

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**EFEITOS DO MANEJO HÍDRICO E DA APLICAÇÃO
DE POTÁSSIO NA QUALIDADE DE MUDAS DE
Eucalyptus grandis W. (Hill ex. Maiden)**

MAGALI RIBEIRO DA SILVA

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia – Área de Concentração em
Irrigação e Drenagem.

BOTUCATU – SP
Fevereiro – 2003

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**EFEITOS DO MANEJO HÍDRICO E DA APLICAÇÃO
DE POTÁSSIO NA QUALIDADE DE MUDAS DE
Eucalyptus grandis W. (Hill ex. Maiden)**

MAGALI RIBEIRO DA SILVA
Engenheira Florestal

Orientador: Prof. Dr. Antônio Evaldo Klar

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia – Área de Concentração em
Irrigação e Drenagem.

BOTUCATU – SP
Fevereiro - 2003

OFEREÇO

À Thereza, minha adorável mãe, a primeira a me incentivar nessa jornada. Meu eterno amor e a certeza de outros reencontros no caminho da nossa evolução.

Ao meu querido irmão Marco, por tudo que passamos juntos nesse período e que me tornou uma pessoa melhor.

Ao meu marido Robson, pelo feliz encontro, pelo amor e companheirismo.

À minha família, pelo amor e união que nos envolve e nos fortalece.

“Nenhum de nós procure
destaque injustificável.

Na direção ou na subalternidade
baste-nos o privilégio de
cumprir o dever que a vida nos
assinala discernindo e
elucidando, mas auxiliando e
amando sempre.”

Emmanuel

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as pessoas e instituições que contribuíram para minha evolução profissional e pessoal durante essa jornada. Entre elas:

- À Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista - UNESP, juntamente com a Coordenação do Curso de Irrigação e Drenagem, pela oportunidade de realização do curso.
- Ao CNPQ (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela concessão da bolsa de estudos.
- Ao Departamento de Recursos Naturais Setor Ciências Florestais, pela infra-estrutura utilizada. Em especial a Prof. Dr.^a Vera Lex Engel, pela amizade e por toda ajuda dada num momento bem difícil para mim.
- A meu orientador Prof. Dr. Antonio Evaldo Klar pela orientação, pela amizade, por todas as conversas.
- Ao sempre mestre Prof. Dr. Carlos Marchesi de Carvalho pelo apoio sempre dado e pela amizade construída desde a época da graduação.
- Ao Prof. Dr. José Raimundo Passos, pela amizade, pela simpatia com que sempre me recebeu, e é claro, por todo trabalho das análises estatísticas.
- À Prof.^ª Dr.^a. Liciane Vaz de Arruda Silveira pela ajuda nas análises estatísticas, mesmo estando doente.
- Aos funcionários da FCA, em especial aos do viveiro do DRN: Cláudio R. Ribeiro da Silva, Ieda de Fátima Ferreira, Aparecido Agostinho de Arruda (Dicão), João Marques, Élder Matos, Luis Manoel Lyra e Edson G. Brito, aos do DER: Gilberto, Rosângela, Rita, Pedro e Mauri, aos da Pós-graduação: Marilene, Marlene e Jaqueline e aos da Biblioteca: Cida, Denise, Inês, Solange, Rita.
- Aos meus ajudantes André e Edmir (Zoinho).
- Aos novos amigos encontrados: Luiza Duenhas, Marcelo Lopes, Carlos Jesus Baca, Jeoshua Katz, Alexandre Dalri, Éder Pereira, Ana Alexandrina Gamma, Claudio Márcio Pereira, Mariana Soares, Fernando Muçolçah, Cristiane Leite, Sidney Jadoski, Antonio Ricardo Andrade, Marcus Vinícius Oliveira, Fernanda, Marcos Silveira, Jane Wadas Lopes e Silvio Pantano, por todos os momentos vividos.

- Às amigas de república: Rosimeire Pessoa, Walderez Moreira Joaquim, Cristina Perusi e Vanessa Jerba, pelo ótimo convívio e por todo o aprendizado.
- Aos meus amigos de coral: Fernando, Arlete, Vera, Denise, Flávio, José Roberto, Rodrigo, Luciana, Liliane, Rita, Rosa, Margareth, Mariana, Isabel, Fábio, Ângelo, Elano, por toda alegria proporcionada e por todos os males que as músicas espantaram.
- Ao meu marido Robson, pela força física e psicológica durante toda essa fase.
- Aos meus irmãos: Mercedes, Maria, João Roberto, Margareth, Salvador e Marco, pela força e pelo carinho.
- Aos vários queridos sobrinhos: Maria Angélica, Janaina, Juliana, Higor, Davi, Vinícius, Robson, Maeli, Natália, Simone e os sobrinhos netos: Vinícius e João Henrique, por todo o afeto e por toda alegria.
- À minha mãe, Thereza, pelo amor, pelo incentivo, pela vida.....
- A Deus, pela benção que é viver e ter a família e os amigos que tenho.

SUMÁRIO

LISTA DE QUADROS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	xii
RESUMO.....	1
SUMARY.....	3
1. INTRODUÇÃO.....	5
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	8
2.1. Água na Planta.....	8
2.2. Estresse Hídrico.....	12
2.3. Potássio na Planta.....	18
2.4. Qualidade de Mudas Florestais.....	22
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3.1. Local e Época.....	27
3.2. Espécie.....	28
3.3. Estrutura Física.....	28
3.4. Insumos.....	29
3.4.1. Recipientes.....	29
3.4.2. Substrato.....	29
3.5. Metodologia.....	31
3.5.1. Enchimento dos tubetes.....	31
3.5.2. Semeadura.....	31
3.5.3. Raleamento.....	31
3.5.4. Adubação.....	32
3.5.5. Seleção.....	32
3.5.6. Aplicação dos Tratamentos.....	32
3.5.7. Instalação no Campo.....	34
3.6. Avaliações do Experimento.....	34
3.6.1. Determinação das Características Morfológicas.....	35
3.6.2. Determinação das Características Nutricionais.....	35
3.6.3. Determinação das Características Fisiológicas.....	35

3.6.4. Avaliação de Sobrevivência das Mudanças no Campo.....	36
3.7. Delineamento Estatístico.....	37
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
4.1. Características Morfológicas.....	39
4.2. Características Nutricionais.....	46
4.2.1. Teor e Conteúdo de Nitrogênio (N).....	46
4.2.2. Teor e Conteúdo de Fósforo (P).....	50
4.2.3. Teor e Conteúdo de Potássio (K).....	53
4.2.4. Teor e Conteúdo de Cálcio (Ca).....	56
4.2.5. Teor e Conteúdo de Magnésio (Mg).....	58
4.2.6. Teor e Conteúdo de Enxofre (S).....	60
4.2.7. Teor e Conteúdo de Boro (B).....	66
4.2.8. Teor e Conteúdo de Cobre (Cu).....	70
4.2.9. Teor e Conteúdo de Ferro (Fe).....	72
4.2.10. Teor e Conteúdo de Manganês (Mn).....	75
4.2.11. Teor e Conteúdo de Zinco (Zn).....	77
4.3. Características Fisiológicas.....	79
4.3.1. Teor de Clorofila.....	79
4.3.2. Transpiração.....	81
4.4. Sobrevivência das Mudanças no Campo.....	85
5. CONCLUSÕES.....	90
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	92

LISTA DE QUADROS

Quadro	Página
1 Umidade do substrato Plugmix em função da tensão aplicada.....	30
2 Resultados médios das variáveis morfológicas das mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> , ao final da rustificação e a significância do teste F.....	40
3 Matéria seca radicular (MSR) de mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> , ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação entre as doses de potássio.....	44
4 Matéria seca radicular (MSR) de mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> , ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação entre os níveis de estresse hídrico.....	44
5 Teores (gKg^{-1}) e conteúdos (mgplanta^{-1}) médios de N nas mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> , ao final da rustificação, considerando cada tratamento e a significância do teste F.....	47
6 Teores (gKg^{-1}) e conteúdos (mgplanta^{-1}) médios de N nas mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> , ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação entre as doses de potássio.	48
7 Teores (gKg^{-1}) e conteúdos (mgplanta^{-1}) médios de N nas mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> , ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação entre os níveis de estresse hídrico.....	49
8 Teores (gKg^{-1}) e conteúdos (mgplanta^{-1}) médios de P nas mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> , ao final da rustificação, considerando cada tratamento e a significância do teste F.....	51
9 Teores (gKg^{-1}) e conteúdos (mgplanta^{-1}) médios de P nas mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> , ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação entre as doses de potássio.....	51
10 Teores (gKg^{-1}) e conteúdos (mgplanta^{-1}) médios de P nas mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> , ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação entre os níveis de estresse hídrico.....	

	níveis de estresse hídrico.....	52
11	Teores (gKg^{-1}) e conteúdos (mgplanta^{-1}) médios de K nas mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> , ao final da rustificação, considerando cada tratamento e a significância do teste F.....	54
12	Teores (gKg^{-1}) e conteúdos (mgplanta^{-1}) médios de K nas mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> , ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação entre as doses de potássio.....	54
13	Teores (gKg^{-1}) e conteúdos (mgplanta^{-1}) médios de K nas mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> , ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação entre os níveis de estresse hídrico.....	55
14	Teores (gKg^{-1}) e conteúdos (mgplanta^{-1}) médios de Ca nas mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> , ao final da rustificação, considerando cada tratamento e a significância do teste F.....	57
15	Teores (gKg^{-1}) e conteúdos (mgplanta^{-1}) médios de Ca nas mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> , ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação entre as doses de potássio.....	58
16	Teores (gKg^{-1}) e conteúdos (mgplanta^{-1}) médios de Mg nas mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> , ao final da rustificação, considerando cada tratamento e a significância do teste F.....	59
17	Teores (gKg^{-1}) e conteúdos (mgplanta^{-1}) médios de Mg nas mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> , ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação entre as doses de potássio.....	60
18	Teores (gKg^{-1}) e conteúdos (mgplanta^{-1}) médios de S nas mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> , ao final da rustificação, considerando cada tratamento e a significância do teste F.....	61
19	Teores (gKg^{-1}) e conteúdos (mgplanta^{-1}) médios de S nas mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> , ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação entre as doses de potássio.....	63

20	Média dos teores (gKg^{-1}) de S nas raízes de mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> , ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação dentro de cada nível de estresse hídrico.....	63
21	Média dos teores (gKg^{-1}) de S nas raízes de mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> , ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação dentro de cada dose de potássio.....	64
22	Média dos conteúdos (mgplanta^{-1}) de S nas raízes de mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> , ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação dentro de cada nível de estresse hídrico.....	65
23	Média dos conteúdos (mgplanta^{-1}) de S nas raízes de mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> , ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação dentro de cada dose de potássio.....	65
24	Teores (mgKg^{-1}) e conteúdos ($\mu\text{gplanta}^{-1}$) médios de B nas mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> , ao final da rustificação, considerando cada tratamento e a significância do teste F.....	67
25	Teores (mgKg^{-1}) e conteúdos ($\mu\text{gplanta}^{-1}$) médios de B nas mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> , ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação entre as doses de potássio.....	67
26	Média dos teores (mgKg^{-1}) de B na haste de mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> , ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação dentro de cada dose de potássio.....	67
27	Média dos teores (mgKg^{-1}) de B na haste de mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> , ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação dentro de cada nível de estresse hídrico.....	68
28	Média dos teores (mgKg^{-1}) de B nas folhas de mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> , ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação dentro de cada nível de estresse hídrico.....	69
29	Média dos teores (mgKg^{-1}) de B nas folhas de mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> , ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação dentro de cada dose de potássio.....	69

30	Teores (mgKg^{-1}) e conteúdos ($\mu\text{gplanta}^{-1}$) médios de Cu nas mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> , ao final da rustificação, considerando cada tratamento e a significância do teste F.....	71
31	Teores (mgKg^{-1}) e conteúdos ($\mu\text{gplanta}^{-1}$) médios de Cu nas mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> , ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação entre as doses de potássio.....	71
32	Teores (mgKg^{-1}) e conteúdos ($\mu\text{gplanta}^{-1}$) médios de Cu nas mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> , ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação entre os níveis de estresse hídrico.....	72
33	Teores (mgKg^{-1}) e conteúdos ($\mu\text{gplanta}^{-1}$) médios de Fe nas mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> , ao final da rustificação, considerando cada tratamento e a significância do teste F.....	73
34	Teores (mgKg^{-1}) e conteúdos ($\mu\text{gplanta}^{-1}$) médios de Fe nas mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> , ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação entre as doses de potássio.....	74
35	Teores (mg.Kg^{-1}) e conteúdos ($\mu\text{g.planta}^{-1}$) médios de Fe nas mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> , ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação entre os níveis de estresse hídrico.....	74
36	Teores (mgKg^{-1}) e conteúdos ($\mu\text{gplanta}^{-1}$) médios de Mn nas mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> , ao final da rustificação, considerando cada tratamento e a significância do teste F.....	76
37	Teores (mgKg^{-1}) e conteúdos ($\mu\text{gplanta}^{-1}$) médios de Mn nas mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> , ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação entre as doses de potássio.....	76
38	Teores (mgKg^{-1}) e conteúdos ($\mu\text{gplanta}^{-1}$) médios de Mn nas mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> , ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação entre os níveis de estresse hídrico.....	77
39	Teores (mg.Kg^{-1}) e conteúdos ($\mu\text{g.planta}^{-1}$) médios de Zn nas mudas de	

	<i>Eucalyptus grandis</i> , ao final da rustificação, considerando cada tratamento e a significância do teste F.....	78
40	Teores (mgKg^{-1}) e conteúdos ($\mu\text{gplanta}^{-1}$) médios de Zn nas mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> , ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação entre as doses de potássio.....	79
41	Teores (mgKg^{-1}) e conteúdos ($\mu\text{gplanta}^{-1}$) médios de Zn nas mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> , ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação entre os níveis de estresse hídrico.....	79
42	Média dos teores de clorofila entre os tratamentos e resultado estatístico da significância a 5%.....	80
43	Média dos teores de clorofila considerando as doses de potássio e o resultado estatístico da comparação.....	80
44	Média dos teores de clorofila considerando o nível de estresse hídrico e o resultado estatístico da comparação.....	81
45	Percentagem de plantas vivas nos diferentes tratamentos após 8 semanas e o resultado estatístico do Teste Log-Rank.....	86
46	Percentagem de plantas vivas, após 8 semanas, considerando as doses de K e resultado estatístico do Teste Log-Rank.....	88
47	Percentagem de plantas vivas, após 8 semanas, considerando os níveis de estresse hídrico e resultado estatístico do Teste Log-Rank.....	88
48	Percentagem de plantas vivas, após 8 semanas, considerando as doses de potássio dentro de cada nível de estresse hídrico e o resultado estatístico da comparação.....	88
49	Percentagem de plantas vivas, após 8 semanas, considerando os níveis de estresse hídrico dentro de cada dose de potássio e o resultado estatístico da comparação.....	89

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1 Estimativa da transpiração ao longo do dia de mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> submetidas a dois manejos hídricos e a quatro doses de potássio durante a rustificação.....	82
2 Estimativa da transpiração ao longo do dia de mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> submetidas a dois manejos hídricos durante a rustificação.....	83
3 Estimativa da transpiração ao longo do dia de mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> submetidas a quatro doses de potássio durante a rustificação.....	83
4 Estimativa da transpiração de mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> submetidas a dois manejos hídricos e quatro doses de potássio durante a rustificação.....	84
5 Estimativa da transpiração de mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> durante a rustificação.....	85

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos do manejo hídrico e da adubação potássica realizados durante a fase de rustificação, na qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* e o desempenho das mesmas no campo. Os experimentos de viveiro e de campo foram conduzidos na Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP, campus de Botucatu no ano de 2001 e 2002. O manejo hídrico foi determinado com base na tensão de retenção de água pelo substrato. O ensaio constituiu-se de um fatorial 2X4, sendo dois manejos hídricos (mudas irrigadas ao atingir as tensões de retenção de água pelo substrato de 0,01 MPa ou 1,5 MPa) e quatro doses de K (0, 75, 150 e 300 mgL⁻¹). Foram feitas avaliações de: altura da parte aérea, diâmetro de colo, matéria seca da parte aérea e da radicular, matéria seca total, área foliar e relação altura da parte aérea / diâmetro de colo das mudas, bem como foram feitas determinações de clorofila, transpiração e dos teores dos nutrientes das diferentes partes da planta. Semanalmente e durante dois meses após o plantio no campo foi feita a avaliação de sobrevivência das mudas no campo. Os resultados indicaram que houve influência dos tratamentos nas características que definem a qualidade da muda. As características morfológicas foram pouco influenciadas pelos fatores estudados. Somente a matéria seca radicular (MSR) diferiu estatisticamente em função dos tratamentos aplicados, sendo que a dose maior de K produziu maior MSR. O estresse hídrico não teve efeito nas características morfológicas. Com relação às características fisiológicas, observou-se que tanto o teor de clorofila quanto a transpiração foram influenciadas pelos tratamentos. Os maiores teores de clorofila foram encontrados nas mudas submetidas ao maior estresse hídrico e

maiores doses de K. As maiores taxas de transpiração foram observadas nas mudas dos tratamentos submetidos ao estresse hídrico mínimo. A transpiração foi uma característica bastante influenciada pelos níveis de estresse hídrico e o K teve uma importância secundária nessa característica. Apesar de ocorrer uma queda na transpiração com o aumento de K não houve variação significativa entre os tratamentos sem aplicação de K ou com dose máxima desse nutriente. A avaliação nutricional mostrou que ao final da rustificação, as mudas apresentaram alguns elementos, principalmente os micronutrientes, abaixo dos níveis adequados para a espécie. Para os nutrientes que foram influenciados pelo estresse hídrico, os teores foram maiores nas mudas submetidas ao maior estresse, exceção feita ao P, que teve seus teores maiores nas mudas submetidas ao nível mínimo de estresse. Com relação às doses de K, notou-se efeito positivo, principalmente nos teores de K e S. A análise mostrou ainda o efeito positivo das doses de K sobre a quantidade dos nutrientes nas raízes. Quanto ao desempenho das mudas no campo, as análises mostraram que os tratamentos com as maiores taxas de sobrevivência foram T4 (máxima dose de K com mínimo estresse), T8 e T5 (estresse elevado com máximo de K e sem K, respectivamente). Separando-se os efeitos de cada fator, observou-se que quando as mudas foram submetidas a mínimo estresse a maior dose de K (300 mgL^{-1}) foi fundamental para a sobrevivência, mas quando as mudas foram submetidas ao máximo estresse não houve efeito das doses de K. Concluiu-se que a rustificação, com vistas a melhor sobrevivência das mudas no campo, pode ser obtida tanto aplicando doses de 300 mgL^{-1} de K quanto mantendo um potencial de água no substrato de $-1,5 \text{ MPa}$.

