-58.
- BRIGGS, L. J. SHANTZ, H. L. Relative water requirement of plants. *J. Agric. Res.*, v. 3, p. 1-63, 1914.
- CALDER, I.R., HALL, S.L., ADLARD, P. G. Growth and water use of forest plantations. Chichester: John Wiley-Sons, 1992. 381 p.
- CHAVES, M. M. Effects of water deficits on carbon assimilation. *J. Exp. Bot.*, v.42, n. 1, p. 1-16, 1991.
- CLARK, R. B. Characterization of phosphatase of insect maize roots. *J. Agric. Food. Chem.*, v. 23, p. 458 - 460, 1975.
- DALTON, P.N., RAATS, P.A.C., GARDNER, W.R. Simultaneous uptake of
- ACKERSON, R. C., HEBERT, R.R. Osmoregulation in cotton in response to water stress: alteration in photosynthesis, leaf conductance, translocation, ultrastructure. **Plant Physiol.**, v. 67, p. 484-488, 1980.
- ADLARD, P.G., KARIYAPPA, G.S., SRINIVASALU, N.V. Spacing at planting of shot-rotation *Eucalyptus* in Karnataka. In: CALDER, I.R., HALL, R.L., ADLARD, P.J. (Eds.). **Growth and water use of forest plantation**. Chichester: John Wily & Sons, 1992. p.103-127.
- AWE, J.O., SHEPHERD, K.R., FLORENCE, R.G. Root development in provenances of *Eucalyptus camaldulensis* Denh. **Aust. For.**, v. 39, p. 201-209, 1976.
- BALLONI, E. A., SIMÕES, J. W. O espaçamento de plantio e suas implicações silviculturais. **IPEF**, v. 1, n. 3, p. 1 - 16, 1980. (Série Técnica).
- BARROS, N. F., NOVAIS, R. F. **Relações solo-eucalipto**. Viçosa, MG: Folha de Viçosa, 1990. 330p.
- BAUGARTEN, B. C., TESKEY, R. O. Dry weight partitioning and its relationship to productivity in loblolly pine seedlings from seven sources. **For. Sci.**, v. 33, n. 3, p. 255-267, 1987.
- BEADLE, C. L., LONG, S. P. IMBAMBA, S. K. et al. **Photosynthesis in relation to plant production in terrestrial environments**. Oxford: United Nations Environment Programme, 1985. 156 p.

- BJORKMAN, O. Some viewpoints on photosynthetic response and adaptation to environmental stress. In: BRIGGS, W. R. (Ed.). **Photosynthesis**. New York: Alan Liss, 1989. p. 45-58.
- BRIGGS, L. J. SHANTZ, H. L. Relative water requeriment of plants. **J. Agric. Res.**, v. 3, p. 1-63, 1914.
- CALDER, I.R., HALL, R.L., ADLARD, P. G. **Growth and water use of forest plantations**. Chichester: John Wiley-Sons, 1992. 381 p.
- CHAVES, M. M. Effects of water deficits on carbon assimilation. **J. Exp. Bot.**, v.42, n. 1, p. 1 - 16, 1991.
- CLARK, R. B. Characterization of phosphatase of intact maize roots. **J. Agric. Food. Chem.**, v. 23, p. 458 - 460, 1975.
- DALTON, F.N., RAATS, P.A.C., GARDNER, W.R. Simultaneous uptake of water and solutes by plant roots. **Agron. J.**, v.67,p.334-343, 1975.
- DAVIS, W. J., KOZLOWSKI, T. T. Stomatal responses to changes in light intensity as influenced by plant water stress. **For. Sci.**, v. 21, n. 2, p. 129 - 133, 1975.
- DEFELIPO, B.V., RIBEIRO, A. C. **Análise química do solo (metodologia)**. Viçosa, MG: UFV, Imp. Univ., 1981. 17p. (Boletim de extensão, 29)
- DENNIS, D. T., TURPIN, D.H. **Plant physiology, biochemistry and molecular biology**. King Ston: Longman Scientific & Tecnical, 1990. 529 p.
- DEUBER, R. **Ciências das plantas daninhas: fundamentos**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 431p.
- DICKSON, R.E. Assimilate distribution and storage. In: RAGHAVENDRA, A.S. (Ed.). **Physiology of trees**. New York: John Wiley & Son, 1991. p.51-86
- DONALD, C. M. Competition among crop and pasture plants. **Adv. Agron.**, v. 15, p.1 - 117, 1963.
- DUA, A., TALWAR, G., SINGAL, H. R. et al. CO₂ exchange, primary photochemical reactions and enzymes of photosynthetic carbon reduction cycle in *Brassica* pods during water stress and recovery. **Photosynthetica**, v. 30, p. 261 - 268, 1994.