EFFECTS OF WATER MANAGEMENT AND POTASSIUM APPLICATION ON THE QUALITY OF SEEDLINGS OF *Eucalyptus grandis* W. (Hill ex. Maiden). Botucatu, 2003. 100 p. Thesis (Doutorado em Agronomia / Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: MAGALI RIBEIRO DA SILVA

Adviser: ANTONIO EVALDO KLAR

SUMMARY

The objective of this study was to evaluate the effect of the water and potassium management applied during hardening on the quality of seedlings of *Eucalyptus grandis* and the performance in the field. The experiments had been lead in the College of Agronomical Sciences of the UNESP, Botucatu. The water management was determined based on minimum two substratum water potentials (- 0.01 and - 1.5MPa). The experiment consisted of a factorial 2X4, being two water management and four doses of K (0, 75, 150 and 300 mgL⁻¹). The evaluations had been made through shoot height, stalk diameter, shoot and root dry weight, total dry weight, leaf area and shoot height / stalk diameter, transpiration, chlorophyll content and nutritional characterization of the different parts of the seedlings. The evaluation of survival of the seedlings in the field was weekly made during two months after the plantation. The treatments affected the quality of the seedlings. Only root dry weight statistically differed in function of the applied treatments, being that the maximum dose of K produced greater root dry weight. The water management have not effect on the morphologic characteristics. The greater chlorophyll content had been found in seedlings submitted to the greater water stress and K doses. Greater transpiration had been observed in the seedlings of the treatments submitted to minimum water stress. Transpiration was a characteristic sufficiently influenced by the levels of water stress and the K had a secondary importance in

this characteristic. The nutritional evaluation mainly showed that the seedlings had presented some elements, mainly the micronutrients, below of the levels adjusted for the species on the end of the hardening. The concentration had been larger in the seedlings submitted to the greater water stress, for the nutrients influenced by water stress, with exception to P, that had larger concentration in the seedlings submitted to the minimum level of water stress. Positive effect was noticed, mainly in concentration of K and S in relation to the doses of K. The analysis still showed the positive effect of the doses of K on the amount of the nutrients in the roots. The analyses had shown that the treatments with the greater survival had been T4 (maximum dose of K with water stress minimum), T8 and T5 (water stress high with maximum of K and without K, respectively). It was observed that when the seedlings had been submitted the minimum water stress, the greater dose of K (300 mg L^{-1}) was basic for the survival, but when the seedlings had been submitted to the maximum water stress, the doses of K were not affected. The hardening can be get through 300 mg K L^{-1} and/or maintaining -1.5 MPa minimum substratum water potential for the best seedling survival in the field.

1. INTRODUÇÃO

O setor florestal brasileiro mantém cerca de 4,8 milhões de ha de florestas plantadas de rápido crescimento, sendo que cerca de 3 milhões são correspondentes a plantações de *Eucalyptus* (www.sbs.org.br) e as espécies mais utilizadas são *E. grandis*, *E. urophylla* e *E. saligna* (SILVEIRA et al., 1995 ¹, citado por SILVEIRA et al., 2001). Com um PIB atual de US\$ 21 bilhões, que corresponde a 4% do PIB Nacional (www.sbs.org.br), o setor florestal tem perspectivas bastante positivas para os próximos anos. Segundo dados da FAO (www.fao.org) de 2002 há previsão de aumento no consumo de papel e celulose no Brasil de 5 a 6% ao ano, tendo a necessidade do acréscimo de 4,3 milhões de toneladas de papel e 3,6 milhões de toneladas de celulose até 2005, sendo para isso necessários investimentos na indústria, na compra de terras e reflorestamentos na ordem de US\$ 13 bilhões.

¹ SILVEIRA, R.L.V.A., GONÇALVES, J.L.M., GONÇALVES, A.N., BRANCO, E.F. **Levantamento e estudo do mercado de fertilizantes em florestas brasileiras**. Relatório técnico, IPEF, 1995. 117p. (trabalho não publicado).

Dentro desse contexto, torna-se fundamental o aumento da produtividade dos reflorestamentos, que se torna possível devido às pesquisas nas várias áreas da silvicultura: melhoramento genético, viveiros, implantação, adubação, proteção, exploração.

No que tange à área de viveiros, há a necessidade de melhorar a qualidade das mudas, definindo características que melhor se relacionem com o desempenho das mudas no campo. Além disso, redefinir os procedimentos de manejo do viveiro, principalmente o hídrico para viabilizar essa qualidade e se adequar às normas de qualidade ambiental.

Até o momento, as avaliações de qualidade das mudas feitas nos viveiros florestais, tanto de grandes quanto de pequenas empresas, são baseadas em características morfológicas como altura e diâmetro. Porém, dado o avanço da atual silvicultura brasileira, é imprescindível avançar nessa área, definindo outras características que possam se mostrar mais efetivas para definir qualidade.

O processo de produção de mudas florestais pode ser dividido em 3 etapas, sendo elas: a fase de germinação ou enraizamento (dependendo do método de produção), a fase de crescimento e a fase de rustificação. Essa última etapa é de grande importância para a adaptação das mudas às condições de campo e a forma de adaptá-las baseia-se na aplicação de um ou mais tipos de estresse. No caso específico brasileiro, os mais importantes são o estresse hídrico e o estresse nutricional. Esses estresses causam alterações morfológicas e fisiológicas que interferem na capacidade da muda resistir às condições adversas do campo, conseqüentemente na sua qualidade.

Contudo, ainda são incipientes os trabalhos que correlacionam a aplicação desses estresses com a sobrevivência no campo. Blake & Suiter Filho (1988) também mencionam que estudos correlacionando parâmetros morfológicos e fisiológicos das mudas com o crescimento no campo ainda são poucos. Silva (1998) concluiu em seu trabalho que características fisiológicas, principalmente a transpiração, devem fazer parte dos parâmetros para avaliar a qualidade da muda, já que se mostrou relacionada com a sobrevivência no campo. Os trabalhos encontrados sempre demonstram a relação do estresse hídrico com alterações fisiológicas nas mudas, mas a relação dessas com o desempenho no campo não.

Na tentativa de contribuir para o entendimento de algumas questões ainda pouco estudadas no que diz respeito à qualidade de muda florestal, o presente estudo teve por objetivos:

- a) verificar a relação do manejo hídrico e doses de potássio, aplicados a muda na fase de rustificação, com as características morfológicas, fisiológicas e nutricionais das mudas de *Eucalyptus grandis*;
- b) verificar a influência desses tratamentos de rustificação na sobrevivência das mudas em condições de campo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Água na Planta

A água é uma das substâncias mais comuns e importantes da superfície terrestre. Quase todos os processos ocorridos na planta são afetados direta ou indiretamente pelo suprimento de água (KRAMER & BOYER, 1995). Sua estrutura e propriedades influenciam fortemente a estrutura e propriedades das proteínas, membranas, ácidos nucleicos, e outros constituintes das células (TAIZ & ZEIGER, 1998). A polaridade de cada molécula, devido à carga negativa do oxigênio e a positiva dos átomos de hidrogênio, possibilita a união das moléculas de água entre si e com outras substâncias. Essa disposição estrutural explica a facilidade de hidratação dos íons e macromoléculas polivalentes, assim como as propriedades de coesão, adesão e tensão superficial que tem um papel decisivo nos mecanismos de transporte de água pelo xilema (COLL et al., 1992).

Na célula, a água está quimicamente associada aos constituintes do protoplasma, o qual é constituído essencialmente de água e proteína. Na hidratação, a água

está associada aos íons ou dissolvendo substâncias orgânicas e macromoléculas ou ainda preenchendo os espaços entre as finas estruturas do protoplasma e a parede celular (LARCHER, 2000). O conteúdo de água nas paredes celulares varia muito de célula para célula podendo chegar a 50% - com base em volume (REICHARDT, 1985). Como água de estoque, preenche os vacúolos ou vesículas celulares (LARCHER, 2000). No vacúolo o conteúdo chega a 98% e os restantes 2% são açúcares, ácidos orgânicos e sais minerais. Todos são importantes nos fenômenos osmóticos da célula (REICHARDT, 1985). Como água intersticial, serve como meio de transporte aos espaços intercelulares e, finalmente, como água vascular, funciona de meio de transporte aos elementos condutores do xilema e do floema (LARCHER, 2000). A composição da solução no xilema e floema é geralmente bem diferente. No xilema há principalmente água com sais absorvidos do solo e no floema, água com produtos metabólicos produzidos pela fotossíntese (REICHARDT, 1985).

Citando Coll et al. (1992) e Kramer & Boyer (1995), entre as funções mais importantes da água na planta estão:

- constituinte do citoplasma, que junto com macromoléculas coloidais (proteínas), determinam sua estrutura e grau de agregação. A água é importante tanto quantitativamente como qualitativamente, constituindo 80 a 90% do peso verde da maioria das plantas herbáceas e acima de 50% do peso verde de plantas lenhosas;
- solvente de gases, íons e solutos que pela permeabilidade das membranas celulares da água, estabelece um sistema contínuo em toda a planta;
- em muitas reações a água participa diretamente como metabólico: processos de óxido-redução na fotossíntese e na respiração celular, ATPases, hidrolases, etc.;

- manutenção da turgescência celular, que é essencial para o alongamento e crescimento da célula, para manutenção da forma de plantas herbáceas, para a abertura do estômato e movimento das folhas, pétalas e várias estruturas especializadas da planta.

A quantidade de água nas plantas não é constante, sofre variação durante o dia ou noite e nas diferentes estações e fases de desenvolvimento. Cerca de 5% da quantidade total da água absorvida pelas plantas é utilizada no metabolismo e o restante, no processo de transpiração (KUDREV, 1994).

Transpiração, absorção e transporte de água das raízes até as superfícies transpirantes são processos básicos acoplados e inseparáveis do balanço hídrico. O déficit de pressão de vapor do ar é a força motora para a transpiração e a quantidade de água no solo é fator decisivo para o abastecimento hídrico da planta (LARCHER, 2000). A retirada de água do solo pelas plantas depende, em primeiro lugar, da configuração do sistema radicular, isto é, da distribuição e ocupação efetiva do perfil do solo pelas raízes finas (LIMA, 1993).

O transporte de água na planta pode ser visto como um simples sistema de entrada e saída, onde a água do solo é a entrada e a transpiração das plantas é a saída (MCDONALD & RUNNING, 1988) ou um sistema hidráulico contínuo, conectando a água do solo com o vapor de água da atmosfera, em resposta a um gradiente de potencial hídrico (TAIZ & ZAIGER, 1998). A água entrará com maior rapidez através das regiões da raiz que ofereçam menor resistência ao seu movimento, dependendo de uma diversidade de fatores e da espécie em questão (SÁNCHEZ-DIAZ & AGUIRREOLEA, 1993). Sob condições ótimas, a água perdida pela transpiração é repostada pela raiz ao longo do dia (MCDONALD & RUNNING, 1988), embora haja algum atraso entre absorção de água pela raiz e a transpiração devido às resistências internas, principalmente quando esta transpiração atinge valores mais

elevados (KLAR, 1984). Como resultado da absorção da água pelas raízes finas, um gradiente de potencial se desenvolve entre a região imediatamente ao redor dessas raízes e as demais partes do perfil do solo, induzindo dessa forma a movimentação da água do solo em direção às raízes finas. À medida que o solo vai se tornando mais seco, esse fluxo de água começa a se tornar cada vez mais difícil e a transpiração das plantas tende a diminuir concomitantemente (LIMA, 1993).

A transpiração nas plantas processa-se segundo as leis que regem a evaporação da água de superfícies úmidas. A água evapora de toda a superfície externa da planta e também de toda a superfície interna que está em contato com o ar. Nos espaços intercelulares, a água primeiramente passa da fase líquida para a fase gasosa e depois escapa para o exterior pelo aparato estomático. O vapor d'água se difunde do corpo da planta em direção ao exterior, alcançando a atmosfera aberta (LARCHER, 2000). Os fatores externos influenciam a transpiração na medida em que alteram a diferença de pressão de vapor entre a superfície da planta e o ar que a envolve. Entre esses fatores estão a umidade atmosférica, a umidade do solo, a concentração de CO_2 atmosférico, a iluminação, a concentração de oxigênio, a temperatura e a velocidade do vento (COLL et al., 1992).

Segundo Inoue & Ribeiro (1988), a transpiração é um fenômeno bastante influenciado pelas condições do ambiente, principalmente a temperatura e a saturação de vapor de água. Sob condições idênticas, diferenças na transpiração podem indicar um mecanismo estomático com maior ou menor eficiência, implicando na economicidade de água pela planta.

Estudos de eficiência de uso da água mostram que a produção de matéria seca total é linearmente proporcional à quantidade de água usada. Ao longo da evolução, tem sido desenvolvida alteração no metabolismo e tem aumentado a capacidade da

planta para resistir a um suprimento de água limitante, particularmente na fotossíntese (KRAMER & BOYER, 1995).

2.2. Estresse Hídrico

Segundo Salisbury & Ross (1992), em 1972, Jacob Levitt propôs uma definição para estresse biológico derivado da ciência física. O termo “stress strain” foi utilizado para denotar a causa e o efeito do estresse. Por exemplo, uma força aplicada em uma barra de aço seria a causa (“stress”) e a alteração que ocorre na dimensão desse objeto, por exemplo, a curvatura formada, o efeito (“strain”). O estresse biológico, por analogia, foi definido como qualquer mudança nas condições ambientais capaz de reduzir ou alterar o crescimento ou o desenvolvimento da planta. O “strain” biológico seria a alteração das funções normais da planta.

Em uma definição mais recente, estresse é considerado como um desvio significativo das condições ótimas para a vida e induz a mudanças e respostas em todos os níveis funcionais do organismo, as quais são reversíveis a princípio, mas podem se tornar permanentes (LARCHER, 2000). Essa reversibilidade é devido à capacidade elástica dos organismos para suportar tensões, onde funções fisiológicas são somente alteradas temporariamente, mas retornam ao normal após o estresse ser aliviado. Porém, após níveis maiores de estresse surge uma tensão plástica, onde alterações permanentes (muitas vezes danos e morte) ocorrem (PALLARDY, 1986). De acordo com Lima (1995), a eficiência no uso da água pode ser entendida como um eficiente mecanismo evolutivo pelo qual a planta adquire maior elasticidade para enfrentar possíveis déficits hídricos.

Segundo Larcher (2000), de acordo com o conceito dinâmico de estresse, o organismo sob estresse atravessa uma sucessão de fases características. A primeira delas é a fase de alarme onde ocorre o início do distúrbio com perda da estabilidade das estruturas (por exemplo, proteínas biomembranas) e das funções que mantêm as atividades vitais (processos bioquímicos e metabolismo de produção de energia). Essa situação leva a uma fase de resistência, na qual, sob estresse contínuo, a resistência aumenta (rustificação). Devido à melhora na estabilidade, a normalização acontece mesmo sob estresse contínuo (adaptação). Se o estado de estresse é muito demorado ou se a intensidade do fator estresse aumenta, um estado de exaustão pode ocorrer na fase final, deixando a planta suscetível às infecções que ocorrem como consequência da diminuição das defesas do hospedeiro. No entanto, se a atuação do estressor é meramente temporária, o estado funcional é restaurado ao seu nível original. Se necessário, qualquer dano ocasionado pode ser reparado na fase de restituição.

A resposta ao estresse pode ser vista como uma situação de competição entre o esforço da planta para se adaptar e os processos potencialmente letais no protoplasma. Dessa forma, a dinâmica do estresse compreende a perda de estabilidade, um componente destrutivo (“diestresse”), bem como a promoção da resistência e do restabelecimento (“eustresse”). Coerção, adaptação e resistência são componentes inter-relacionados de um mesmo evento. Os organismos respondem de maneira diferente a um estressor, dependendo de sua “norma de reação” geneticamente determinada. Além disso, a natureza e a intensidade da resposta de diferentes indivíduos de uma mesma espécie vegetal podem variar de maneira considerável, dependendo da idade, grau de adaptação e da atividade sazonal ou mesmo diária (LARCHER, 2000).

São três os mecanismos de resistência à seca. No primeiro deles existe o adiamento à desidratação (capacidade de manter o tecido hidratado), também citado muitas vezes como tolerância à seca num alto potencial hídrico (TAIZ & ZEIGER, 1998), é um mecanismo que evita à desidratação. Para isso, a planta desenvolve algumas adaptações, tais como, sistemas radiculares dispersos e profundos, folhas cutinizadas e bom controle estomático da transpiração (COLL et al., 1992). No segundo, há a tolerância à desidratação (capacidade de manter suas funções mesmo quando desidratado) ou também chamada de tolerância à seca num baixo potencial hídrico (TAIZ & ZEIGER, 1998). Nesse caso, a capacidade de muitas plantas tolerar o estresse hídrico é fortemente dependente de sua capacidade de ajuste osmótico, que é o mecanismo que facilita um gradiente osmótico favorável para manutenção do turgor da célula através do acúmulo de solutos (KOPPENAAL et al., 1991). Correia et al. (1989) relataram o ajuste osmótico e a alteração na elasticidade da parede celular como mecanismos de adaptação ao estresse hídrico, sendo que a intensidade de ajuste osmótico é influenciada pelo grau desse estresse. Kirschbaum (1987) concluiu em seu trabalho que a redução na elasticidade da parede celular pode ser mais importante para a resistência à seca do que o ajuste osmótico, particularmente em plantas repetidamente estressadas. O terceiro tipo é o de escape à seca, compreendendo plantas que completam o seu ciclo de vida durante a estação chuvosa, antes do início da estação seca (TAIZ & ZEIGER, 1998). De acordo com Sánchez-Díaz & Aguirreolea (1993), plantas com esse mecanismo, em geral, não são resistentes à seca. Nessa categoria incluem as plantas vasculares anuais de vida curta que germinam depois de chuvas muito intensas e que rapidamente completam seu ciclo de desenvolvimento, passam a estação seca em forma de sementes, não sofrendo lesões por desidratação.

McKersie & Ya'acov (1994) citam outras estratégias protetoras contra o estresse hídrico: mudança da posição e dimorfismo foliar, redução no tamanho da célula, regulação estomática, absorção do orvalho, osmorregulação, produção de pelos radiculares e micorriza e alteração hormonal.