- DUKE, S. O. **Weed physiology, reproduction and ecophysiology**. Boca Raton: CRC, 1987. v. 1, 157 p.
- DUMAS, P., BONNET-MASIMBERT, M., ZAERR, J.B. Evidence of cytokinin bases, ribosides and glicosides in roots of Douglas-fir, *Pseudotsuga menziessi*. **Tree. Physiol.**, v.5, p.87-90, 1989.
- EINHELLIG, F. A. Mechanisms and modes of action allelochemicals. In: PUTNAM, A. R., TANG, C. S. (Eds.). **The science of allelopathy**. New York: Jonh Wiley & Sons, 1986. P. 171-188.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual e métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1979. Não-paginado.
- FAÇANHA, J. G. V. **Aspectos fisiológicos do crescimento de *Eucalyptus* spp. submetidos à deficiência hídrica**. Viçosa, MG: UFV, 1983. 47 p. Tese (Mestrado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, 1983.
- FAHN, A. **Plant anatomy**. Oxford: Pergamon. 1990. 588p.
- FERRI, M. G. **Fisiologia vegetal**. São Paulo: EPU, 1985. 362 p.
- FLOWER, D. J., LUDLOW, M.M. Contribution of osmotic adjustment to the dehydration tolerance of water-stresse pigeonpea (*Cajanus caju* (L.) Millsp.) leaves. **Plant Cell Environ**, v. 9, p. 33-40, 1986.
- FORD, E.D. The dynamics of plantation growth. In: BOWEN, G.D., NAMBIAR, E.K.S. (Eds.). **Nutriton of plantation forests**. New York: Academic, 1984. p.17-51.
- GHOLZ, H. L., EWEL, K. C., TESKEY, R. O. Water and forest productivity. **For. Ecol. Manag.**, v. 30, n.1, p. 1-18, 1990.
- GOEDERT, W. J., LOBATO, E. WAGNER, E. Potencial agrícola da região dos cerrados brasileiros. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.15, n.1, p. 1 - 17, 1980.
- GOES, E. **Os eucaliptos em Portugal: ecologia, cultura e produções**. Lisboa: Ministério da Economia, 1962, v. 2, p.47-58.
- GOMES, R. T. **Efeito do espaçamento no crescimento e nas relações hídricas de *Eucalyptus* spp. na região de cerrado de Minas Gerais**. Viçosa: UFV, 1994. 85p. Tese (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 1994.

- HALL, A. E., SCHULZE, E. D., LANGE, O. Current perspectives of steady-state stomatal responses to environment. In: LANGE O. L. (Ed.) **Water and plant life**. Berlin: Springer-Verlag, 1976. p. 169-188.
- ITAL, C., VAADIA, Y. Kinetin-like activity in root esudate of water stressed sunflower. **Plant. Physiol.**, v.18, p. 941-944, 1965.
- JAHNKE, L.S., LAWRENCE, D. B. Influence of photosynthetic crown structure on potencial productivity of vegetation, based primarily on mathematical models. **Ecology**, v. 46, n. 2, p.319 - 326, 1965.
- JARVIS, P. G., McNAUGHTON, K. G. Stomatal control of transpirations: scaling up from leaf to region. **Adv. Ecol. Res.**, v. 15, p. 1-49, 1986.
- JEFFERIES, R. A. Cultivar responses to water stress in potato; effects of shoot and roots. **New Phytol.**, v. 123, p. 491-498, 1993.
- JONES, D. A., WILKINS, D. A. **Variation and adaptation in plant species**. London: Heinemann, 1971. 184p.
- KAISER, W. M. Effect of water deficit on photosynthetic capacity. **Plant Physiol.**, v. 71, p. 142-149, 1987.
- KICHEVA, M. I., TSONEV, T. D., POPOVA, L. P. Stomatal and nonstomatal limitations to photosynthesis in the wheat cultivars subjected to water stress. **Photosynthetica**, v. 30, p. 107-116, 1994.
- KOZLOWSKI, T.T., KRAMER, P. J., PALLARDY, S. G. **The physiological ecology of wood plants**. San Diego: Academic, 1991. 657 p.
- KRAMER, P. J., BOYER, J. S. **Water relations of plants and soil**. New York: Academic, 1995. 495 p.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Paulo: EPU, 1986. 319 p.
- LEVITT, J. **Responses of plants to environment stress**. New York: Academic, 1972. 45p.
- LEVITT, J. **Responses of plants to environmental stress: water, radiation, salt, and other stresses**. New York: Academic, 1980. v.2, p.25 - 280
- LIMA, W. P. **Impacto ambiental de eucalipto**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1996. 301 p.