Na maioria dos casos, o estresse é medido em relação à sobrevivência das plantas, à produção no campo, ao crescimento (acúmulo de biomassa), ou processos assimilatórios primários (absorção de CO₂ e nutrientes) (TAIZ & ZEIGER, 1998). A primeira e mais sensível resposta ao déficit hídrico é a diminuição da turgescência e, associada a esse evento, cessação do alongamento celular, fechamento dos estômatos, redução na fotossíntese e, conseqüentemente, a diminuição do processo de crescimento (particularmente o crescimento em extensão) (KRAMER & BOYER, 1995; LARCHER, 2000). O metabolismo das proteínas e dos aminoácidos é logo limitado e ocorre diminuição da síntese de várias enzimas, sendo a nitrato redutase uma das mais inibidas. Mesmo um estresse hídrico moderado é suficiente para desencadear a síntese de ácido abscísico (ABA), a partir de carotenóides na raiz. Esse ácido é, em seguida, transportado como um “sinal da raiz” para diferentes partes da planta, onde induz uma variedade de efeitos. Nas folhas, o ABA induz o fechamento estomático. Ocorre uma alteração na alocação de assimilados, sob influência de hormônios sintetizados nas folhas e nas raízes em resposta à seca, a relação em termos de crescimento entre a parte aérea e a parte subterrânea é alterada, características morfogênicas específicas desenvolvem-se e, geralmente, o processo reprodutivo inicia-se prematuramente. Se o grau de desidratação aumenta, os processos catabólicos tornam-se predominantes, a senescência é acelerada e as folhas mais velhas sofrem dessecação e, posteriormente abscisão. Quando a turgescência começa a diminuir são iniciadas medidas osmorregulatórias. A combinação de síntese de compostos orgânicos nitrogenados e a conversão de amido em carboidratos solúveis ocasiona

o acúmulo de substâncias orgânicas de baixo peso molecular nos compartimentos celulares e no citosol, promovendo o influxo de água. Essas medidas ajudam na manutenção do volume celular e, assim, retardam a perda de turgescência no mesofilo e nas células-guarda, o que significa a manutenção por um tempo maior da abertura estomática e da assimilação de CO₂ (LARCHER, 2000). Eventualmente, a desidratação contínua causa desorganização do protoplasma e morte da maioria dos organismos (KRAMER & BOYER, 1995).

Segundo Coll et al. (1992), podem-se dividir os efeitos causados pelo déficit hídrico em efeitos químicos e hidráulicos e efeitos fisiológicos e metabólicos. Entre os efeitos químicos e hidráulicos estão: redução do potencial hídrico ou atividade da água celular, diminuição da pressão de turgor, concentração de moléculas à medida que diminui o volume celular com a redução da turgescência, alteração de relações espaciais na membrana plasmática, no tonoplasto e nas membranas de órgãos devido às mudanças de volume, alteração na estrutura ou configuração das macromoléculas como consequência da eliminação da água de hidratação ou modificação da estrutura desta água. Com relação aos efeitos em processos fisiológicos e metabólicos estão: redução do crescimento (sendo a expansão celular especialmente sensível, já a divisão celular, embora afetada pelo estresse hídrico, é menos sensível que a expansão celular), modificação da morfologia vegetal, como por exemplos aumento na relação raiz/parte aérea, aumento da abscisão de folhas e frutos, diminuição do tamanho das folhas, diminuição na taxa de transpiração, que é sempre acompanhada de uma diminuição na absorção de CO₂ e, portanto, da fotossíntese, sendo essa última também afetada através de seus efeitos sobre os processos enzimáticos, transporte eletrônico e conteúdo de clorofila, aumento das reações de degradação em relação às de síntese, diminuição da síntese de proteína, aumento da concentração de aminoácidos livres, especialmente a prolina, a

glicina, as poliaminas e os açúcares, aumento da atividade da peroxidase e na formação de peróxido de hidrogênio.

Corroborando com essas informações, muitos pesquisadores constataram em seus trabalhos os efeitos do estresse hídrico: a redução da capacidade fotossintética (KRAMER, 1962; STONEMAN et al., 1994; STONEMAN et al., 1995), a redução na produção de matéria seca da parte aérea e radicular, (SILVA, 1998; ISMAEL, 2001), a redução no potencial hídrico foliar, no conteúdo relativo de água e na condutância estomática (KLAR et al., 1978), o aumento da mortalidade das plantas (TESKEY & HINCKLEY, 1986), a diminuição da taxa de transpiração, a maior eficiência no uso de água (KLAR et al., 1985; SEILER & JOHNSON, 1988; MYERS & LANDSBERG, 1989; SILVA, 1998; ISMAEL, 2001), a paralisação no crescimento em altura e posteriormente em diâmetro (REIS et al., 1988), a alteração na relação raiz/parte aérea, na condutividade hidráulica das raízes, no potencial osmótico do tecido, na condutância estomática e no conteúdo relativo de água no fechamento do estômato (MYERS & LANDSBERG, 1989), o ajuste osmótico e a alteração na elasticidade da parede celular (CORREIA et al., 1989), a redução da altura, do número de folhas, da matéria seca e aumento da resistência estomática à perda de água (OLIVA et al., 1989), a redução na taxa de crescimento da área foliar (STONEMAN et al., 1994, LEMCOFF et al., 1997; SILVA, 1998), a desestabilização da estrutura da membrana, a função estomática prejudicada, a redução do crescimento da raiz (MCKERSIE & YA'ACOV, 1994), a alteração na distribuição dos nutrientes dentro da planta (LIMA et al., 1997a), a alteração na partição de carbono em favor das raízes (LIMA et al., 1997b), o aumento nos teores e conteúdos de açúcares solúveis totais e de amido (LIMA et al., 1997c), o aumento na relação massa de matéria seca / massa de matéria fresca e aumento no módulo de elasticidade

(LI, 1998a), o aumento da taxa de fotossíntese líquida, a diminuição da espessura das folhas, o aumento do teor de clorofila (ISMAEL, 2001).

2.3. Potássio na Planta

O potássio é caracterizado pela alta mobilidade na planta em todos os níveis - dentro da célula, dentro dos tecidos, e no transporte à longa distância via xilema e floema. Ele é o cátion mais abundante no citoplasma e juntamente com os ânions acompanhantes têm a maior contribuição para o potencial osmótico das células e tecidos das plantas (MARSCHNER, 1995).

Segundo Malavolta et al. (1997), de um modo geral, as raízes contém cerca de 16% do potássio total da planta. Nas células das raízes a concentração do potássio no vacúolo é de 1/10-1/5 da encontrada no citoplasma. Nas folhas, o citoplasma, o núcleo e os cloroplastos têm concentração de potássio semelhante e que é o dobro da encontrada no vacúolo.

De acordo com Marschner (1995), o potássio do citosol e do cloroplasto não é substituído por outros cátions inorgânicos como o Na^+ , ao contrário, nas funções osmóticas, o K^+ do vacúolo pode ser substituído por outros cátions (Na^+ , Mg^{+2} , Ca^{+2}) ou solutos orgânicos (açúcares).

Embora a maioria das plantas necessite de quantidades relativamente grandes de potássio, não tem sido encontrado nenhum metabólito vegetal que contenha este elemento (COLL et al., 1992). Para a espécie *Eucalyptus grandis*, os valores adequados de potássio nas folhas estão na faixa de 9 a 10 gKg^{-1} (em povoamentos de alta produtividade) e 8,5 a 9,0 gKg^{-1} (em povoamentos de média produtividade) (SILVEIRA et al., 2000).

O principal papel do potássio é de atuar como ativador de numerosas enzimas entre elas: ATPase, succinil CoA sintetase, piruvato quinase. Ainda não está claro o porque da necessidade de elevadas concentrações nas plantas para uma ação simplesmente catalítica. Alguns pesquisadores têm sugerido que o potássio mantém um ambiente iônico apropriado para preservar a estrutura tridimensional necessária para se ter uma atividade ótima (COLL et al., 1992). O potássio também parece desempenhar um papel importante em processos osmóticos, na síntese de proteínas e na manutenção de sua estabilidade na permeabilidade da membrana, no controle do pH, embora não se conheça com clareza o modo como isso se dá (MALAVOLTA et al., 1997), no mecanismo de abertura e fechamento dos estômatos (COLL et al., 1992; EPSTEIN, 1995; MALAVOLTA et al., 1997) e no transporte de açúcares no floema (COLL et al., 1992). O potássio parece ter um papel principalmente osmótico, o qual pode ser visto na operação das células-guarda dos estômatos. Nelas, as variações no turgor resultam de mudanças na concentração de K^+ , em alguns casos acompanhado por Cl^- ou um ânion orgânico (MALAVOLTA et al., 1997). Os aumentos de concentração de K^+ , nas células oclusivas quando o estômato passa de fechado para aberto, é da ordem de 0,3 Molar. Esses aumentos por si só, causam diminuição de uns 0,6 MPa no potencial osmótico. Além disso, deve-se levar em conta os aumentos na concentração de outros íons necessários para manter a eletroneutralidade, entre eles o Cl^- (até 40% da quantidade do K^+ acumulado) . O restante de carga positiva é compensado por uma saída equivalente de prótons procedentes da dissociação de diversos ácidos (principalmente o málico). O aumento da concentração do ânion malato também contribui para a diminuição do potencial osmótico. O acúmulo de malato e K^+ no vacúolo das células oclusivas leva a abertura estomática. A entrada e saída de K^+ se realiza por canais iônicos cujo funcionamento depende da polarização da membrana plasmática resultante do bombeamento de prótons. Com a

membrana fortemente polarizada (-90 a -150 mV), funciona só como canal de entrada; ao contrário, potenciais de membrana entre -20 e -80 mV ativam o canal de saída de K^+ . A atividade destes canais depende também da concentração de cálcio no citosol. Um aumento da concentração de ABA provoca aumento da concentração citosólica de Ca^{+2} , o qual facilita a saída de K^+ e o fechamento dos estômatos. Para fechar os estômatos é fundamental a diminuição da quantidade de malato (COLL et al., 1992).

O efeito do potássio na atividade das enzimas está relacionado com a mudança na conformação das moléculas, a qual aumenta a exposição dos sítios ativos para ligação com o substrato. É possível que uma das razões para as altas exigências potássicas seja a necessidade de concentrações elevadas no citoplasma, principalmente para garantir o ótimo da atividade enzimática (MALAVOLTA et al., 1997).

Em plantas bem supridas de potássio, a taxa de transpiração não depende só do potencial osmótico das células do mesófilo, mas também do controle que exerce sobre a abertura e fechamento dos estômatos. O fluxo de potássio nas células-guarda aumenta o nível de ácido abscísico que causa o fechamento dos estômatos (MARSCHNER, 1995).

De acordo com Silveira et al. (2001), para *Eucalyptus spp.*, a relação N/K adequada na fase inicial de crescimento está na faixa de 1,4 a 2,0, enquanto que na fase de rustificação, de 0,6 a 1,0.

Os primeiros sintomas de deficiência de potássio são manchas ou cloroses marginais. Em função do K ser mobilizado para as folhas mais jovens, esses sintomas aparecem inicialmente nas folhas mais velhas próximas à base da planta (COLL et al., 1992; EPSTEIN, 1995; TAIZ & ZEIGER, 1998). Com a evolução dos sintomas, as manchas se unem formando faixas cloróticas ou avermelhadas nas margens das folhas velhas com

posterior necrose dos tecidos (SILVEIRA et al., 1999² citados por SILVEIRA 2000). Em algumas espécies, as folhas apresentam coloração verde escura ou verde azulada confundindo-se com a deficiência de fósforo. Em condições extremas, as gemas terminais e laterais podem morrer (COLL et al., 1992). Os caules são encurtados e aumenta a susceptibilidade ao ataque de fungos (EPSTEIN, 1995).

Um outro efeito atribuído ao potássio é o aumento da resistência das plantas a secas e geadas (SILVEIRA, 2000).

O acúmulo de potássio nos vasos traqueais do xilema reduz o potencial osmótico da seiva traqueana (reduz o potencial de água) e por isso aumenta a absorção de água e a pressão das raízes das plantas. Elevadas concentrações de potássio nas células do mesofilo também provocam redução no potencial osmótico. Isso tem também efeito benéfico no consumo de água, já que o baixo potencial osmótico melhora a retenção de água. Essa seria uma das razões pelas quais as plantas bem supridas de potássio necessitam relativamente menos quantidade de água em relação à síntese de matéria orgânica (MENGEL & KIRKBY, 1982).

Segundo Teixeira et al. (1995) não há um estudo sistematizado sobre eucaliptos para avaliar a relação potássio - aspectos hídricos da planta. O que se encontra são informações ou observações casuais, como o elevado teor de potássio em solos onde naturalmente crescem espécies tolerantes à seca, por exemplo, o *Eucalyptus camaldulensis*, ou então, a freqüente observação sobre a deficiência de potássio em plantas dessa espécie crescendo em estufa e no campo.

² SILVEIRA, R.L.V.A., HIGASHI, E.N., GONÇALVES, A.N., MOREIRA, A. Avaliação do estado nutricional do *Eucalyptus*: diagnose visual, foliar e suas interpretações (compact disc). In: Simpósio Sobre Fertilização e Nutrição Florestal: Piracicaba, 1999. **Simpósio Sobre Fertilização e Nutrição Florestal 99**: trabalhos. Piracicaba IPEF/ESALQ/USP.

2.4. Qualidade de Mudas Florestais

A produção de mudas florestais, em qualidade e quantidade, é uma das fases mais importantes para o estabelecimento de bons povoamentos florestais. Várias pesquisas científicas e avanços técnicos têm sido realizados com o objetivo de melhorar a qualidade das mudas, assegurando boa adaptação e crescimento após o plantio (GONÇALVES et al., 2000). Esse fato justifica o interesse sempre mostrado na qualificação de indicadores para a sobrevivência e o crescimento inicial das mudas no campo (CARNEIRO, 1995). Este autor traz em seu livro sobre produção e qualidade de mudas florestais uma revisão sobre o assunto, desde a primeira literatura sobre classificação de mudas que se tem notícias até a última década. Considera ainda incipiente a pesquisa brasileira no tocante à determinação da qualidade de mudas e sua influência nos primeiros anos sobre o reflorestamento. Nesse trabalho, o autor apresenta resumidamente a classificação feita em alguns países e no Brasil, mais precisamente no Estado do Paraná. De acordo com esse autor, nos Estados Unidos, em 1954, estabeleceu-se a classificação de qualidade de mudas de quatro espécies de *Pinus*, baseando-se em padrões numéricos e referências fenotípicas. Mais tarde, em 1969, foram incluídos a essa classificação níveis de desenvolvimento de micorriza para caracterizar a qualidade da muda. Na Alemanha, em 1971, o Conselho da Comunidade Européia estabeleceu normas de qualidade morfológica para dez espécies. As mudas foram classificadas em dois tipos: “normais” e “menores”, com base em altura e diâmetro de colo. Na Finlândia, as mudas de raízes nuas eram classificadas apenas com base em uma altura mínima. As pesquisas para classificação envolvendo conceitos técnicos mais amplos tiveram início em 1967. A classificação de mudas produzidas em recipientes não se encontra definida. Na Austrália, na década de 70, as mudas de *Pinus elliottii* foram classificadas com base em três parâmetros

morfológicos: desenvolvimento da parte aérea, diâmetro de colo e altura da parte aérea. Esse desenvolvimento da parte aérea considerou a qualidade da haste, das acículas e a maturação do broto terminal. Na Áustria, o estabelecimento das normas de qualidade contempla a densidade de mudas de raízes nuas. As mudas são distribuídas em classes de altura, correspondendo a cada uma delas, um diâmetro mínimo de colo. A quantidade de raízes também é considerada, havendo três níveis para o seu desenvolvimento: “bem enraizada”, “desenvolvimento normal” e “raízes mal desenvolvidas, com freqüentes deformações”. No Brasil, mais especificamente no Estado do Paraná, a Comissão Estadual de Sementes e Mudas (CESM), por intermédio de sua Subcomissão Florestal (COMFLOR), foi encarregada de normatizar e difundir os padrões de qualidade. Os estudos de embasamento de classificação continuam procurando separar padrões específicos por espécie, podendo ocasionar mudanças das normas que ainda são válidas para as espécies em raiz nua ou em recipientes. Baseiam-se em densidade, altura da parte aérea e diâmetro mínimo de colo de acordo com as dimensões dos recipientes usados.

Guerreiro & Colli Júnior (1984) sugeriram que mudas de *Eucalyptus urophylla* e *E. saligna* aptas para o plantio no campo, deveriam apresentar as seguintes características: diâmetro de colo no mínimo de 2 mm, altura entre 15 e 35 cm, sem problemas sanitários aparentes, possuir raiz pivotante com forma normal, parte aérea sem bifurcações e com três pares de folhas no mínimo, haste sem tortuosidade acentuada e alto grau de rustificação.

O conceito de qualidade não é absoluto e fatores como a espécie ou o lugar do plantio das mudas influencia fortemente essa definição. Uma muda considerada de boa qualidade para uma determinada região pode não ser apropriada para outra, assim como uma conífera não pode ter o mesmo critério de qualidade que uma folhosa, pois entre outros fatores, a capacidade de controle de transpiração e as potencialidades de regeneração radicular

são muito diferentes entre elas. A época do plantio também influencia, uma vez que as condições ambientais, principalmente a pluviosidade, interferem muito na sobrevivência das plantas, logo, as mudas plantadas no outono encontrarão condições diferentes que as plantadas na primavera e, portanto, terão padrão de qualidade diferente (RUBIRA & BUENO, 1996).

Segundo Carneiro (1995), os critérios para a classificação da qualidade de mudas baseiam-se, fundamentalmente, no aumento do percentual de sobrevivência das mudas após plantio e na diminuição da frequência dos tratos culturais de manutenção do povoamento recém plantado.

A qualidade de uma muda é resultante da interação de numerosas características fisiológicas e morfológicas que controlam as possibilidades de desenvolvimento posterior das plantas (RUBIRA & BUENO, 1996). Os procedimentos de manejo do viveiro também influenciam essa qualidade. Silva (1998) relata que a irrigação em viveiros florestais, mais acentuadamente na fase de rustificação, é feita de uma forma bastante empírica, onde apenas o exame visual determina o momento e a conduta de irrigação a ser tomada (tempo e frequência). Sugere estudos para determinar as conseqüências para a muda desses manejos hídricos inadequados. Da mesma forma, Ferreira et al. (1999) demonstram a necessidade de identificar qual o melhor momento de reirrigar e qual a quantidade ideal de água a ser aplicada.

De acordo com Rubira & Bueno (1996), tudo aquilo que melhore a absorção de água pela planta no campo deve ser considerado como característica de qualidade.

Nesse aspecto, a rustificação é uma ferramenta bastante importante para o sucesso no estabelecimento da planta no campo. Segundo Gonçalves et al. (2000), ela pode ser definida como a última fase dentro do processo de produção da muda, a qual existe com o objetivo de pré-adaptar a muda às possíveis condições de estresse hídrico e nutricional

pós-plantio. Nessa fase, a muda deve passar por uma condição de oferta reduzidas de água e nutrientes, principalmente o N. Após a fase de rustificação, o caule e as folhas ficam endurecidos. Para a maioria das espécies, o colo da muda fica com a casca mais espessa e escura que a metade superior do caule. A perda de folhas deve ser mínima.

Esses efeitos da rustificação, assim como a qualificação das mudas se baseia, na maioria dos casos, em características morfológicas, até porque estas características são de fácil avaliação. Contudo, torna-se necessário determinar as alterações fisiológicas que acontecem e que podem ser mais eficientes na determinação da qualidade de mudas florestais.

Trabalhos científicos, principalmente realizados no exterior, vêm avançando na caracterização fisiológica das mudas florestais submetidas a estresses, porém são poucos os que tentam relacionar essas características com a sobrevivência e o desenvolvimento das mudas no campo.

De acordo com Rawat & Singh (2000), informações sobre a relação entre os diferentes parâmetros morfofisiológicos das mudas em viveiro permitirão selecionar a característica ou um grupo de características no programa de seleção, as quais serão úteis na avaliação do desempenho das mudas no campo. Segundo Ismael (2001), mais informações sobre interações nutrientes e água precisam ser obtidas a fim de alcançar maior eficiência no uso desses fatores de produção, visando a obtenção de mudas de melhor qualidade e aclimatadas para o plantio no campo.

Seiler & Johnson (1988), estudando *Pinus taeda* e Myers & Landsberg (1989), estudando *Eucalyptus*, verificaram alterações morfofisiológicas decorrentes do estresse hídrico aplicado às mudas. Essas alterações incluíram diminuição na taxa de transpiração e maior eficiência no uso da água, condicionamento da fotossíntese ao baixo potencial hídrico, diminuição da relação parte radicular/parte aérea.

Características fisiológicas indicativas de crescimento radicular, potencial hídrico e reservas também são muito importantes para a sobrevivência e o crescimento das mudas no campo (MENZIES, 1992), embora ainda sejam poucos os estudos correlacionando parâmetros morfológicos e fisiológicos das mudas com o crescimento no campo (BLAKE & SUTTER FILHO, 1988).

Silva (1998), estudando níveis de estresse hídrico durante a fase de rustificação de mudas de *Eucalyptus grandis*, verificou que o regime hídrico influenciou a qualidade da muda à medida que atuou diferenciando as características morfológicas e fisiológicas da planta. Ismael (2001) concluiu em seu trabalho com níveis de umidade do substrato e doses de nitrogênio, que a redução das doses de nitrogênio na fase de rustificação foi importante para garantir o pegamento e a sobrevivência das mudas nos primeiros dias após o plantio, independentemente da umidade do substrato. A redução da umidade do substrato teve um efeito positivo na adaptação das mudas no campo, a partir da terceira semana após o plantio.

Para Inoue & Ribeiro (1988), a transpiração é um fenômeno bastante influenciado pelas condições do ambiente. Sob condições idênticas, diferenças na transpiração podem indicar um mecanismo estomático com maior ou menor eficiência, implicando na economicidade de água pela planta. Silva (1998) verificou que, com o aumento do estresse hídrico aplicado às mudas durante a fase de rustificação, houve diminuição da transpiração, refletindo numa maior sobrevivência das mudas no campo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local e Época

O experimento foi desenvolvido na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA) da UNESP, no município de Botucatu - SP. Para a produção das mudas foi usada a estrutura do viveiro do Departamento de Recursos Naturais Setor de Ciências Florestais e a implantação no campo se deu em uma área próxima ao Departamento de Engenharia Rural.

O município de Botucatu encontra-se nas coordenadas geográficas de 22°51'03'' de latitude Sul e 48°25'37'' de longitude Oeste, com altitude de 786 m. De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região é do tipo Cfa - moderado chuvoso, apresentando quatro a seis meses consecutivos com temperaturas médias do ar superiores a 10,0°C. A temperatura média do ar é de 22,8°C no mês mais quente e de 16,7°C no mês mais frio sendo a média anual de 20,6°C. A precipitação pluviométrica anual média é de 1518,8 mm, com valores

médios de 229,5 mm e 37,5 mm para os meses de maior e menor precipitação, respectivamente (MARTINS, 1989).

O experimento foi conduzido de novembro de 2001 a maio de 2002.

3.2. Espécie

A espécie usada foi *Eucalyptus grandis* Hill Ex. Maiden. As sementes foram adquiridas do Instituto de Pesquisas Florestais de Piracicaba, procedentes do Pomar de Sementes Clonal (PSC) localizado no município de Anhembi-SP, do talhão 11B41 Lote NA503.

3.3. Estrutura Física

Como estrutura física no processo de produção das mudas, foram usadas:

- a) casa de vegetação (usada para a germinação das sementes): da marca Suzuki com 6 m x 8 m e apresentando duas janelas frontais superiores, sistema de irrigação por micro-aspersores, possuindo umidostato que aciona a irrigação quando a umidade relativa do ar diminui para 80%;
- b) estufa tipo túnel alto (3 m de pé direito), com cobertura plástica e com sistema de irrigação por microaspersão (usada para a fase de crescimento da muda);
- c) estufa tipo túnel alto (3 m de pé direito), com cobertura plástica e sem sistema de irrigação fixo (usada para a fase de aplicação dos tratamentos);
- d) tanques revestidos de plástico para subirrigação.

3.4. Insumos

3.4.1. Recipientes

Os recipientes usados para a produção das mudas foram tubetes cilindro-cônicos de polietileno com dimensões de 12,5 cm de comprimento, 2,5 cm de diâmetro da abertura superior, 0,8 cm de diâmetro de abertura inferior e volume de 50 cm³, com seis estrias internas salientes. Como suporte para os tubetes foram usadas bandejas de polietileno com dimensões de 60 cm x 40 cm com capacidade para 176 mudas (usadas até a fase anterior à aplicação dos tratamentos) e bandejas de polietileno com dimensões de 60 cm x 40 cm com pé com capacidade para 96 mudas (usadas durante a aplicação dos tratamentos).

3.4.2. Substrato

O substrato usado foi o produto comercial denominado Plugmix Florestal, fabricado pela empresa Terra Mater Indústria e Comércio de Insumos Agrícolas Ltda. O substrato é constituído por 60% de casca de *Pinus* e 40% de vermiculita, possuindo uma adubação de base contendo macro e micronutrientes.

3.4.2.1. Caracterização Física do Substrato pelo Método da Placa de Pressão de Richards

A caracterização do substrato para a obtenção da curva de tensão/retenção de água foi usada para determinação dos tratamentos. Segundo Klar (1984), a placa de pressão de Richards consta de um disco de porcelana colocado numa célula de pressão, em que a parte inferior do disco sempre se encontra sob pressão atmosférica e a parte superior, onde se encontram as

amostras de substrato, sob pressão conhecida de ar, superior à atmosférica. Existem dois tipos de placas no mercado, uma que trabalha de 0 a 0,2 MPa e outra até 20 MPa. Elas deixam de funcionar quando o ar sob pressão expulsa a água retida nos poros, ocupando o seu lugar. Para se conduzirem as determinações dispõem-se de anéis de borracha sobre a placa ou membrana; coloca-se o substrato dentro dos anéis, satura-se e deixa-se em repouso por 24 horas, evitando-se a evaporação, para que seja reduzido o número de bolhas de ar; a célula é fechada, aplicando-se a pressão desejada, até que a água não seja mais eliminada, o que mostra ter atingido o equilíbrio entre o potencial matricial das amostras e a pressão aplicada. Em seguida mede-se o teor de água do substrato.

As tensões usadas na célula de pressão, nesse estudo, foram: 0,01; 0,03; 0,05; 0,1; 0,5 e 1,5 MPa. Os resultados da análise encontram-se no Quadro 1.

Quadro 1. Umidade do substrato Plugmix em função da tensão aplicada

Tensão (MPa)	Umidade Base Massa Seca (%)
0,01	147,23
0,03	131,32
0,05	115,55
0,1	96,42
0,5	85,01
1,5	81,72

Após a obtenção dos resultados das análises do substrato, procedeu-se a instalação do experimento.

3.5. Metodologia

3.5.1. Enchimento dos tubetes

Para o enchimento dos tubetes, usou-se uma caixa de madeira como suporte para a bandeja de polietileno na qual foram colocados os tubetes. A metodologia foi a seguinte: colocou-se o substrato sobre os tubetes e em seguida promoveu um batimento manual para acomodação desse substrato. Preencheu-se com mais substrato e novamente fez-se o batimento. Com uma “vassourinha” retirou-se o substrato excedente e fez-se uma subirrigação. Posteriormente procedeu-se a semeadura.

3.5.2. Semeadura

Usou-se um medidor de metal que coloca em média 5 sementes em cada tubete. Após a colocação das sementes, estas foram cobertas por uma fina camada de substrato e, posteriormente, irrigadas.

Na seqüência, foram levadas à casa de vegetação onde permaneceram até que a altura das mudas estivessem ao redor de 2 cm, quando foram levadas para a estufa 1, permanecendo até o momento da aplicação dos tratamentos.

3.5.3. Raleamento

Antes das mudas saírem da casa de vegetação, foi feito o raleamento deixando apenas a planta com maior vigor e na posição mais central do tubete.

3.5.4. Adubação

As adubações foram feitas via fertirrigação após as mudas terem completado 35 dias. Usaram-se os adubos NH_4NO_3 (nitrato de amônio) e KNO_3 (nitrato de potássio) numa concentração de 2 gL^{-1} cada um deles, produzindo uma solução contendo 470 mgdm^{-3} de N e 470 mgdm^{-3} de K. A frequência de fertirrigações era duas vezes por semana, sendo o KNO_3 aplicado uma vez por semana.

3.5.5. Seleção

Antes de serem levadas para a segunda estufa, onde foram submetidas aos diferentes tratamentos, as mudas sofreram uma seleção com o objetivo de homogeneizar ao máximo as parcelas (bandejas). Após essa seleção, as bandejas foram identificadas com o tratamento e a repetição a que se referiam e distribuídas em blocos ao acaso sobre mesas de telas metálicas.

3.5.6. Aplicação dos Tratamentos

Até o 69º dia, todas as mudas tiveram a mesma condução. A partir do 70º dia as plantas começaram a receber manejos hídricos e de adubação diferenciados. O manejo hídrico teve como base a umidade do substrato (Quadro 1) e foi avaliado através do método de pesagem. Todas as vezes que cada bandeja contendo as mudas atingia o peso pré-determinado, que correspondia a um determinado teor de água do substrato, as mesmas eram levadas para o canteiro de subirrigação onde permaneciam até a saturação do substrato. O manejo de adubação teve como

base dados existentes na literatura (Teixeira et al., 1995; Silveira, 2000). A fonte de potássio usada foi o K_2SO_4 (sulfato de potássio) e sua aplicação feita a cada três dias via subirrigação. O período de aplicação dos tratamentos foi de trinta dias. Os tratamentos foram:

T1 : mudas irrigadas ao atingirem uma tensão de retenção de água pelo substrato de 0,01 MPa e 0 de potássio.

T2 : mudas irrigadas ao atingirem uma tensão de retenção de água pelo substrato de 0,01 MPa e 75 mgL^{-1} de potássio.

T3 : mudas irrigadas ao atingirem uma tensão de retenção de água pelo substrato de 0,01 MPa e 150 mgL^{-1} de potássio.

T4 : mudas irrigadas ao atingirem uma tensão de retenção de água pelo substrato de 0,01 MPa e 300 mgL^{-1} de potássio.

T5 : mudas irrigadas ao atingirem uma tensão de retenção de água pelo substrato de 1,5 MPa e 0 de potássio.

T6 : mudas irrigadas ao atingirem uma tensão de retenção de água pelo substrato de 1,5 MPa e 75 mgL^{-1} de potássio.

T7 : mudas irrigadas ao atingirem uma tensão de retenção de água pelo substrato de 1,5 MPa e 150 mgL^{-1} de potássio.

T8 : mudas irrigadas ao atingirem uma tensão de retenção de água pelo substrato de 1,5 MPa e 300 mgL^{-1} de potássio.

Para cada tratamento, existiam seis bandejas de mudas. Para cada bandeja foram determinados previamente seus pesos, o peso dos tubetes, do substrato seco e das plantas (sendo que a massa da planta foi determinada várias vezes em função do seu crescimento). A partir da massa seca do substrato e dos dados de retenção de água, determinou-se a massa que esse substrato deveria ter quando estivesse com a umidade correspondente ao seu manejo hídrico. Com a somatória de todos esses componentes, fez-se uma tabela dos valores que cada bandeja deveria ter para ser submetida à irrigação. Ao longo do dia, essas bandejas eram pesadas periodicamente e quando atingiam valores iguais ao da tabela, eram levadas para o tanque de subirrigação, onde permaneciam os tempos necessários até a água chegar à superfície do substrato.

3.5.7. Instalação no Campo

Após o período de aplicação dos tratamentos parte das mudas foi plantada no campo. As operações realizadas foram as seguintes:

- preparo da área com os seguintes passos: aplicação de herbicida para eliminação de plantas daninhas, aplicação do formicida MIREX-S na área total; sulcamento; estaqueamento da área;
- plantio: realizado manualmente usando um enxadão. O espaçamento foi de 1,0 x 0,5m. Após o plantio, foi realizada uma irrigação usando uma mangueira acoplada a um caminhão pipa.

3.6. Avaliações do Experimento

Ao final do período de trinta dias de aplicação dos tratamentos foram iniciadas as seguintes avaliações com as mudas no viveiro:

3.6.1. Determinação das Características Morfológicas

As características morfológicas avaliadas foram: altura da parte aérea (HPA), diâmetro de colo (D), área foliar (AF), massa seca da parte aérea (MSA), massa seca da parte radicular (MSR). Os instrumentos utilizados nessas determinações foram: régua, paquímetro, medidor de área foliar, balança digital. Seguindo a metodologia de Silva (1998), na noite anterior às avaliações, as amostras (18 plantas por tratamento) foram irrigadas e deixadas para drenar. As determinações iniciaram-se na manhã seguinte de acordo com a sequência: determinação do diâmetro de colo, altura da parte aérea, separação dos órgãos da muda (folhas, haste, raiz), determinação da área foliar, secagem do material em estufa a uma temperatura de 60°C até atingirem massa constante.

3.6.2. Determinação das Características Nutricionais

Para a caracterização nutricional, as mudas foram divididas em raiz, haste e folhas. As análises foram feitas no Departamento de Recursos Naturais Setor de Solos da Faculdade de Ciências Agronômicas.

3.6.3. Determinação das Características Fisiológicas

As características fisiológicas medidas foram: teor de clorofila e transpiração.

O teor de clorofila foi obtido através do clorofilômetro da marca Minolta. De cada tratamento foram tomadas 18 plantas para a análise, sendo as leituras efetuadas na primeira folha totalmente desenvolvida. Com os valores encontrados foi obtido o teor de clorofila para cada planta através da seguinte fórmula:

$$\text{teor de clorofila (mg 100}^{-\text{cm}^2}\text{)} = 0,1017822 L + 0,1704649,$$

onde L é o valor da leitura.

A transpiração foi obtida pelo método de pesagens. O primeiro passo constituiu-se da saturação das amostras. Logo após elas foram drenadas no período da noite para minimizar as perdas de água por transpiração. Uma vez drenado, os tubetes foram envolvidos por saquinhos plásticos e amarrados com elástico no colo da muda para não haver perda de água por evaporação. No início da manhã seguinte, esses tubetes foram pesados e então colocados sobre canteiros suspensos expostos ao sol. As pesagens foram feitas das 8 às 18:00h sendo pesados a cada duas horas e uma última pesagem realizada às 8:00 h da manhã seguinte. Os dados climáticos indicavam um dia típico para aquele mês (ver anexo). A diferença do peso inicial e final reflete a água perdida em 24 horas pela transpiração da planta. Para obter uma estimativa da transpiração da planta por unidade de área, dividiu-se a perda de água por sua área foliar.

3.6.4. Avaliação de Sobrevivência das Mudas no Campo

As avaliações de sobrevivência foram feitas semanalmente durante dois meses, com contagem total dos indivíduos.

3.7. Delineamento Estatístico

A partir do 70º dia, as mudas foram transferidas para a 2ª estufa em bandejas com pé e colocadas sobre uma mesa de tela metálica. Essas bandejas (parcelas) foram distribuídas em blocos ao acaso com 6 repetições. No campo, o delineamento usado também foi em blocos ao acaso com 6 repetições, sendo cada parcela constituída por 24 plantas no espaçamento de 1 m x 0,5 m totalizando 0,5 m² por planta. Em cada tratamento, foram usadas 144 plantas, perfazendo um total de 1.152 mudas (144 plantas x 8 tratamentos) e uma área de 576 m².

Para a caracterização morfológica e fisiológica das mudas usou-se uma amostragem de 18 plantas por tratamento (3 plantas por parcela) totalizando 144 mudas.

Para a caracterização nutricional foram usadas as mesmas plantas da caracterização morfológica.

Na avaliação da sobrevivência no campo foram contadas todas as mudas.

Para a análise estatística, usou-se a técnica de Análise de Variância (ANAVA), seguido do Teste de Tukey para comparação de médias entre tratamentos e das interações dos desdobramentos ocorridos

As etapas da estratégia de Análise, considerando o nível de significância de 5%, são as seguintes:

1. ANAVA considerando como causas de variação blocos, potássio, estresse hídrico e a interação entre potássio e estresse;

2. Para as variáveis que apresentaram efeito significativo do potássio e do estresse hídrico, foi feito teste de comparação de médias (Tukey);
3. Para as variáveis que apresentaram efeito significativo da interação entre potássio e estresse hídrico, foi feito teste de comparação de médias (Tukey) para se verificar o efeito do estresse dentro de potássio e do potássio dentro do estresse.

Na análise de sobrevivência obtiveram-se as curvas de sobrevivência através do estimador de Kaplan-Meier (1958), considerando-se níveis de estresse e de potássio e comparando-as pelo teste “log-rank” foi também obtido um resumo do número de plantas vivas e mortas no experimento segundo níveis de estresse hídrico e de potássio.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Características Morfológicas

A matéria seca radicular (MSR) foi a única característica morfológica avaliada que diferiu estatisticamente sob o efeito dos tratamentos. As demais, ou seja, altura da parte aérea (HPA), diâmetro de colo (D), matéria seca foliar (MSF), matéria seca da haste (MSH), matéria seca total (MST), área foliar (AF) e relação altura da parte aérea / diâmetro de colo (HPA/D) não foram influenciados pelos tratamentos a que foram submetidos, conforme se verifica no Quadro 2. De acordo com os resultados, os níveis de estresse hídrico e as doses de K não interferiram no desenvolvimento da parte aérea da muda, uma vez que na fase de rustificação a muda em tubete já passou pela fase de crescimento rápido, pois o tamanho da embalagem e, conseqüentemente, a quantidade de substrato e nutrientes são limitantes. Sendo assim, a quantidade de água e a dose de K não afetaram o desenvolvimento da parte aérea da planta. É importante lembrar que a rustificação não tem por objetivo o desenvolvimento da muda e sim, a aclimação para as condições de campo.

Quadro 2 Resultados médios das variáveis morfológicas das mudas de *Eucalyptus grandis*, ao final da rustificação e a significância do teste F.

Trata- mentos	HPA (cm)	D (mm)	AF (cm ²)	MSF (g)	MSH (g)	MSR (g)	MST (g)	HPA/D
T1	35,47	2,78	134,69	0,82	0,43	0,40	1,65	12,76
T2	34,75	2,86	143,41	0,77	0,41	0,44	1,62	12,15
T3	35,76	2,93	158,70	0,87	0,48	0,43	1,78	12,20
T4	34,20	2,91	144,26	0,74	0,43	0,62	1,79	11,75
T5	34,58	2,88	146,42	0,79	0,43	0,39	1,61	12,01
T6	37,08	2,86	162,30	0,83	0,46	0,40	1,69	12,97
T7	35,31	2,87	151,96	0,81	0,44	0,42	1,67	12,30
T8	36,14	2,86	149,24	0,73	0,43	0,63	1,79	12,64
C.V.	5,41	6,64	14,25	12,69	15,21	13,61	11,57	5,91
p (K)	0,67	0,83	0,34	0,08	0,57	<0,0001*	0,24	0,67
p (S)	0,19	0,97	0,25	0,83	0,90	0,42	0,85	0,20
p (K-S)	0,10	0,74	0,51	0,53	0,52	0,86	0,83	0,05

HPA= altura da parte aérea; D= diâmetro de colo; AF= área foliar; MSF= matéria seca foliar; MSH= matéria seca da haste;

MSR= matéria seca radicular; MST= matéria seca total; HPA/D= relação altura da parte aérea diâmetro de colo.