- LINDER, S., BENSON, M. L., MYERS, B. J. et al.. Canopy dynamics and growth of *Pinus radiata*. Effects of irrigation and fertilization during a drought. **Can. J. For. Res.**, v. 17, p. 1157-1165, 1983.
- LUDLOW, M. M., IBARAKI, K. Stomatal control of water loss in siratro (*Macroptilium atropurpureum* (DC) Urb.), a tropical pasture legume. **Ann. Bot.**, v. 43, p. 639-647, 1979.
- LUDLOW, M.M. Adaptive significance of stomatal responses to water stress. In: TURNER, N. C., KRAMER, P. J. (Eds.). **Adaptation of plants to water and high temperature stress**. New York: John-Wiley, 1980. p. 123-138.
- LUDLOW, M.M., FISHER, M.J., WILSON, J. R. . Stomatal adjustment to water deficits in three tropical grasses and a tropical legumes grown in controlled conditions and in the field. **Austral. J. Plant Physiol.**, v. 12, p. 131-149, 1985.
- MASOJIDEK, J., TRIVEDI, S., HALSHAW, L. et al. The synergistic effect of drought and light stresses in sorghum and pearl millet. **Plant Physiol.**, v. 96, p. 198-207, 1991.
- McWILLIAM, J. R. The national and international importance of drought and salinity effects on agricultural production. **Austral. J. Plant Physiol.**, v. 35, p. 1-13, 1986.
- MEDINA, E. Adaptations of tropical trees to moisture stress. In: GOLLEY, F. B. (Ed.) **Tropical rain forest ecosystems: structure and function**. New York: Elsevier, 1983. P. 225-237.
- MYERS, B. J., LANDSBERG, J. J. Water stress and seedlings growth of two eucalypt species from contrasting habitats. **Tree Physiol.**, v. 5, n. 2, p. 207 - 218, 1989.
- NAGARAJAH, S., SHULZE, E. D. Response of in *Vigna unguiculata* (L.) Walp. to atmospheric soil drought. **Austral. J. Plant Physiol.**, v. 10, p. 384-394, 1983.
- NEALES, T. F., PATTERSON, A.A. HARTNEY, V. J. Physiological adaptation to drought in the carbon assimilation and water loss of xerophyte. **Nature**, v. 219, p. 469-472, 1968.
- NOBEL, P. S. **Introduction to biophysical plant physiology**. San Francisco: W. H. Freeman, 1974. 488p.