T1 a T4 = mudas irrigadas ao atingir uma tensão de retenção de água pelo substrato de 0,01 MPa, e adubadas com 0, 75, 150 e 300 mgL⁻¹ de K, respectivamente.

T5 a T8 = mudas irrigadas ao atingir uma tensão de retenção de água pelo substrato de 1,5 MPa, e adubadas com 0, 75, 150 e 300 mgL⁻¹ de K, respectivamente.

C.V. = Coeficiente de Variação.

* = significância da ANAVA (p < 0,05)

p (K) = valor de p considerando apenas níveis de potássio.

p (S) = valor de p considerando apenas níveis de estresse.

p (K-S) = valor de p considerando a interação potássio estresse.

Com relação à altura da parte aérea (HPA), outros pesquisadores, trabalhando com níveis de estresse hídrico em mudas de diferentes espécies de *Eucalyptus*, obtiveram resultados semelhantes. Clemens & Jones (1978), estudando diferentes níveis de sombreamento, nutrição e irrigação, concluíram que o condicionamento ao estresse hídrico teve pouco ou nenhum efeito sobre a altura das plantas. Rawat et al. (1984) trabalhando com *E. tereticornis* mantidos constantemente sob diferentes níveis de umidade do solo, concluíram que o crescimento em altura não foi proporcional ao aumento na umidade do solo. Silva

(1998) trabalhando com vários níveis de estresse hídrico em mudas de *E. grandis*, concluiu que somente o tratamento no qual as plantas permaneciam sob subirrigação contínua apresentou altura superior estatisticamente aos demais. Lemcoff et al. (1997) constataram que, durante o primeiro período de restrição hídrica, o estresse hídrico não afetou significativamente a altura de clones de *E. camaldulensis*. Entretanto, um segundo período mais severo de estresse reduziu significativamente a altura em alguns clones. Outros trabalhos mostraram que o estresse hídrico afetou negativamente o crescimento em altura de mudas de *Eucalyptus*, entre eles: Reis et al. (1988), trabalhando com *E. camaldulensis* submetidos a três regimes de irrigação, Wang et al. (1988), estudando relações hídricas e desenvolvimento de mudas de duas subespécies de *E. globulus*, Oliva et al. (1989), trabalhando com *E. camaldulensis* em vasos, Teixeira et al. (1995), trabalhando com adubação potássica e estresse hídrico em solos, Sasse et al. (1996), estudando relações hídricas da espécie *E. globulus* produzidas através de sementes e de estaquia, Li (1998b), pesquisando *E. microtheca* originados de regiões com regimes hídricos diferentes. Alvarenga et al. (1994) encontraram um aumento superior a 65% na altura de mudas de *E. grandis* quando compararam plantas sob condições hídricas favoráveis (capacidade de campo) e plantas submetidas a um regime hídrico severo (potencial de água no solo de -1,5 MPa). Ismael (2001) constatou em sua pesquisa com níveis de estresse hídrico e doses de nitrogênio que houve diferença na altura apenas aos 21 dias após início dos tratamentos. Na avaliação final, aos 45 dias, não houve diferença estatística entre os tratamentos. Myers & Landsberg (1989), pesquisando *E. brockwayi* e *E. maculata*, concluíram que a aplicação de um estresse moderado por um longo período foi mais prejudicial para o crescimento do que um estresse severo por um curto período.

Os valores médios de diâmetro de colo (D) não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos. Corroborando com esse resultado, estão os trabalhos de Li (1998b) e Ismael (2001). Já Sasse et al. (1996) e Silva (1998) encontraram diferenças significativas nos diâmetros das mudas submetidas a manejos hídricos diferenciados. As taxas de crescimento em diâmetro foram reduzidas pelo estresse hídrico, mais acentuadamente nas mudas produzidas através de estaquia (SASSE et al, 1996). No trabalho de Silva (1998), apesar das mudas apresentarem valores estatisticamente diferentes, não houve definição de tendência do efeito do nível de estresse hídrico sobre o diâmetro.

Com relação à matéria seca foliar (MSF) e matéria seca da haste (MSH), não houve qualquer efeito significativo dos tratamentos controlados. Ismael (2001) observou efeito da deficiência hídrica somente para a matéria seca foliar. Outros pesquisadores observaram redução na matéria seca da parte aérea pela indução de estresse hídrico (OLIVA et al., 1989, ALVARENGA et al., 1994, STONEMAN et al., 1994, STONEMAN et al., 1995, LI, 1998 b, LI, 1998 c e SILVA, 1998). Wang et al. (1988) concluíram que a matéria seca aérea de *E. globulus* foi aumentada significativamente com o aumento de níveis de água e adubo, e que houve interação significativa entre ambos os fatores. Lima et al. (1997b) estudando partição de matéria seca em mudas de *Eucalyptus spp* submetidas à deficiência hídrica em solos argiloso e franco, verificaram que o estresse hídrico promoveu maiores reduções na matéria seca foliar das plantas crescidas no solo franco que das crescidas em solo argiloso. Também observaram redução significativa na matéria seca da haste, porém com as maiores reduções nas plantas crescidas nos solos argilosos.

A matéria seca radicular (MSR) foi a única característica morfológica afetada pelas doses de K (Quadro 2). Verifica-se que com a aplicação de 300 mgL^{-1} de K, as

mudas tiveram matéria seca radicular superiores estatisticamente às demais doses, independente do nível de estresse hídrico (Quadro 3 e 4). Farrell et al. (1996), trabalhando com seis clones de *E. camaldulensis* submetidos a tratamentos de estresse hídrico, constataram que os clones diferiram significativamente em sua capacidade de produzir raízes durante o período de estresse. Também verificaram uma correlação positiva entre área foliar e matéria verde radicular. Li (1998b) verificou diferenças significativas na matéria seca radicular entre os tratamentos submetidos a regimes hídricos diferentes. Concluiu que a disponibilidade de água foi o fator principal a afetar a relação matéria seca radicular / matéria seca aérea e que a adaptação ao déficit hídrico de *E. microtheca* envolve a alteração nessa relação. De acordo com Lima et al. (1997b), a maioria das espécies pesquisadas submetidas a estresse hídrico apresentou aumento na relação raiz / parte aérea. Os maiores aumentos ocorreram no solo argiloso, o que pode ser atribuído, em parte, ao crescimento mais rápido das raízes, e às reduções na matéria seca de caule nos tratamentos sob estresse. Ainda esses mesmos autores, com os resultados obtidos, separaram as espécies em três grupos distintos: i) espécies que obtiveram aumentos significativos na relação - *E. grandis*, *E. pellita*; ii) espécies que tiveram aumentos pouco significativos - *E. urophylla*, *E. citriodora*, *E. tereticornis* e *E. cloeziana*; iii) espécies que reduziram a relação raiz / parte aérea - *E. saligna* e *E. camaldulensis*. Sugeriram que essa redução na relação pode ser, em parte, atribuído à morte de raízes. Concluíram que a partição de matéria seca evidenciou, para a maioria das espécies, que a raiz foi o dreno preferencial para o carbono quando as plantas estavam sob estresse hídrico. Alvarenga et al. (1994) constataram que a matéria seca radicular foi proporcional à quantidade de água aplicada. Já Bachelard (1986) observou que a matéria seca radicular não diferiu entre as espécies *E. pilularis*, *E. maculata* e *E. sieberi* em resposta ao potencial de água no solo. Da

mesma forma, Ismael (2001) verificou que a matéria seca radicular de *E. grandis* não diferiu entre os tratamentos hídricos (potenciais de água no substrato de -0,05 e -1,5 MPa).

Quadro 3. Matéria seca radicular (MSR) de mudas de *Eucalyptus grandis*, ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação entre as doses de potássio.

Característica Morfológica	Doses de K (mgL⁻¹)			
	0	75	150	300
MSR (g)	0,40 b	0,42 b	0,43 b	0,63 a

- D.M.S. (Diferença Mínima Significativa do Teste de Tukey , $\alpha=5\%$) = 0,07

- médias seguidas de letras iguais não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância

Quadro 4. Matéria seca radicular (MSR) de mudas de *Eucalyptus grandis*, ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação entre os níveis de estresse hídrico.

Característica Morfológica	Potencial de Água no Substrato (MPa)	
	- 0,01	-1,5
MSR (g)	0,47 a	0,46 a

- D.M.S. (Diferença Mínima Significativa do Teste de Tukey, $\alpha=5\%$) = 0,04

- médias seguidas de letras iguais não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Embora tenham existido diferenças na matéria seca radicular, a matéria seca total (MST) não diferiu estatisticamente (Quadro 2), isso porque o percentual representado pela matéria seca radicular é minoria dentro da matéria seca total da muda. Resultado semelhante foi conseguido por Lima et al. (1997 b), que observaram que a matéria seca total foi maior no solo argiloso que no solo franco, mas independente das plantas estarem

com ou sem estresse hídrico. Resultados diferentes foram relatados por Myers & Landsberg (1989) em mudas de *E. maculata* e *E. brockwayi*, as quais tiveram a matéria seca tanto maior quanto menor o estresse hídrico. Singh et al. (1993) também observaram que as mudas de *Eucalyptus* que receberam 100% do total de água perdida pela evapotranspiração tiveram um aumento de produção de biomassa de 59% quando comparadas àquelas que receberam 50% do total da evapotranspiração. Teixeira et al. (1995) concluíram que a matéria seca total de mudas de diversos clones de *Eucalyptus spp* foi afetada positivamente pelo nível de água e de K do solo. Constataram a presença de interação entre os níveis de água com os de K. Verificaram ainda que dentro de cada nível de K, a diferença de matéria seca entre plantas com e sem estresse hídrico foi de 48%. Para o tratamento com 150 mgdm^{-3} de K essa diferença com e sem estresse foi de 100%. De acordo com Silva (1998) os tratamentos submetidos a estresses hídricos maiores obtiveram menores produções de biomassa.

Com relação à área foliar (AF), os resultados encontrados foram semelhantes estatisticamente para todos os tratamentos, não existindo efeito do nível de estresse hídrico e de K. Contrários a esses resultados estão os trabalhos realizados pelos pesquisadores: Stoneman et al. (1994), Lima et al. (1997 b), Li (1998 b), Li (1998 c), Silva (1998) e Ismael (2001) que encontraram redução na área foliar à medida que o estresse aumentou. Segundo Teixeira et al. (1995), o estresse hídrico reduziu, em média, 78% a área foliar na ausência de K e em 116% em sua presença.

A relação altura da parte aérea / diâmetro de colo (HPA/D) é uma característica morfológica importante para definir a qualidade da muda. Nesse experimento, observa-se pelo Quadro 2 que o manejo hídrico e a adubação potássica aplicados às mudas não

alteraram essa relação. Da mesma forma, Ismael (2001) não encontrou efeito do estresse hídrico sobre a relação (HPA/D).

Considerando unicamente a avaliação morfológica, as mudas dos tratamentos T4 e T8 têm melhor qualidade, já que apresentam um sistema radicular mais desenvolvido. Embora as outras características morfológicas avaliadas não tenham diferido entre os tratamentos, o sistema radicular é fundamental nessa avaliação, pois na silvicultura a qualidade desse sistema é mais importante do que a parte aérea, já que um sistema radicular bem desenvolvido proporciona melhores condições de suprimento da demanda de água pela planta, principalmente nas primeiras semanas onde as condições adversas do campo podem comprometer a sobrevivência das mudas. Nesse sentido, o manejo de adubação aplicando maiores quantidades de K se mostrou bastante efetivo.

4.2. Características Nutricionais

4.2.1. Teor e Conteúdo de Nitrogênio (N)

Conforme o Quadro 5, os teores de N presentes nas raízes foram inferiores aos encontrados por Ismael (2001) que trabalhou com estresse hídrico e doses de N. Com relação aos conteúdos, Silveira et al. (2001) encontraram, em mudas com idade similar, valores de 2,3 a 3,8 mgplanta⁻¹, portanto semelhantes ao desse trabalho. Ismael (2001) encontrou valores superiores (8,64 a 9,24 mgplanta⁻¹) em mudas submetidas por 45 dias a diferentes doses de N e estresse hídrico. Observa-se que os teores de N presentes nas raízes não foram afetados pelas doses de K e pelos níveis de estresse hídrico. O conteúdo de N nas raízes foi influenciado pelas doses de K aplicadas durante a rustificação ($p=0,0001$). De

acordo com o Quadro 6, a dose de 300 mgL⁻¹ de K proporcionou o maior conteúdo de N nas raízes das mudas, diferindo estatisticamente das demais doses. Como foi observado no Quadro 3, houve um aumento significativo de matéria seca radicular nos tratamentos submetidos à maior dose de K, dessa forma, o aumento do conteúdo de N nas raízes das mudas dos tratamentos com 300 mgL⁻¹ de K deve-se a maior biomassa radicular produzida nos mesmos.

Quadro 5. Teores (gKg⁻¹) e conteúdos (mgplanta⁻¹) médios de N nas mudas de *Eucalyptus grandis*, ao final da rustificação, considerando cada tratamento e a significância do teste F.

Tratamentos	Raízes		Haste		Folhas	
	teor	conteúdo	teor	conteúdo	teor	conteúdo
T1	6,30	2,52	4,20	2,61	8,50	6,98
T2	7,00	3,07	4,00	1,65	9,70	7,45
T3	6,50	2,92	4,00	1,91	9,20	7,96
T4	6,70	4,17	4,20	1,78	9,30	6,87
T5	7,70	3,00	4,30	1,84	10,30	8,14
T6	7,00	2,83	4,30	2,00	10,80	9,00
T7	6,80	2,84	4,50	2,00	9,50	7,72
T8	7,00	4,44	4,30	1,89	10,50	7,65
C.V.	13,37	25,91	9,43	39,71	9,57	15,83
p (K)	0,78	0,0001 *	0,94	0,57	0,07	0,27
p (S)	0,068	0,66	0,016 *	0,81	0,0002 *	0,03 *
p (K-S)	0,33	0,71	0,70	0,33	0,29	0,33

C.V. = Coeficiente de Variação

* = significância da ANAVA (p < 0,05)

p (K) = valor de p considerando apenas níveis de potássio

p (S) = valor de p considerando apenas níveis de estresse

p (K-S) = valor de p considerando a interação potássio estresse

Com relação aos teores de N na haste (Quadro 5), verifica-se que os valores estão acima dos encontrados por Lima et al. (1997a) e abaixo dos encontrados por Ismael (2001), respectivamente, 3,2 a 3,4 e 6,31 a 7,03 gKg⁻¹. Observa-se também que esses teores foram influenciados pelos níveis de estresse hídrico (p=0,016). De acordo com o

Quadro 7, verifica-se que quanto maior o estresse hídrico maior o teor de N na haste. Da mesma forma, Ismael (2001) também encontrou teores superiores nas mudas mais estressadas, embora não tenha existido diferença estatística. Os conteúdos não foram afetados pelas doses de K ou pelos níveis de estresse hídrico.

Quadro 6. Teores (gKg^{-1}) e conteúdos (mgplanta^{-1}) médios de N nas mudas de *Eucalyptus grandis*, ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação entre as doses de potássio.

Doses de K (mgL^{-1})	Raízes		Haste		Folhas	
	teor	conteúdo	teor	conteúdo	teor	conteúdo
0	-	2,76 b	4,25 a	-	9,42 a	7,56 a
75	-	2,95 b	4,17 a	-	10,25 a	8,23 a
150	-	2,88 b	4,25 a	-	9,33 a	7,84 a
300	-	4,30 a	4,25 a	-	9,92 a	7,26 a
D.M.S.	-	0,90	0,43	-	1,03	1,35

- D.M.S. = Diferença Mínima Significativa do teste de Tukey ($\alpha=5\%$)

- médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Considerando o teor de N nas folhas (Quadro 5) e comparando com a literatura existente, observa-se que o teor de N está abaixo do adequado. Gonçalves (1995) considera adequados os teores na faixa de 13,5 a 18 gKg^{-1} . Para Malavolta et al. (1997) esse valor fica entre 14 a 16 gKg^{-1} e Silveira et al. (2001) consideram os valores de 13 a 15 gKg^{-1} adequados para mudas com idade de 80 a 100 dias. Através do mesmo quadro, vê-se que as doses de K aplicadas durante a rustificação não influenciaram os teores e os conteúdos de N nas folhas, já o estresse hídrico influenciou o teor e o conteúdo de N nas folhas. De acordo com o Quadro 7, verifica-se que tanto o teor quanto o conteúdo de N foram maiores quando o estresse hídrico foi severo. Lima et al. (1997a), estudando as alterações na absorção e distribuição de nutrientes em plantas de *Eucalyptus spp* submetidas à deficiência hídrica,

também encontraram teores superiores de N nas folhas das mudas submetidas ao estresse hídrico maior. O conteúdo foi maior nas mudas crescidas sob menor estresse, devido ao crescimento das folhas ser mais intenso quando crescidas sob pequeno déficit hídrico. Alvarenga et al. (1994), trabalhando com níveis de estresse hídrico em mudas crescidas em vasos, encontraram o maior conteúdo de N ($43,65 \text{ mgplanta}^{-1}$) nas mudas crescidas próximas à capacidade de campo e o menor ($26,04 \text{ mgplanta}^{-1}$) nas mudas submetidas a forte estresse. Silva (1998), trabalhando com estresse hídrico em mudas de *Eucalyptus grandis*, encontrou teores entre $13,2 \text{ gKg}^{-1}$ (para plantas submetidas a subirrigação contínua) a $15,9 \text{ gKg}^{-1}$ (para mudas fortemente estressadas). Ismael (2001) trabalhando com níveis de estresse hídrico e doses de N, encontrou teores foliares estatisticamente semelhantes dentro dos níveis de estresse hídrico. Esses valores foram de $10,70 \text{ gKg}^{-1}$ (mudas submetidas a pequeno estresse hídrico) e $10,78 \text{ gKg}^{-1}$ (mudas submetidas a estresse hídrico severo).

Quadro 7. Teores (gKg^{-1}) e conteúdos (mgplanta^{-1}) médios de N nas mudas de *Eucalyptus grandis*, ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação entre os níveis de estresse hídrico.

Potencial de Água no Substrato (MPa)	Raízes		Haste		Folhas	
	teor	conteúdo	teor	conteúdo	teor	conteúdo
-0,01	-	3,17 a	4,08 b	-	9,17 b	7,32 b
-1,5	-	3,28 a	4,38 a	-	10,29 a	8,13 a
D.M.S.	-	0,48	0,23	-	0,55	0,72

- D.M.S. = Diferença Mínima Significativa do teste de Tukey ($\alpha=5\%$)

- médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

4.2.2. Teor e Conteúdo de Fósforo (P)

De acordo com o Quadro 8 verifica-se que os teores de P nas raízes sofreu influência das doses de K e do estresse hídrico. Analisando os valores encontrados e comparando-os com a literatura, observa-se que o teor de P foi bem inferior ao encontrado por Ismael (2001) - 3,20 a 3,61 gKg^{-1} de P. Mas o resultado de Lima et al. (1997a) foi inferior (0,6 gKg^{-1}). Conforme o Quadro 9, as doses de K alteraram estatisticamente o teor e o conteúdo de P nas raízes, porém a influência das doses não ficou clara. Observando o Quadro 10 constata-se que, ao contrário do que aconteceu com o N, o teor e o conteúdo de P nas raízes foram maiores quando o estresse hídrico foi menor. Esse fato pode ser atribuído à baixa mobilidade do elemento no substrato, cuja difusão vai reduzindo conforme a umidade do substrato vai diminuindo. Com relação aos conteúdos, os valores foram semelhantes aos encontrados por Silveira et al. (2001) em mudas com idades similares.

Observa-se pelo Quadro 8 que os teores de P nas hastes foram influenciados pelo estresse e pela dose de K. Considerando o efeito das doses de K sobre os teores de P na haste (Quadro 9), verifica-se que o teor de P não teve uma resposta em função das doses de K, apesar de existir diferenças estatísticas entre eles, assim como aconteceu com os teores nas raízes. Com relação à influência do estresse sobre o teor de P na haste (Quadro 10), constata-se que tanto na haste como nas raízes, os teores de P foram maiores no nível baixo de estresse. A mesma tendência foi encontrada por Lima et al. (1997a). Os conteúdos não foram afetados pelas doses de K ou pelos níveis de estresse hídrico. Os valores encontrados por Silveira et al. (2001) em mudas de 110 dias foram de 1,7 a 2,6 mgplanta^{-1} de P.

Quadro 8. Teores (gKg^{-1}) e conteúdos (mgplanta^{-1}) médios de P nas mudas de *Eucalyptus grandis*, ao final da rustificação, considerando cada tratamento e a significância do teste F.

Tratamentos	Raízes		Haste		Folhas	
	teor	conteúdo	teor	conteúdo	teor	conteúdo
T1	1,30	0,50	3,10	1,93	1,90	1,58
T2	1,50	0,64	3,20	1,33	1,80	1,38
T3	1,10	0,49	2,90	1,36	1,70	1,45
T4	1,10	0,66	3,00	1,27	1,80	1,34
T5	1,00	0,38	2,60	1,09	1,70	1,31
T6	1,20	0,46	2,70	1,25	1,80	1,53
T7	0,90	0,38	2,40	1,08	1,70	1,37
T8	1,00	0,60	2,70	1,17	1,60	1,16
C.V.	17,04	18,44	9,26	48,35	9,75	15,50
p (K)	0,0009 *	< 0,0001 *	0,03 *	0,60	0,15	0,10
p (S)	0,0003 *	< 0,0001 *	< 0,0001 *	0,08	0,03 *	0,16
p (K-S)	0,44	0,54	0,66	0,38	0,06	0,13

C.V. = Coeficiente de Variação

* = significância da ANAVA ($p < 0,05$)

p (K) = valor de p considerando apenas níveis de potássio

p (S) = valor de p considerando apenas níveis de estresse

p (K-S) = valor de p considerando a interação potássio estresse

Quadro 9. Teores (gKg^{-1}) e conteúdos (mgplanta^{-1}) médios de P nas mudas de *Eucalyptus grandis*, ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação entre as doses de potássio.

Doses de K (mg.L^{-1})	Raízes		Haste		Folhas	
	teor	conteúdo	teor	conteúdo	teor	conteúdo
0	1,11 ab	0,43 b	2,82 ab	-	1,79 a	-
75	1,31 a	0,55 a	2,98 a	-	1,82 a	-
150	1,00 b	0,43 b	2,64 b	-	1,68 a	-
300	1,01 b	0,62 a	2,85 ab	-	1,71 a	-
D.M.S.	0,21	0,10	0,28	-	0,20	-

- D.M.S. = Diferença Mínima Significativa do teste de Tukey ($\alpha=5\%$)

- médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Com relação ao teor de P nas folhas, verifica-se pelo Quadro 8 que os valores estão adequados segundo a literatura existente. Silveira et al. (2001) consideram adequados os valores entre 1,5 a 2,0 gKg^{-1} , Malavolta et al. (1997) citam teores de 1,3 a 1,4 gKg^{-1} e Gonçalves (1995) considera adequado o teor de 0,9 a 1,3 gKg^{-1} . De acordo com o Quadro 8 nota-se que o teor de P nas folhas foi influenciado pelo estresse hídrico ($p=0,03$), porém seu conteúdo na planta não. O Quadro 10 mostra que, diferentemente do N, o teor de P foi maior nas folhas das mudas submetidas a baixo estresse, como aconteceu com as raízes e a haste. Lima et al. (1997a) também encontraram teores de P menores em plantas submetidas a déficits hídricos maiores e, atribuíram em parte, à baixa mobilidade do elemento no solo, cuja difusão é reduzida quando diminui a umidade no solo. Já Ismael (2001) não encontrou efeito do estresse hídrico (-0,05 e -1,5 MPa) sobre o teor de P nas folhas aos 45 dias após o início dos tratamentos. Considerando a influência das doses de K sobre o teor de P, observa-se, pelo Quadro 9, que as doses de K aplicadas durante a rustificação das mudas não alteraram seu teor.

Quadro 10. Teores (gKg^{-1}) e conteúdos (mgplanta^{-1}) médios de P nas mudas de *Eucalyptus grandis*, ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação entre os níveis de estresse hídrico.

Potencial de Água no Substrato (MPa)	Raízes		Haste		Folhas	
	teor	conteúdo	teor	conteúdo	teor	conteúdo
-0,01	1,22 a	0,57 a	3,03 a	-	1,80 a	-
-1,5	1,00 b	0,45 b	2,61 b	-	1,69 b	-
D.M.S.	0,11	0,54	0,15	-	0,11	-

- D.M.S. = Diferença Mínima Significativa do teste de Tukey ($\alpha=5\%$)

- médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância

4.2.3. Teor e Conteúdo de Potássio (K)

De acordo com o Quadro 11, nota-se que os teores e os conteúdos de K nas raízes não foram afetados pelo estresse hídrico. Da mesma forma, Ismael (2001) encontrou valores que não diferiram estatisticamente em função do estresse aplicado: $9,81 \text{ gKg}^{-1}$ (em mudas submetidas a pequeno estresse) e $10,02 \text{ gKg}^{-1}$ (em mudas submetidas a estresse severo) e conteúdos de $10,85 \text{ mgplanta}^{-1}$ (menor estresse) a $10,91 \text{ mgplanta}^{-1}$ (maior estresse). Já as doses de K influenciaram tanto o teor quanto o conteúdo de K nas raízes. Conforme mostra o Quadro 12, as mudas que receberam doses de K durante a rustificação, independente da quantidade, tiveram seus teores estatisticamente superiores às mudas que não receberam. No que diz respeito ao conteúdo, os efeitos das doses de K foram ressaltados. A aplicação de 300 mgL^{-1} proporcionou o maior conteúdo de K por planta, seguidos pelas doses de 150 e 75 mgL^{-1} que foram semelhantes entre si. Os tratamentos sem K tiveram seus conteúdos inferiores estatisticamente. O conteúdo de K nas raízes está associado à matéria seca do sistema radicular que foi estatisticamente superior nos tratamentos submetidos à aplicação de 300 mgL^{-1} (Quadro 3).

Com relação à haste (Quadro 11) verifica-se que os teores de K tiveram influência do estresse e da dose de K, mas os conteúdos não foram afetados. Considerando o efeito das doses de K sobre os teores de K na haste (Quadro 12), verifica-se que o teor de K foi estatisticamente superior nos tratamentos que aplicaram a dose máxima de K (300 mgL^{-1}). Para as demais doses e inclusive para àqueles que não receberam K, os teores foram semelhantes. De acordo com o Quadro 13, o aumento do estresse hídrico provocou aumento nos teores de K na haste. Ismael (2001) não encontrou diferença estatística

entre os teores de K na haste de mudas submetidas a um potencial de água no substrato de - 0,05 MPa e -1,5 MPa, respectivamente, 11,67 e 11,13 gKg⁻¹.

Quadro 11. Teores (gKg⁻¹) e conteúdos (mgplanta⁻¹) médios de K nas mudas de *Eucalyptus grandis*, ao final da rustificação, considerando cada tratamento e a significância do teste F .

Tratamentos	Raízes		Haste		Folhas	
	teor	conteúdo	teor	conteúdo	teor	conteúdo
T1	8,80	3,50	12,70	7,98	14,50	11,85
T2	11,30	4,96	12,50	5,15	15,80	12,17
T3	11,50	5,16	12,80	6,14	15,80	13,74
T4	12,30	7,70	14,00	5,97	17,50	12,88
T5	9,50	3,71	12,80	5,45	16,30	12,93
T6	12,00	4,85	13,30	6,11	16,30	13,60
T7	12,70	5,28	13,00	5,77	17,20	13,95
T8	12,50	7,70	15,20	6,51	18,30	13,33
C.V.	12,15	14,19	6,73	36,10	9,40	13,76
p (K)	< 0,0001 *	< 0,0001 *	0,0001 *	0,72	0,003 *	0,20
p (S)	0,10	0,90	0,03 *	0,67	0,02 *	0,09
p (K-S)	0,85	0,96	0,43	0,29	0,74	0,82

C.V. = Coeficiente de Variação

* = significância da ANAVA (p < 0,05)

p (K) = valor de p considerando apenas níveis de potássio

p (S) = valor de p considerando apenas níveis de estresse

p (K-S) = valor de p considerando a interação potássio estresse

Quadro 12. Teores (gKg⁻¹) e conteúdos (mgplanta⁻¹) médios de K nas mudas de *Eucalyptus grandis*, ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação entre as doses de potássio.

Doses de K (mg.L ⁻¹)	Raízes		Haste		Folhas	
	teor	conteúdo	teor	conteúdo	teor	conteúdo
0	9,17 b	3,58 c	12,75 b	-	15,42 b	-
75	11,67 a	4,91 b	12,92 b	-	16,08 b	-
150	12,08 a	5,19 b	12,92 b	-	16,50 ab	-
300	12,42 a	7,65 a	14,58 a	-	17,92 a	-
D.M.S.	1,47	0,80	0,98	-	1,66	-

- D.M.S. = Diferença Mínima Significativa do teste de Tukey (α=5%)

- médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância

Quadro 13. Teores (gKg^{-1}) e conteúdos (mgplanta^{-1}) médios de K nas mudas de *Eucalyptus grandis*, ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação entre os níveis de estresse hídrico.

Potencial de Água no Substrato (MPa)	Raízes		Haste		Folhas	
	teor	conteúdo	teor	conteúdo	teor	conteúdo
-0,01	11,00 a	5,32 a	13,00 b	-	15,92 b	-
-1,5	11,67 a	5,35 a	13,58 a	-	17,04 a	-
D.M.S.	0,78	0,43	0,52	-	0,88	-

- D.M.S. = Diferença Mínima Significativa do teste de Tukey ($\alpha=5\%$)

- médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância

Com relação aos teores de K encontrados nas folhas (Quadro 11), pode-se verificar que em todos os tratamentos os teores estão adequados segundo Silveira et al. (2001) que consideram a faixa de 15 a 20 gKg^{-1} adequada para mudas de 80 a 100 dias. Considerando Malavolta et al. (1997) e Gonçalves (1995), os valores encontrados estão acima do adequado, 9 a 10 gKg^{-1} e 9 a 13 gKg^{-1} , respectivamente. Segundo Silveira et al. (2001), existe uma relação N/K adequada para cada fase de desenvolvimento da muda. Na fase inicial de crescimento está na faixa de 1,4 a 2,0, e na fase de rustificação está entre 0,6 e 1,0. Ao analisar as relações N/K desse trabalho, verifica-se que estas estão na faixa de 0,53 a 0,66 e, portanto, adequadas. Através desse mesmo quadro, constata-se que o teor de K nas folhas foi influenciado tanto pelas doses de K quanto pelos níveis de estresse hídrico aplicados. Considerando primeiramente a influência das doses de K sobre o teor de K, observa-se, pelo Quadro 12, que quanto maior a dose aplicada maior foi a concentração na muda. A dose maior (300 mgL^{-1}) foi estatisticamente igual à dose de 150 mgL^{-1} , sendo que esta não diferiu das demais. Com relação ao efeito do estresse sobre o teor de K nas folhas (Quadro 13), verifica-se que esse foi maior quando as mudas foram submetidas a um estresse severo. No trabalho de Ismael (2001) não houve efeito do estresse sobre o teor de K nas folhas. No que tange ao

conteúdo de K nas folhas não foi observado nenhuma influência das doses de K ou do estresse hídrico. Lima (1996), observou que o teor e conteúdo de K foliar responderam de forma diferente ao nível de estresse submetido. O teor foi maior nas mudas mais estressadas e o conteúdo maior nas mudas pouco estressadas. Atribuiu esse resultado a um efeito de concentração obtido pelo menor crescimento das folhas das plantas mais estressadas.

4.2.4. Teor e Conteúdo de Cálcio (Ca)

Conforme o Quadro 14, constata-se que os teores e os conteúdos de Ca nas raízes foram afetados pelas doses de K aplicadas e que o estresse não interferiu nesses valores. Ismael (2001) encontrou, em mudas submetidas por 45 dias a diferentes doses de N e estresse hídrico, diferença estatística entre os teores de Ca nas raízes em função do estresse aplicado. Os teores encontrados em mudas sob deficiência hídrica de -0,05 MPa e -1,5 MPa foram, respectivamente, 5,82 gKg⁻¹ e 6,73 gKg⁻¹. O conteúdo, porém, ainda segundo esse autor, foi semelhante para os dois manejos hídricos. Conforme Quadro 15 verifica-se que o conteúdo de Ca nas raízes foi superior estatisticamente nos tratamentos que utilizaram a dose máxima de K (300 mgL⁻¹), os quais estão relacionados ao maior peso de matéria seca radicular desses tratamentos. Os conteúdos de Ca nas raízes encontrados foram bem superiores aos encontrados por Silveira et al. (2001) em mudas de 110 dias (1,1 a 1,7 mgplanta⁻¹).

Os teores e os conteúdos de Ca na haste não tiveram influência das doses de K e dos níveis de estresse hídrico (Quadro 14). Da mesma forma, Ismael (2001) verificou semelhança estatística nos teores de Ca na haste (8,76 e 9,78 gKg⁻¹), mas encontrou diferença no conteúdo (9,08 e 10,80 gKg⁻¹ em mudas sob forte e fraco estresse,

respectivamente). Ao contrário, Lima et al. (1997a) encontraram valores de teor e conteúdo superiores nas plantas submetidas a fraco estresse hídrico.

Quadro 14. Teores (gKg^{-1}) e conteúdos (mgplanta^{-1}) médios de Ca nas mudas de *Eucalyptus grandis*, ao final da rustificação, considerando cada tratamento e a significância do teste F.

Tratamentos	Raízes		Haste		Folhas	
	teor	conteúdo	teor	conteúdo	teor	conteúdo
T1	5,2	2,08	6,2	3,89	5,3	11,85
T2	4,8	2,08	6,8	2,81	6,0	12,17
T3	4,9	2,19	6,2	2,95	5,7	13,74
T4	5,0	3,13	6,2	2,63	5,7	12,88
T5	5,5	2,13	6,0	2,55	5,3	12,93
T6	4,9	1,96	6,0	2,75	5,5	13,60
T7	4,7	1,94	6,5	2,89	6,0	13,95
T8	5,1	3,11	6,5	2,79	6,0	13,33
C.V.	7,59	18,03	10,72	47,73	12,92	15,43
p (K)	0,002*	<0,0001*	0,65	0,76	0,30	0,10
p (S)	0,79	0,55	0,67	0,40	0,85	0,87
p (K-S)	0,52	0,79	0,13	0,48	0,47	0,83

C.V. = Coeficiente de Variação

* = significância da ANAVA ($p < 0,05$)

p (K) = valor de p considerando apenas níveis de potássio

p (S) = valor de p considerando apenas níveis de estresse

p (K-S) = valor de p considerando a interação potássio estresse

Os resultados dos teores e os conteúdos de Ca nas folhas foram semelhantes aos da haste, ou seja, não foram influenciados pelos fatores analisados. Os teores encontrados nas folhas estão abaixo do adequado segundo os dados de Silveira et al. (2001) que consideram a faixa ideal entre 10 e 15 mgKg^{-1} . Silva (1998) relata que o teor de Ca nas folhas teve pouca variação entre os tratamentos com estresse hídrico, sendo estes valores ao redor de 3,3 gKg^{-1} . Também Ismael (2001) não encontrou variação no teor de Ca nas folhas em função do estresse hídrico (7,29 e 7,72 gKg^{-1}), porém encontrou diferença no conteúdo

desse nutriente nas folhas, sendo que o maior valor foi encontrado em mudas submetidas a pequeno estresse.

Quadro 15. Teores (gKg^{-1}) e conteúdos (mgplanta^{-1}) médios de Ca nas mudas de *Eucalyptus grandis*, ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação entre as doses de potássio.

Doses de K (mg.L^{-1})	Raízes		Haste		Folhas	
	teor	conteúdo	teor	conteúdo	teor	conteúdo
0	5,34 a	2,11 b	-	-	-	-
75	4,80 b	2,02 b	-	-	-	-
150	4,77 b	2,07 b	-	-	-	-
300	5,03 ab	3,14 a	-	-	-	-
D.M.S.	0,41	0,45	-	-	-	-

- D.M.S. = Diferença Mínima Significativa do teste de Tukey ($\alpha=5\%$)

- médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

4.2.5. Teor e Conteúdo de Magnésio (Mg)

Conforme o Quadro 16 os teores de Mg nas raízes não foram afetados pelas doses de K e/ou pelos níveis de estresse hídrico. Ismael (2001) também não encontrou diferença nos teores de Mg nas raízes em função do nível de estresse hídrico aplicado - $4,90 \text{ gKg}^{-1}$ (estresse severo) e $4,91 \text{ gKg}^{-1}$ (estresse leve). Observa-se pelo Quadro 17 que os tratamentos que aplicaram a dose máxima de K tiveram conteúdos de Mg nas raízes superiores estatisticamente aos demais, sendo justificados através dos maiores valores de peso de matéria seca radicular desses tratamentos. Com relação aos conteúdos, Silveira et al. (2001) encontraram em mudas de 110 dias os valores de 2,8 a $3,0 \text{ mgplanta}^{-1}$ de Mg, semelhantes ao encontrado nesse trabalho (Quadro 16). Ismael (2001) encontrou conteúdos de 5,55 e 5,56

mgplanta⁻¹ em mudas de aproximadamente 150 dias e que foram submetidas por 45 dias a diferentes doses de N e estresse hídrico.

Quadro 16. Teores (gKg⁻¹) e conteúdos (mgplanta⁻¹) médios de Mg nas mudas de *Eucalyptus grandis*, ao final da rustificação, considerando cada tratamento e a significância do teste F.