- NOVAIS, R. F., BARROS, N. F., NEVES, J. C. L. Nutrição mineral de mudas de eucalipto. In: BARROS, N. F., NOVAIS, R. F. (Eds.). **Relação solo-eucalipto**. Viçosa, MG: Folha de Viçosa, 1990. p. 25 - 98.
- NUNES, S. G., BOOCK, A., PENTEADO, M. I., et al. *Brachiaria brizantha* cv **Marandu**. Campo Grande: EMBRAPA/CNPQC, 1984. 31 p. (Documentos, 21).
- OKOJIE, J.A., BAILEY, R.L., BORDERS, B.E. Spacing effects in and unthinned 11-year-old *Terminalia superba* plantation in the dry lowland rainforest area of Nigeria. **For. Ecol. and Mang.**, v.24, n.4, p. 253-260, 1988.
- OLBRICH, B. W., ROUX, D. LE, POULTER, A.G., et al. Variation in water use efficiency and G13C levels in *Eucalyptus grandis* clones. **J. Hydrology**, v. 150. p. 615 - 633, 1993.
- OLIVER, C. D., LARSON, B. C. **Forest stand dynamics**. New York: Mc Graw - Hill, 1990. 467p.
- PEREIRA, J. S. O consumo de água pela floresta, ecofisiologia das relações planta-água no caso do eucalipto em Portugal. In: SEMINÁRIO: O EUCALIPTO, A ÁGUA E O SOLO, 1986, Lisboa. **Anais...** Lisboa: Sociedade Portuguesa de Ciências Florestais, 1986. p. 1-7.
- PEREIRA, J. S. Relações hídricas das árvores. **Agr. Lusitana**, v. 39, n. 213, p. 155 - 173, 1979.
- PEREIRA, J. S., CHAVES, M. M. Plant water deficit in mediterranean ecosystems. In: SMITH, J. A., GRIFFITHS, H. (Eds.). **Water deficits: plant responses from cell to community**. Oxford: Bios Scientific, 1993. p.237 - 251.
- PRYOR, L. D. **The biology of eucaliptus**. London: Edward Arnold, 1976. 82p.
- QUICK, W. P., CHAVES, M. M., WENDLER, R. The effect of water stress on photosynthetic carbon metabolism in four species grown under field conditions. **Plant Cell Environ.**, v. 15, p. 25 - 35, 1992.
- RICE, E. L. **Allelopathic**. New York: Academic, 1974. 353 p.
- REIS, G.G., HALL, A. E. Resposta de brotações de *Eucalyptus camaldulensis* Delm. submetidas a diferentes níveis de deficiência hídrica. **Rev. Árvore**, v. 10, n.1. p.16-26, 1986.

- RICHARDS, L. A. Methods of measuring soil moisture tension. *Soil Sci.*, v. 15, p. 95-112, 1949.
- SALISBURY, F. B., ROSS, C. W. **Plant physiology**. Belmont: Wadsworth, 1992. 682 p.
- SCHULZE, E.D. Whole-plant responses to drought *Aust. J. Plant Physiol.*, v.13, p.127-141, 1986.
- SHARKEY, T. D. Water stress effects on photosynthesis. *Photosynthetica*, v. 24, p. 651, 1990.
- SILVA, A. A. **Bioatividade do alachlor e do metribuzin sob diferentes manejos de água no solo, e efeito do metribuzin, sob estas condições, em soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. Piracicaba, SP: ESALQ, 1989. 138p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luis Queiroz, 1989.
- SILVA, J. F., SILVA, J.F. **Herbicidas, formulação, misturas, interações e seletividade de herbicidas em módulo 1-4**. Brasília: CAPES/ABEAS, 1988. 143 p.
- SILVA, W. **Tolerância de *Eucalyptus* spp. a herbicidas e a eficiência desses produtos no controle de plantas daninhas**. Viçosa, MG: UFV 1993. 86p. Tese (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1993.
- STONEMAN, G. L., TURNER, N. C., DELL, B. Leaf growth, photosynthesis and tissue water relations of greenhouse-growth *Eucalyptus marginata* seedlings in response to water deficits. *Tree Physiol.*, v. 14. p. 633 - 646, 1994.
- TAIZ, L., ZEIGER, E. **Plant physiology**. Redwood Ceity: The Benjamim/Cummings, 1991. 559 p.
- TAYLOR, H. M., WILLATT, S. T. Shrinkage of soybean roots. *Agron. J.*, v. 75, p. 818-820, 1983.
- TEIXEIRA, J. B. **Efeito do déficit hídrico sobre a fotossíntese, a respiração e a eficiência no uso de água, em seis espécies de leguminosas forrageiras**. Viçosa, MG: UFV, 1978. 45p. Tese (Mestrado em Fisiologia Vegetal). Universidade Federal de Viçosa, 1978.
- TURNER, N. C. Adaptation to water deficits: a changing perspective. *Aust. J. Plant Physiol.*, v. 13, n. 1, p. 175 - 190, 1986.