Tratamentos	Raízes		Haste		Folhas	
	Teor	conteúdo	teor	conteúdo	teor	conteúdo
T1	6,50	2,57	1,40	0,87	3,40	2,74
T2	6,40	2,78	1,60	0,66	3,70	2,83
T3	6,30	2,83	1,50	0,72	3,60	3,14
T4	6,20	3,86	1,50	0,63	3,80	2,82
T5	7,00	2,73	1,50	0,65	3,60	2,82
T6	4,60	1,87	1,60	0,71	3,80	3,12
T7	6,20	2,59	1,40	0,63	3,80	3,05
T8	7,20	4,44	1,50	0,64	3,80	2,76
C.V.	25,73	28,41	12,08	37,91	10,06	15,51
p (K)	0,23	< 0,0001 *	0,35	0,71	0,13	0,30
p (S)	0,87	0,68	0,81	0,53	0,37	0,61
P (K-S)	0,20	0,17	0,41	0,64	0,86	0,77

C.V. = Coeficiente de Variação

* = significância da ANAVA (p < 0,05)

p (K) = valor de p considerando apenas níveis de potássio

p (S) = valor de p considerando apenas níveis de estresse

p (K-S) = valor de p considerando a interação potássio estresse

Com relação aos valores de Mg na haste, observa-se (Quadro 16) que os teores e os conteúdos de Mg na haste não foram influenciados pelas doses de K e pelos níveis de estresse hídrico. Também Ismael (2001) não encontrou diferenças nos teores e conteúdos de Mg na haste em função do estresse hídrico aplicado.

Os teores de Mg encontrados nas folhas estão dentro da faixa considerada adequada, segundo Gonçalves (1995), Malavolta et al. (1997) e Silveira et al. (2001). Isso demonstra que apesar do K competir com o Mg a dose máxima de K aplicada não

foi suficiente para prejudicar a absorção do Mg pelas plantas. Os teores e os conteúdos de Mg não apresentaram diferença entre os tratamentos. Ismael (2001) também constatou que o estresse hídrico não afetou o teor e o conteúdo de Mg nas folhas, encontrando teores de 5,04 e 5,33 gKg⁻¹ e conteúdos de 11,06 e 9,93 mgplanta⁻¹ em mudas submetidas a deficiências hídricas de -1,5 MPa e -0,05 MPa, respectivamente.

Quadro 17. Teores (gKg⁻¹) e conteúdos (mgplanta⁻¹) médios de Mg nas mudas de *Eucalyptus grandis*, ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação entre as doses de potássio.

Doses de K (mg.L ⁻¹)	Raízes		Haste		Folhas	
	teor	conteúdo	teor	conteúdo	teor	conteúdo
0	-	2,61 b	-	-	-	-
75	-	2,32 b	-	-	-	-
150	-	2,70 b	-	-	-	-
300	-	4,16 a	-	-	-	-
D.M.S.	-	0,94	-	-	-	-

- D.M.S. = Diferença Mínima Significativa do teste de Tukey ($\alpha=5\%$)

- médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

4.2.6. Teor e Conteúdo de Enxofre (S)

Com relação aos teores de S na haste (Quadro 18), observa-se que esses foram influenciados pelas doses de K. Analisando esses teores (Quadro 19), verifica-se que o teor de S foi maior quanto maior a dose de K aplicada, porém somente os tratamentos sem K e com 150 e 300 mgL⁻¹ de K diferiram entre si. Esse resultado deve-se ao fato de que quanto maior a dose de K aplicada maior também foi a dose de S uma vez que o sulfato foi a fonte de K escolhida. Essa escolha foi em função do sulfato apresentar menos risco de toxidez que o cloreto. O estresse hídrico não afetou os teores de S na haste. Da mesma forma Lima et

al. (1997a) trabalhando com dois manejos hídricos em dois tipos de solos (argiloso e franco) encontraram teores de S iguais entre os tratamentos ($1,0 \text{ gKg}^{-1}$). Também Ismael (2001) não encontrou diferenças estatísticas entre os teores de S nas mudas submetidas a déficits hídricos de -0,05 e -1,5 MPa ($0,66$ e $0,68 \text{ gKg}^{-1}$ de S, respectivamente). Com relação aos conteúdos de S na haste, os fatores estudados não afetaram os resultados.

Quadro 18. Teores (gKg^{-1}) e conteúdos (mgplanta^{-1}) médios de S nas mudas de *Eucalyptus grandis*, ao final da rustificação, considerando cada tratamento e a significância do teste F.

Tratamentos	Raízes		Haste		Folhas	
	teor	conteúdo	teor	conteúdo	teor	conteúdo
T1	1,00	0,40	0,40	0,28	1,30	1,08
T2	1,10	0,48	0,50	0,21	1,80	1,40
T3	1,20	0,55	0,60	0,27	2,00	1,74
T4	1,30	0,80	0,60	0,25	2,10	1,52
T5	0,70	0,29	0,50	0,21	1,30	1,04
T6	0,90	0,38	0,50	0,24	1,80	1,53
T7	1,50	0,63	0,70	0,30	2,10	1,72
T8	1,80	1,11	0,70	0,29	2,50	1,81
C.V.	19,82	20,37	20,38	40,43	21,18	26,24
p (K)	< 0,0001 *	< 0,0001 *	0,03 *	0,65	< 0,0001 *	0,0006 *
p (S)	0,2329	0,24	0,078	0,91	0,24	0,39
p (K-S)	0,0006 *	0,0001 *	0,79	0,37	0,55	0,57

C.V. = Coeficiente de Variação

* = significância da ANAVA ($p < 0,05$)

p (K) = valor de p considerando apenas níveis de potássio

p (S) = valor de p considerando apenas níveis de estresse

p (K-S) = valor de p considerando a interação potássio estresse

Comparando os teores de S nas folhas, mostrados pelo Quadro 18, com a literatura constata-se que os valores encontrados estão dentro da faixa considerada adequada para Malavolta et al. (1997) e um pouco acima, em alguns tratamentos, de acordo com dados de Silveira et al. (2001) que mencionam, respectivamente, $1,5$ a $2,5 \text{ gKg}^{-1}$ e $1,3$ a $1,5 \text{ gKg}^{-1}$.

Verifica-se que os teores e os conteúdos de S nas folhas foram influenciados pelas doses de K aplicadas. E assim como na haste atribui-se esse resultado às doses crescentes de sulfato utilizado durante a rustificação das mudas. Como mostra o Quadro 19, os tratamentos sem K mostraram teores de S nas folhas inferiores estatisticamente aos demais. Houve um aumento dos teores à medida que foram adicionados mais K, sendo que os tratamentos com 300 e 150 mgL^{-1} foram superiores e iguais estatisticamente. Observa-se também que os teores de S nas folhas não foram influenciados pelo estresse hídrico. Resultado semelhante foi observado no trabalho de Ismael (2001) que encontrou os teores de 1,17 e 1,23 gKg^{-1} em mudas submetidas a potenciais hídricos de -1,5 e -0,05 MPa, respectivamente. Os conteúdos de S apresentaram a mesma tendência dos teores, porém menos acentuados, houve semelhança estatística entre os tratamentos sem e com 75 mgL^{-1} de K, sendo que este último não diferiu dos demais tratamentos. Com relação ao conteúdo de S, Ismael (2001) encontrou valores semelhantes para mudas submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico e com cerca de 150 dias (2,41 e 2,62 mgplanta^{-1}). Silveira et al. (2001) encontraram valores em torno de 1,0 mgplanta^{-1} de S em mudas com 110 dias.

De acordo com o Quadro 18, constata-se que os teores e os conteúdos de S nas raízes foram afetados pelas doses de K e houve interação entre as doses de K e os níveis de estresse hídrico. Assim como na haste e nas folhas, a influência das doses de K sobre os teores e conteúdos de S nas raízes deve-se ao fato de que a fonte de K aplicada foi o sulfato. Os teores encontrados por Ismael (2001) foram de 1,18 e 1,20 gKg^{-1} . Com relação aos conteúdos, Silveira et al. (2001) encontraram em mudas de 110 dias valores de 0,6 a 0,8 mgplanta^{-1} . Ismael (2001) encontrou conteúdos de 1,33 e 1,35 mgplanta^{-1} em mudas submetidas a potenciais hídricos de -1,5 e -0,05 MPa, respectivamente. Analisando a interação

existente entre K e estresse hídrico nos teores de S nas raízes, observa-se de acordo com o Quadro 20 que no estresse hídrico mínimo a dose de K não interferiu no teor de S, mas quando o estresse foi elevado, houve interação com as doses de K, sendo que quanto maior a dose de K aplicado maior foi o teor de S nas raízes. Isso mostra que quando houve umidade reduzida no substrato houve prejuízo no deslocamento do S e, com doses crescentes de K_2SO_4 sendo aplicadas, ocorreu acúmulo de S nas raízes.

Quadro 19. Teores (gKg^{-1}) e conteúdos ($mgplanta^{-1}$) médios de S nas mudas de *Eucalyptus grandis*, ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação entre as doses de potássio.

Doses de K (mgL^{-1})	Raízes		Haste		Folhas	
	teor	conteúdo	teor	conteúdo	teor	conteúdo
0	-	-	0,46 b	-	1,32 c	1,06 b
75	-	-	0,53 ab	-	1,83 b	1,46 ab
150	-	-	0,62 a	-	2,06 ab	1,72 a
300	-	-	0,63 a	-	2,28 a	1,69 a
D.M.S.	-	-	0,12	-	0,43	0,42

- D.M.S. = Diferença Mínima Significativa do teste de Tukey ($\alpha=5\%$)

- médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Quadro 20. Média dos teores (gKg^{-1}) de S nas raízes de mudas de *Eucalyptus grandis*, ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação dentro de cada nível de estresse hídrico.

Potencial de Água no Substrato (MPa)	Doses de Potássio (mgL^{-1})				D.M.S.
	0	75	150	300	
- 0,01	1,02 a	1,10 a	1,23 a	1,28 a	0,39
- 1,5	0,73 b	0,93 b	1,50 a	1,80 a	0,30

- D.M.S. = Diferença Mínima Significativa do teste de Tukey ($\alpha=5\%$)

- médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância

Pelo Quadro 21 observa-se que para as doses de 0 e 300 mgL⁻¹ o nível de estresse influenciou os teores de S nas raízes. Quando não teve adição de K obteve-se maior teor de S no nível mínimo de estresse. Já com a aplicação de 300 mgL⁻¹ de K o maior teor de S se deu no nível máximo de estresse. Com os valores intermediários de K os teores de S foram independentes dos níveis de estresse hídrico.

Quadro 21. Média dos teores (gKg⁻¹) de S nas raízes de mudas de *Eucalyptus grandis*, ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação dentro de cada dose de potássio.

Doses de K (mgL ⁻¹)	Potencial de Água no Substrato (MPa)		D.M.S.
	-0,01	-1,5	
0	1,02 a	0,73 b	0,17
75	1,10 a	0,93 a	0,42
150	1,23 a	1,50 a	0,50
300	1,28 b	1,80 a	0,37

- D.M.S. = Diferença Mínima Significativa do teste de Tukey ($\alpha=5\%$).

- médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Com relação ao conteúdo de S nas raízes, o Quadro 22 mostra que houve interação entre os níveis de estresse hídrico e as doses de K. Tanto num baixo nível de estresse quanto num estresse severo, os valores de S foram maiores para a dose maior de K diferindo estatisticamente das demais, resultado justificado pela adição crescente de S através do sulfato. Essa diferença foi maior quando o estresse hídrico foi mais severo, indicando que a baixa umidade do substrato dificultou o transporte do S para a parte aérea da muda. Para doses baixas de K, os maiores valores de S foram encontrados em mudas sob estresse mínimo. Ao contrário, para as maiores doses de K, os teores maiores de S foram encontrados em mudas submetidas a estresse severo.

Verifica-se que o conteúdo (Quadro 23) e o teor de S (Quadro 21) dentro de cada dose de K tiveram o mesmo comportamento, ou seja, para doses de 0 e 300 mgL^{-1} houve interação do nível de estresse no conteúdo de S nas raízes, sendo que na ausência de K os conteúdos de S foram maiores nas mudas submetidas a estresse leve, já nas mudas em que foram adicionados 300 mgL^{-1} de K obteve-se os maiores conteúdos de S quando o estresse foi severo. Nos níveis intermediários de K os conteúdos de S foram semelhantes estatisticamente nos tratamentos com potenciais hídricos de -0,05 e -1,5 MPa.

Quadro 22. Média dos conteúdos (mgplanta^{-1}) de S nas raízes de mudas de *Eucalyptus grandis*, ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação dentro de cada nível de estresse hídrico.

Potencial de Água no Substrato (MPa)	Doses de Potássio (mgL^{-1})				D.M.S.
	0	75	150	300	
- 0,01	0,40 b	0,48 b	0,55 b	0,79 a	0,16
- 1,5	0,28 c	0,38 c	0,61 b	1,11 a	0,21

- D.M.S. = Diferença Mínima Significativa do teste de Tukey ($\alpha=5\%$).

- médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Quadro 23. Média dos conteúdos (mgplanta^{-1}) de S nas raízes de mudas de *Eucalyptus grandis*, ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação dentro de cada dose de potássio.

Doses de K (mgL^{-1})	Potencial de Água no Substrato (MPa)		D.M.S.
	-0,01	-1,5	
0	0,40 a	0,28 b	0,55
75	0,48 a	0,38 a	0,16
150	0,55 a	0,61 a	0,19
300	0,79 b	1,11 a	0,19

- D.M.S. = Diferença Mínima Significativa do teste de Tukey ($\alpha=5\%$).

- médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

4.2.7. Teor e Conteúdo de Boro (B)

Os teores de B nas raízes não foram afetados pelo estresse hídrico ou pelas doses de K (Quadro 24). O conteúdo sofreu influência das doses de K aplicadas durante a rustificação. Através do Quadro 25 verifica-se que o conteúdo de B nas raízes foi estatisticamente maior nas mudas que receberam o nível máximo de K. Esse resultado é atribuído à maior matéria seca radicular apresentada pelas mudas desses tratamentos (Quadro 3).

Quadro 24. Teores (mgKg^{-1}) e conteúdos ($\mu\text{gplanta}^{-1}$) médios de B nas mudas de *Eucalyptus grandis*, ao final da rustificação, considerando cada tratamento e a significância do teste F.

Tratamentos	Raízes		Haste		Folhas	
	teor	conteúdo	teor	conteúdo	teor	conteúdo
T1	50,50	20,03	30,50	19,22	40,00	32,69
T2	52,20	22,81	30,30	12,49	43,20	33,19
T3	52,80	23,69	30,80	14,75	39,50	34,28
T4	54,30	33,90	34,20	14,58	41,30	30,42
T5	55,50	21,68	35,30	15,02	37,00	29,29
T6	49,50	19,99	34,20	15,66	37,30	31,09
T7	55,70	23,23	28,80	12,80	46,70	37,93
T8	50,30	31,00	28,50	12,24	49,80	36,24
C.V.	16,81	19,85	15,33	32,45	12,60	14,27
p (K)	0,82	< 0,0001 *	0,45	0,42	0,012 *	0,08
p (S)	0,91	0,39	0,86	0,52	0,27	0,52
p (K-S)	0,55	0,58	0,037 *	0,38	0,003 *	0,08

C.V. = Coeficiente de Variação

* = significância da ANAVA ($p < 0,05$)

p (K) = valor de p considerando apenas níveis de potássio

p (S) = valor de p considerando apenas níveis de estresse

p (K-S) = valor de p considerando a interação potássio estresse

Quadro 25. Teores (mgKg^{-1}) e conteúdos ($\mu\text{gplanta}^{-1}$) médios de B nas mudas de *Eucalyptus grandis*, ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação entre as doses de potássio.

Doses de K (mgL^{-1})	Raízes		Haste		Folhas	
	teor	conteúdo	teor	conteúdo	teor	conteúdo
0	-	20,76 b	-	-	-	-
75	-	21,42 b	-	-	-	-
150	-	23,69 b	-	-	-	-
300	-	32,03 a	-	-	-	-
D.M.S.	-	5,26	-	-	-	-

- D.M.S. = Diferença Mínima Significativa do teste de Tukey ($\alpha=5\%$)

- médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Quadro 26. Média dos teores (mgKg^{-1}) de B na haste de mudas de *Eucalyptus grandis*, ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação dentro de cada dose de potássio.

Doses de K (mgL^{-1})	Potencial de Água no Substrato (MPa)		D.M.S.
	-0,01	-1,5	
0	40,00 a	37,0 a	6,64
75	43,17 a	37,33 a	10,50
150	39,50 b	46,67 a	9,37
300	41,33 b	49,83 a	6,86

- D.M.S. = Diferença Mínima Significativa do teste de Tukey ($\alpha=5\%$).

- médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Observando o Quadro 24 verifica-se que as doses de K interferiram nos teores de B na haste e que houve interação das doses de K com os níveis de estresse hídrico. Já os conteúdos de B não foram afetados pelas doses de K ou pelos níveis de estresse hídrico. Com relação à interação entre doses de K e o estresse hídrico verifica-se, conforme o Quadro 26, que para as doses de 0 e 75 mgL^{-1} de K não houve interação com o nível de estresse, ou seja, os teores de B na haste foram semelhantes nos dois níveis de estresse hídrico. Quando as doses aumentaram para 150 e 300 mgL^{-1} de K houve interação com os níveis de

estresse hídrico. Quanto maior o estresse maior o teor de B na haste. No Quadro 27 observa-se que quando o nível de estresse foi baixo o teor de B não foi influenciado pelas doses de K. Mas quando o estresse hídrico foi severo o teor de B foi afetado pelas doses de K, sendo que quanto maior a dose de K aplicada maior foi o teor de B na haste.

Quadro 27. Média dos teores (mgKg^{-1}) de B na haste de mudas de *Eucalyptus grandis*, ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação dentro de cada nível de estresse hídrico.

Potencial de Água no Substrato (MPa)	Doses de Potássio (mgL^{-1})				D.M.S.
	0	75	150	300	
- 0,01	40,00 a	43,17 a	39,50 a	41,33 a	6,91
- 1,5	37,00 b	37,33 ab	46,67 a	49,83 a	9,50

- D.M.S. = Diferença Mínima Significativa do teste de Tukey ($\alpha=5\%$).

- médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

De acordo com Silveira et al. (2001) o teor de B nas folhas de mudas de mudas de *Eucalyptus* de 80 a 100 dias considerado adequado está na faixa de 30 a 40 gKg^{-1} e, portanto, a maioria dos valores encontrados nesse trabalho (Quadro 24) se enquadram, exceção feita aos tratamentos T7 e T8 que apresentam teores superiores. Verifica-se ainda nesse mesmo quadro que os teores de B nas folhas foram influenciados pelas doses de K aplicadas durante a rustificação e que houve uma interação dos níveis de estresse hídrico e das doses de K. Com relação ao conteúdo de B nas folhas não houve influência das doses de K e dos níveis de estresse hídrico. Com relação à interação existente (Quadro 28) observa-se que quando o nível de estresse foi baixo não houve interação com as doses de K. Mas quando o estresse hídrico foi intenso os teores de B foram maiores para os tratamentos submetidos às

doses maiores de K (150 e 300 mgL⁻¹). Pelo Quadro 29 observa-se que para os tratamentos que não aplicaram K ou aplicaram somente 75 mgL⁻¹ os teores de B foram indiferentes ao nível de estresse hídrico. Porém, para doses maiores de K (150 e 300 mgL⁻¹) quanto maior o estresse hídrico maior foi o teor de B nas folhas.