- TYREE, M.T., FLANAGAN, L. B., ADAMSON, N. Response of trees to drought. In: HUTCHINSON, M. (Ed.). **Effects of atmospheric pollutants on forests, wetland and agricultural ecosystems**. Berlin: Springer-Verlag, 1987. p. 201-216.
- VALE, F. R. Efeito do alumínio sobre a cinética de absorção de nitrato, amônio e fosfato em milho (*Zea mays*, L.) e em clone de eucalipto (*Eucalyptus alba*). Viçosa, MG:UFV, 1982. 71 p. Tese (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, 1982.
- VIETS, F. G. Fertilizers and efficient use of water. **Adv. Agron.**, v. 14, p. 223 - 264, 1962.
- WARING, R.H., SCHLESINGER, W.H. **Forest ecosystems, and management**. Orlando: Academic, 1983. 340p.
- WONG, S. C., COWAN, I. R., FAQUHAR, G. D. Somatal conductance correlates with photosynthetic capacity. **Nature**, v. 282, p. 424-426, 1979.
- ZOHAR, Y., WAISEL, Y., KARSCHON, R. Effects of light, temperature and osmotic stress on seed germination of *Eucalyptus occidentalis* Ende. **Aust. J. Bot.**, v.23, p.391-397, 1975.

APÊNDICE

APÊNDICE

Quadro 1 A - Resumo das análises de variância da biomassa seca (BS) e área foliar (AF) das plantas de *E. citriodora* (ES₁) e *E. grandis* (ES₂), em convivência com 0, 1, 2 e 3 plantas de *B. brizantha* por vaso, em resposta a 20, 23 e 26% de água no solo, aos 70 dias, após o transplante das mudas

FV	GL	Quadrados Médios	
		BS	AF
Blocos	3	15,1980	2.193,34
TRAT	(23)	620,7983**	621.173,30**
ES	1	1.402,2459**	3.929.218,00**
UM	2	1.412,6233**	1.463.257,90**
BR	3	2.712.2253**	2.176.148,40**
ESxUM	2	79,1863**	176.026,14**
UM/ES ₁	(2)	413,4684**	319.362,50**
Linear	1	779,3352**	635.487,50**
Desvio	1	47,6016**	3.237,50ns
UM/ES ₂	(2)	1.078,3411**	1.319.921,50**
Linear	1	2.081,8990**	2.532.375,00**
Desvio	1	74,7832**	107.468,05**
ESxBR	3	6,5644 ns	4.192,53ns
UMxBR	6	277,7619**	743.041,24**
Um/BR ₁	(2)	1.738,7630**	941.598,50**
Linear	1	3.477,1660**	1.893.070,50**
Desvio	1	0,3600 ns	126,50ns
UM/BR ₂	(2)	381,1313**	362.578,25**
Linear	1	585,2771**	702.034,75**
Desvio	1	176,9855**	23.121,75ns
UM/BR ₃	(2)	56,4617**	207.758,08**
Linear	1	91,7764**	379.764,25**
Desvio	1	21,1470 ns	35.751,90ns
UM/BR ₁	(2)	69,5529**	170.446,77**
Linear	1	126,9366**	304.152,25**
Desvio	1	12,1492 ns	36.741,29ns
ESxUMxBR	6	11,5925 ns	16.571,58ns
Resíduo	62	10,5458	12.360,82
CV(%)		19,70	17,16

** - significativo a 1% de probabilidade

ns - não significativo

APÊNDICE

Quadro 1 A - Resumo das análises de variância da biomassa seca (BS) e área foliar (AF) das plantas de *E. citriodora* (ES₁) e *E. grandis* (ES₂), em convivência com 0, 1, 2 e 3 plantas de *B. brizantha* por vaso, em resposta a 20, 23 e 26% de água no solo, aos 70 dias, após o transplante das mudas

FV	GL	Quadrados Médios	
		BS	AF
Blocos	3	15,1980	2.193,34
TRAT	(23)	620,7983**	621.173,30**
ES	1	1.402,2459**	3.929.718,00**
UM	2	1.412,6232**	1.463.257,90**
BR	3	2.712,2253**	2.176.148,40**
ESxUM	2	79,1863**	176.026,14**
UM/ES ₁	(2)	413,4684**	319.362,50**
Linear	1	779,3352**	635.487,50**
Desvio	1	47,6016**	3.237,50ns
UM/ES ₂	(2)	1.078,3411**	1.319.921,50**
Linear	1	2.081,8990**	2.532.375,00**
Desvio	1	74,7832**	107.468,05**
ESxBR	3	6,5644 ns	4.192,53ns
UMxBR	6	277,7619**	743.041,24**
Um/BR ₀	(2)	1.738,7630**	941.598,50**
Linear	1	3.477,1660**	1.883.070,50**
Desvio	1	0,3600 ns	126,50ns
UM/BR ₁	(2)	381,1313**	362.578,25**
Linear	1	585,2771**	702.034,75**
Desvio	1	176,9855**	23.121,75ns
UM/BR ₂	(2)	56,4617**	207.758,08**
Linear	1	91,7764**	379.764,25**
Desvio	1	21,1470 ns	35.751,90ns
UM/BR ₃	(2)	69,5529**	170.446,77**
Linear	1	126,9566**	304.152,25**
Desvio	1	12,1492 ns	36.741,29ns
ESxUMxBR	6	11,5925 ns	16.571,58ns
Resíduo	69	10,5458	12.360,82
CV(%)		19,70	17,16

** - significativo a 1% de probabilidade

ns - não-significativo.

Quadro 2 A - Resumo das análises de variância dos dados referentes à condu-
tância estomática (gs), à taxa respiratória (E) e à taxa
fotossintética (A) das plantas de eucalipto (*E. citriodora* e *E.*
grandis), em convivência com 0, 1, 2 e 3 plantas de *B. brizantha*
por vaso, em resposta a 20, 23 e 26% de água no solo, aos 70 dias,
após o transplante das mudas

FV	GL	Quadrados Médios		
		gs	E	A
REP/FL	9	0,5348x10 ⁻⁴	0,0301	0,1396
TRAT	(71)	0,3796x10 ^{-3**}	0,4709**	2,1163**
BR	3	0,3442x10 ^{-2**}	3,1474**	17,3896**
UM	2	0,1532x10 ^{-2**}	1,6773**	3,8601**
ES	1	0,2222x10 ^{-4ns}	0,0425ns	0,3828ns
FL	2	0,3989x10 ^{-2**}	6,0668**	30,2291**
BR x UM	6	0,2059x10 ^{-3**}	0,3462**	1,2591**
UM/BR ₀	(2)	0,1585x10 ^{-2**}	1,7185**	6,6463**
Linear	1	0,3169x10 ^{-2**}	3,2033**	13,2300**
Desvio	1	0,1000x10 ^{-5ns}	0,2337ns	0,0626ns
UM/BR ₁	(2)	0,2681x10 ^{-3**}	0,5676**	0,1954ns
Linear	1	0,5333x10 ^{-3**}	0,1519ns	0,0602ns
Desvio	1	0,2900x10 ^{-5ns}	0,9833**	0,3306ns
UM/BR ₂	(2)	0,1125x10 ^{-3*}	0,2593*	0,4822ns
Linear	1	0,1687x10 ^{-3*}	0,0169ns	0,9633*
Desvio	1	0,5630x10 ^{-4ns}	0,5017**	0,0011ns
UM/BR ₃	(2)	0,1841x10 ^{-3**}	0,1705ns	0,3135ns
Linear	1	0,3000x10 ^{-3**}	0,0102ns	0,4800ns
Desvio	1	0,6820x10 ^{-4ns}	0,3308*	0,1470ns
BRxES	3	0,1574x10 ^{-4ns}	0,0389ns	0,0912ns
BRxFL	6	0,3899x10 ^{-3**}	0,3438**	2,5457**
UMxES	2	0,2535x10 ^{-4ns}	0,0834ns	0,1091**
UMxFL	4	0,2474x10 ^{-3**}	0,5305**	0,5970ns
UM/Fls	(2)	0,1517x10 ^{-2**}	2,2954**	3,7270**
Linear	1	0,3025x10 ^{-2**}	2,2500**	7,3577**
Desvio	1	0,9000x10 ^{-5ns}	2,3408**	0,0963ns
UM/Fl _M	(2)	0,4156x10 ^{-3**}	0,2347*	1,1064**
Linear	1	0,8266x10 ^{-3**}	0,4225**	2,0664**
Desvio	1	0,4600x10 ^{-5ns}	0,0469ns	0,1464ns
UM/Fl _I	(2)	0,9420x10 ^{-4ns}	0,2082*	0,2207ns
Linear	1	0,1266x10 ^{-3ns}	0,0039ns	0,4389ns
Desvio	1	0,6180x10 ^{-4ns}	0,4125*	0,0025ns
ESxFL	2	0,1076x10 ^{-4ns}	0,0218ns	0,0345ns
BRxUMxES	6	0,2025x10 ^{-4ns}	0,0199ns	0,0275ns
BRxUMxFL	12	0,4531x10 ^{-4ns}	0,0905ns	0,1871ns
BRxESxFL	6	0,5671x10 ^{-5ns}	0,0579ns	0,0647ns
UMxESxFL	4	0,1233x10 ^{-4ns}	0,0162ns	0,1310ns
BRxUMxESxFL	12	0,1071x10 ^{-4ns}	0,0210ns	0,0354ns
Resíduo	207	0,3340x10 ⁻⁴	0,0629	0,1752
CV(%)		27,26	25,57	32,13

** - significativo a 1% de probabilidade - * - significativo a 5% de probabilidade
ns - não-significativo

Quadro 3 A - Desdobramento de dias após o transplante das mudas (EP) dentro de *B. brizantha* (BR), com 0, 1, 2 e 3 plantas por vaso, em convivência com *E. citriodora* (ES₁) a 20, 23 e 26% de água no solo (UM), para o índice de consumo de água

FV	GL	Quadrados Médios		
		UM ₂₀	UM ₂₃	UM ₂₆
EP/ES ₁ BR ₀	(9)	9,2845**	22,6940**	35,8498**
L	1	77,6192**	182,7631**	305,7810**
Q	1	3,0576*	10,5118*	1,8590ns
C	1	0,2349x10 ⁻² ns	0,9320ns	3,3980ns
Q	1	0,9538ns	4,1435ns	2,4969ns
Q	1	1,0982ns	2,0396ns	1,4850ns
DESVIO	4	0,2074	0,9639	1,9070
EP/ES ₁ BR ₁	(9)	8,4019**	16,2271*	28,8831*
L	1	71,0893**	135,8983**	241,6483**
Q	1	1,6955ns	3,1481ns	1,0229ns
C	1	0,2721x10 ⁻¹ ns	0,5172,10 ⁻¹ ns	0,2946ns
Q	1	1,0801ns	1,4083ns	3,3178ns
Q	1	0,7557ns	0,7149ns	2,4423ns
DESVIO	4	0,2424	1,2057	2,8056
EP/ES ₁ BR ₂	(9)	8,3716**	10,0278**	16,4313*
L	1	70,1087**	85,1406**	136,0652**
Q	1	1,4354ns	0,6055ns	0,1218ns
C	1	0,2182x10 ⁻¹ ns	0,8442ns	0,2180ns
Q	1	1,5349ns	1,1083ns	4,0738ns
Q	1	0,5464ns	0,6403ns	0,9667ns
DESVIO	4	0,4242	0,4778	1,6091
EP/ES ₁ BR ₃	(9)	7,9437*	10,5225**	13,3152*
L	1	64,6470**	87,2718**	108,6006**
Q	1	1,2209ns	1,2912ns	0,7577,10 ⁻⁴ ns
C	1	0,5304x10 ⁻² ns	1,1554ns	0,8239ns
Q	1	1,7638ns	1,9592ns	3,6699ns
Q	1	0,9910ns	0,5028ns	0,4353ns
DESVIO	4	0,7164	0,6305	1,5768

** - Significativo a 1% de probabilidade.

* - Significativo a 5% de probabilidade.

ns - Não-significativo.

Quadro 4 A - Desdobramento de dias após o transplante das mudas (EP) dentro de *B. brizantha* (BR), em convivência entre si com 0, 1, 2 e 3 plantas por vaso, em convivência com *E. grandis* (ES₂), a 20, 23 e 26% de água no solo (UM), para o índice de consumo de água

FV	GL	Quadrados Médios		
		UM ₂₀	UM ₂₃	UM ₂₆
EP/ES ₂ BR ₀	(9)	10,3099*	22,7010**	34,9004**
L	1	86,3028**	193,0321**	304,2905**
Q	1	0,9622ns	0,6552ns	0,6622x10 ⁻² ns
C	1	0,5698ns	1,1814ns	1,1410ns
Q	1	0,9799ns	1,4197ns	2,0124ns
Q	1	0,6345ns	2,0963ns	2,2330ns
DESVIO	4	0,8349	1,4811	1,1050
EP/ES ₂ BR ₁	(9)	9,5160*	12,9963*	18,0411**
L	1	78,4947**	110,9306**	155,6326**
Q	1	0,3846ns	0,1349ns	2,2569ns
C	1	0,4454ns	0,8699x10 ⁻² ns	0,1501x10 ⁻¹ ns
Q	1	2,2689ns	0,7776ns	0,6942ns
Q	1	1,3821ns	0,5086ns	1,1164ns
DESVIO	4	0,6670	1,1516	0,6638
EP/ES ₂ BR ₂	(9)	7,9292*	11,4602*	10,7010**
L	1	65,1836**	94,9469**	90,2226**
Q	1	0,5397ns	0,3137x10 ⁻¹ ns	3,6884**
C	1	0,6008x10 ⁻² ns	0,1347ns	0,4703ns
Q	1	1,2404ns	2,1085ns	0,7072ns
Q	1	0,4512ns	0,5264ns	0,1805ns
DESVIO	4	0,9855	1,3485	0,2599
EP/ES ₂ BR ₃	(9)	8,2924**	7,9933*	15,3166**
L	1	68,0909**	63,4092**	131,6770**
Q	1	0,3186ns	0,6349x10 ⁻¹ ns	1,2132ns
C	1	0,1807ns	0,6948ns	0,3782ns
Q	1	2,6877ns	3,4362ns	2,3011ns
Q	1	1,1687ns	0,5104ns	0,7913ns
DESVIO	4	0,5463	0,9503	0,3722

** - Significativo a 1% de probabilidade.

* - Significativo a 5% de probabilidade.

ns - Não-significativo.

Quadro 5 A - Desdobramento de dias após o transplante das mudas (EP) dentro de *B. brizantha* (BR), em convivência entre si, com 1, 2 e 3 plantas por vaso, a 20, 23 e 26% de água no solo (UM), para o índice de consumo de água

FV	GL	Quadrados Médios		
		UM ₂₀	UM ₂₃	UM ₂₆
EP/BR ₁	(9)	3,8871**	3,8308**	5,5212**
L	1	32,9935**	33,5874**	41,6521**
Q	1	0,7967**	0,6137x10 ⁻⁴	7,4385**
C	1	0,1455ns	0,3181ns	0,1841ns
Q	1	0,9275**	0,8739x10 ⁻¹ ns	0,8701x10 ⁻¹ ns
Q	1	0,2256x10 ⁻¹ ns	0,3016ns	0,6216x10 ⁻¹ ns
DESVIO	4	0,2446x10 ⁻¹ ns	0,4571x10 ⁻¹	0,6658x10 ⁻¹
EP/BR ₂	(9)	4,9417**	4,1996**	5,2854**
L	1	41,1774**	36,6433**	39,3161**
Q	1	1,1602ns	0,1051ns	7,0844**
C	1	0,5821x10 ⁻³ ns	0,6964x10 ⁻¹ ns	1,0761**
Q	1	1,4739*	0,5360ns	0,1977x10 ⁻¹ ns
Q	1	0,4731x10 ⁻¹ ns	0,8030x10 ⁻¹ ns	0,6808x10 ⁻¹ **
DESVIO	4	0,1539	0,9044x10 ⁻¹	0,3328x10 ⁻²
EP/BR ₂	(9)	5,0734**	4,9157**	5,8543**
L	1	42,5629**	42,7391**	46,3236**
Q	1	0,9350ns	0,1638ns	3,9347**
C	1	0,7893x10 ⁻² ns	0,9337x10 ⁻³ ns	2,1295**
O	1	1,3680ns	0,4605ns	0,5983x10 ⁻¹ ns
Q	1	0,3894x10 ⁻³ ns	0,2410x10 ⁻² ns	0,1282ns
DESVIO	4	0,1966	0,2186	0,2830x10 ⁻¹

** - Significativo a 1% de probabilidade.
 * - Significativo a 5% de probabilidade.
 ns - Não-significativo.