Quadro 28. Média dos teores (mgKg⁻¹) de B nas folhas de mudas de *Eucalyptus grandis*, ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação dentro de cada nível de estresse hídrico.

Potencial de Água no Substrato (MPa)	Doses de Potássio (mgL ⁻¹)				D.M.S.
	0	75	150	300	
- 0,01 MPa	40,00 a	43,17 a	39,50 a	41,33 a	7,38
- 1,5 MPa	37,00 b	37,33 b	46,67 ab	49,83 a	10,14

- D.M.S. = Diferença Mínima Significativa do teste de Tukey ($\alpha=5\%$).

- médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Quadro 29. Média dos teores (mgKg⁻¹) de B nas folhas de mudas de *Eucalyptus grandis*, ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação dentro de cada dose de potássio.

Doses de K (mgL ⁻¹)	Potencial de Água no Substrato (MPa)		D.M.S.
	- 0,01	-1,5	
0	40,00 a	37,00 a	6,64
75	43,17 a	37,33 a	10,50
150	39,50 b	46,67 a	5,99
300	41,33 b	49,83 a	6,86

- D.M.S. = Diferença Mínima Significativa do teste de Tukey ($\alpha=5\%$).

- médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

4.2.8. Teor e Conteúdo de Cobre (Cu)

Com relação aos teores de Cu nas raízes (Quadro 30) observa-se que o estresse foi o único fator que alterou esses valores. Conforme o Quadro 32, verifica-se que o maior teor de Cu nas raízes foi obtido nos tratamentos submetidos a menor estresse hídrico. Nota-se também que o Cu tende a acumular-se nas raízes, assim como relatado por Malavolta et al. (1997). Silva (1998) também observou o acúmulo de Cu nas raízes, porém não encontrou correlação entre os teores de Cu em plantas submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico. Quanto ao conteúdo desse elemento nas raízes (Quadro 30) verifica-se a influência das doses de K e do estresse hídrico sobre seus valores. O Quadro 31 mostra que os tratamentos onde foram aplicadas as doses máximas de K houve o maior conteúdo de Cu, os demais tratamentos tiveram valores estatisticamente inferiores e semelhantes entre si. Cabe ressaltar que esse resultado está vinculado ao peso de matéria seca radicular, que foi superior nos tratamentos submetidos à dose máxima de K.

De acordo com o Quadro 30, o teor de Cu na haste foi influenciado unicamente pelas doses de K. Nota-se ainda que os valores encontrados estão abaixo do adequado segundo Malavolta et al. (1967) que menciona valores de 17 mgKg^{-1} para a haste. Verifica-se (Quadro 31) que os teores de Cu diferenciaram entre as doses de K, porém não houve uma relação clara entre eles. Os tratamentos sem K e com a maior dose de K foram semelhantes entre si, sendo que esse último não diferiu dos tratamentos que aplicaram as doses de 75 e 150 mgL^{-1} de K. Os conteúdos de Cu na haste não foram afetados pelas doses de K ou pelos níveis de estresse hídrico. Os conteúdos encontrados por Silveira et al. (2001) em mudas de 110 dias foram de 1,8 a $2,4 \text{ } \mu\text{gplanta}^{-1}$ de Cu.

Quadro 30. Teores (mgKg^{-1}) e conteúdos ($\mu\text{gplanta}^{-1}$) médios de Cu nas mudas de *Eucalyptus grandis*, ao final da rustificação, considerando cada tratamento e a significância do teste F.

Tratamentos	Raízes		Haste		Folhas	
	teor	conteúdo	teor	conteúdo	teor	conteúdo
T1	13,70	5,43	5,30	3,36	3,30	2,72
T2	13,80	6,05	4,20	1,72	3,50	2,69
T3	12,80	5,75	4,30	2,07	3,20	2,75
T4	13,0	8,11	4,70	1,99	3,70	2,70
T5	12,30	4,82	4,70	1,98	5,00	3,96
T6	11,00	4,44	4,20	1,91	5,30	4,44
T7	11,00	4,59	4,30	1,92	5,70	4,61
T8	11,30	6,98	4,70	2,00	5,80	4,24
C.V.	15,46	18,18	13,16	34,00	21,23	23,34
p (K)	0,55	< 0,0001 *	0,008 *	0,11	0,52	0,81
p (S)	0,001 *	0,0008 *	0,34	0,26	< 0,0001 *	< 0,0001 *
p (K-S)	0,80	0,70	0,43	0,12	0,71	0,83

C.V. = Coeficiente de Variação

* = significância da ANAVA ($p < 0,05$)

p (K) = valor de p considerando apenas níveis de potássio

p (S) = valor de p considerando apenas níveis de estresse

p (K-S) = valor de p considerando a interação potássio estresse

Quadro 31. Teores (mgKg^{-1}) e conteúdos ($\mu\text{gplanta}^{-1}$) médios de Cu nas mudas de *Eucalyptus grandis*, ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação entre as doses de potássio.

Doses de K (mgL^{-1})	Raízes		Haste		Folhas	
	teor	conteúdo	teor	conteúdo	teor	conteúdo
0	13,00 a	5,08 b	5,00 a	-	4,17 a	3,35 a
75	12,42 a	5,25 b	4,17 b	-	4,42 a	3,53 a
150	11,92 a	5,12 b	4,33 b	-	4,42 a	3,67 a
300	12,17 a	7,59 a	4,67 ab	-	4,75 a	3,48 a
D.M.S.	2,04	1,12	0,65	-	1,01	0,87

- D.M.S. = Diferença Mínima Significativa do teste de Tukey ($\alpha=5\%$)

- médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Os teores de Cu nas folhas (Quadro 30) apresentaram valores abaixo do adequado, visto que na literatura esses números estão na faixa de 7 a 10 mgKg^{-1}

(GONÇALVES, 1995 e MALAVOLTA et al., 1997) e de 10 a 15 mgKg⁻¹ (SILVEIRA et al., 2001). Silva (1998), trabalhando com rustificação de mudas de *Eucalyptus grandis*, também verificou teores de Cu abaixo do adequado para a espécie. Com relação aos valores encontrados (Quadro 30), verifica-se que os conteúdos de Cu nas plantas submetidas a pequeno estresse são semelhantes aos encontrados por Silveira et al. (2001) em mudas com idade de 110 dias (1,8 a 2,9 mgmuda⁻¹). Nas plantas submetidas a estresse severo, os valores foram superiores. Segundo esse mesmo quadro, os teores e os conteúdos de Cu nas folhas sofreram influência somente do estresse hídrico aplicado, tal como aconteceu nas raízes. No Quadro 32 observa-se que os teores e os conteúdos de Cu nas folhas foram estatisticamente maiores nos tratamentos com níveis severos de estresse hídrico ao contrário do que aconteceu nas raízes.

Quadro 32. Teores (mgKg⁻¹) e conteúdos (µgplanta⁻¹) médios de Cu nas mudas de *Eucalyptus grandis*, ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação entre os níveis de estresse hídrico.

Potencial de Água no Substrato (MPa)	Raízes		Haste		Folhas	
	teor	conteúdo	teor	conteúdo	teor	conteúdo
-0,01	13,33 a	6,32 a	4,63 a	-	3,42 b	2,71 b
-1,5	11,42 b	5,20 b	4,46 a	-	5,46 a	4,31 a
D.M.S.	1,09	0,60	0,35	-	0,54	0,47

- D.M.S. = Diferença Mínima Significativa do teste de Tukey ($\alpha=5\%$)

- médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

4.2.9. Teor e Conteúdo de Ferro (Fe)

De acordo com o Quadro 33, os teores de Fe nas raízes não foram afetados pelas doses de K ou pelo estresse hídrico. Nota-se que esses valores estão bastante

acima do encontrado por Malavolta et al. (1967), os quais citam valores cerca de 7 vezes menores. Uma possível explicação para esse fato é a constituição do substrato utilizado, que é basicamente composto por casca de *Pinus* que é rica em Fe e que ao longo da produção da muda poderia estar disponibilizando esse elemento. Ainda segundo esse quadro o conteúdo de Fe nas raízes sofreu influência da dose de K aplicada. Verificando o Quadro 34 vê-se que nos tratamentos onde foram aplicadas maiores doses de K houve maiores quantidades de Fe, devido ao aumento de matéria seca radicular.

Quadro 33. Teores (mgKg^{-1}) e conteúdos ($\mu\text{gplanta}^{-1}$) médios de Fe nas mudas de *Eucalyptus grandis*, ao final da rustificação, considerando cada tratamento e a significância do teste F.

Tratamentos	Raízes		Haste		Folhas	
	teor	conteúdo	teor	conteúdo	teor	conteúdo
T1	2233	885	24,50	15,44	46,20	37,73
T2	1925	841	29,30	12,08	45,70	35,11
T3	2039	913	28,30	13,55	46,20	40,06
T4	2034	1269	32,50	13,86	42,70	31,40
T5	2422	946	31,50	13,39	43,70	34,57
T6	1434	579	30,00	13,75	50,80	42,33
T7	1942	810	46,00	20,42	48,80	39,69
T8	2650	1632	54,50	23,40	43,50	31,63
C.V.	35,29	41,56	32,66	48,10	27,20	31,78
p (K)	0,10	0,0004 *	0,007 *	0,19	0,73	0,31
p (S)	0,80	0,80	0,0009 *	0,06	0,67	0,67
p (K-S)	0,32	0,23	0,10	0,18	0,90	0,74

C.V. = Coeficiente de Variação

* = significância da ANAVA ($p < 0,05$)

p (K) = valor de p considerando apenas níveis de potássio

p (S) = valor de p considerando apenas níveis de estresse

p (K-S) = valor de p considerando a interação potássio estresse

Verificando os teores de Fe na haste (Quadro 33) observa-se que, para a maioria dos tratamentos, os valores estão abaixo do adequado segundo Malavolta et al.

(1967) que consideram o valor de 45 mgKg^{-1} . Também se verifica que os teores de Fe na haste foram influenciados pelas doses de K e pelo estresse hídrico. Já os conteúdos não foram afetados pelas doses de K ou pelos níveis de estresse hídrico. De acordo com o Quadro 34, os teores de Fe foram maiores quanto maior a dose de K aplicada. As doses de 150 e 300 mgL^{-1} de K foram semelhantes entre si, sendo que a dose de 150 mgL^{-1} de K não diferiu das demais. O estresse hídrico (Quadro 35) aumentou o teor de Fe na haste.

Quadro 34. Teores (mgKg^{-1}) e conteúdos ($\mu\text{gplanta}^{-1}$) médios de Fe nas mudas de *Eucalyptus grandis*, ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação entre as doses de potássio.

Doses de K (mgL^{-1})	Raízes		Haste		Folhas	
	teor	conteúdo	teor	conteúdo	teor	conteúdo
0	-	905,89 b	28,00 b	-	-	-
75	-	708,13 b	29,67 b	-	-	-
150	-	860,05 b	37,17 ab	-	-	-
300	-	1468,46 a	43,50 a	-	-	-
D.M.S.	-	458,10	12,98	-	-	-

- D.M.S. = Diferença Mínima Significativa do teste de Tukey ($\alpha=5\%$)

- médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Quadro 35. Teores (mgKg^{-1}) e conteúdos ($\mu\text{gplanta}^{-1}$) médios de Fe nas mudas de *Eucalyptus grandis*, ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação entre os níveis de estresse hídrico.

Potencial de Água no Substrato (MPa)	Raízes		Haste		Folhas	
	teor	conteúdo	teor	conteúdo	teor	conteúdo
-0,01	-	970,60 a	28,67 b	-	-	-
-1,5	-	1000,60 a	40,50 a	-	-	-
D.M.S.	-	244,10	6,92	-	-	-

- D.M.S. = Diferença Mínima Significativa do teste de Tukey ($\alpha=5\%$)

- médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância

Verifica-se, através do Quadro 33, que os teores de Fe encontrados nas folhas estão bem inferiores aos considerados adequados para mudas com 110 dias segundo Silveira et al. (2001) que é de 80 a 130 mgKg⁻¹. Esses resultados podem ser entendidos pela pequena redistribuição do Fe na planta. O teor e o conteúdo de Fe não foram influenciados pelas doses de K e pelo estresse hídrico.

4.2.10. Teor e Conteúdo de Manganês (Mn)

Verifica-se no Quadro 36 que os teores de Mn nas raízes foram afetados pelo estresse hídrico. O acúmulo de Mn nas raízes foi maior nos tratamentos sob estresse severo (Quadro 38). O conteúdo de Mn nas raízes sofreu influência das doses de K aplicadas. De acordo com o Quadro 37 os tratamentos com dose máxima de K tiveram seus conteúdos superiores estatisticamente aos demais, fato este que está relacionado ao aumento de matéria seca radicular destes tratamentos.

Verifica-se no Quadro 36 que os teores e os conteúdos de Mn na haste não foram afetados pelas doses de K e/ou pelos níveis de estresse hídrico. Os valores encontrados por Silveira et al. (2001) em mudas de 110 dias foram de 51 a 82 µgplanta⁻¹ de Mn.

Os teores e conteúdos de Mn nas folhas, assim como ocorreu na haste, não foram influenciados pelo estresse hídrico e/ou pelas doses de K (Quadro 36). Os teores encontrados nesse trabalho mostram que os tratamentos T1 e T5 (sem adição de K) estiveram abaixo do adequado, segundo dados de Silveira et al. (2001) que consideram a faixa de 300 a 500 mgKg⁻¹ adequada para *Eucalyptus*. Os demais tratamentos estão com teores suficientes.

Quadro 36. Teores (mgKg^{-1}) e conteúdos ($\mu\text{gplanta}^{-1}$) médios de Mn nas mudas de *Eucalyptus grandis*, ao final da rustificação, considerando cada tratamento e a significância do teste F.

Tratamentos	Raízes		Haste		Folhas	
	teor	conteúdo	teor	conteúdo	teor	conteúdo
T1	105,70	41,91	170,50	107,42	261,50	213,70
T2	116,70	51,01	174,20	71,70	302,00	232,20
T3	117,20	52,53	186,00	88,97	316,00	274,20
T4	101,20	63,13	168,70	71,95	321,80	236,80
T5	107,80	42,11	177,70	75,51	292,00	231,20
T6	137,00	55,33	165,30	75,78	307,20	255,80
T7	130,00	54,24	187,20	83,08	299,00	243,00
T8	129,20	79,55	202,70	87,03	358,20	260,50
C.V.	22,12	23,75	15,55	41,07	19,27	21,45
p (K)	0,25	< 0,0001 *	0,37	0,63	0,09	0,35
p (S)	0,043 *	0,16	0,30	0,72	0,43	0,49
p (K-S)	0,66	0,43	0,29	0,40	0,67	0,50

C.V. = Coeficiente de Variação

* = significância da ANAVA ($p < 0,05$)

p (K) = valor de p considerando apenas níveis de potássio

p (S) = valor de p considerando apenas níveis de estresse

p (K-S) = valor de p considerando a interação potássio estresse

Quadro 37. Teores (mgKg^{-1}) e conteúdos ($\mu\text{gplanta}^{-1}$) médios de Mn nas mudas de *Eucalyptus grandis*, ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação entre as doses de potássio.

Doses de K (mgL^{-1})	Raízes		Haste		Folhas	
	teor	conteúdo	teor	conteúdo	teor	conteúdo
0	106,75 a	41,77 b	-	-	-	-
75	126,83 a	53,09 b	-	-	-	-
150	123,58 a	53,76 b	-	-	-	-
300	115,17 a	71,20 a	-	-	-	-
D.M.S.	28,11	14,28	-	-	-	-

- D.M.S. = Diferença Mínima Significativa do teste de Tukey ($\alpha=5\%$)

- médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Quadro 38. Teores (mgKg^{-1}) e conteúdos ($\mu\text{gplanta}^{-1}$) médios de Mn nas mudas de *Eucalyptus grandis*, ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação entre os níveis de estresse hídrico.

Potencial de Água no Substrato (MPa)	Raízes		Haste		Folhas	
	teor	conteúdo	teor	conteúdo	teor	conteúdo
-0,01	110,17 b	52,27 a	-	-	-	-
-1,5	126,00 a	57,65 a	-	-	-	-
D.M.S.	14,98	7,61	-	-	-	-

- D.M.S. = Diferença Mínima Significativa do teste de Tukey ($\alpha=5\%$)

- médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

4.2.11. Teor e Conteúdo de Zinco (Zn)

Com relação aos teores de Zn nas raízes (Quadro 39) não houve influência de nenhum dos fatores estudados. Já o conteúdo foi influenciado pelas doses de K. Verifica-se (Quadro 40) que os tratamentos com dose máxima de K tiveram seus conteúdos superiores estatisticamente aos demais, fato este que está relacionado ao aumento de matéria seca radicular desses tratamentos.

O Quadro 39 mostra que os teores e os conteúdos de Zn na haste não foram afetados pelas doses de K e/ou pelos níveis de estresse hídrico. Os valores encontrados por Silveira et al. (2001) em mudas de 110 dias foram de 12 a 22 $\mu\text{gplanta}^{-1}$ de Zn, portanto semelhantes ao encontrado nesse trabalho.

De acordo com o Quadro 39 os teores de Zn nas folhas encontrados nos tratamentos de mínimo estresse hídrico (T1 a T4) são deficientes para as mudas. Silveira et al. (2001) apresentam valores entre 30 a 40 mgKg^{-1} como sendo adequados. Para Malavolta

et al. (1997), os valores encontrados são suficientes, pois considera a faixa de 12 a 17 mgKg⁻¹ como adequada. Com relação ao teor de Zn nas folhas pode ser observado que sofreu influência tanto dos níveis de K quanto do estresse. Já o conteúdo de Zn foi influenciado apenas pelo estresse. No Quadro 40 observa-se que com a dose maior de K o teor de Zn foi superior estatisticamente. Para as demais doses, todos foram semelhantes. O Quadro 41 mostra que os teores de Zn diferenciaram-se entre os níveis de estresse hídrico. O Zn teve seus teores aumentados em função do aumento do estresse.

Quadro 39. Teores (mgKg⁻¹) e conteúdos (µgplanta⁻¹) médios de Zn nas mudas de *Eucalyptus grandis*, ao final da rustificação, considerando cada tratamento e a significância do teste F.

Tratamentos	Raízes		Haste		Folhas	
	teor	conteúdo	teor	conteúdo	teor	conteúdo
T1	118,20	46,87	34,50	21,74	13,30	10,90
T2	106,50	46,56	33,80	13,93	15,50	11,92
T3	107,00	47,97	36,30	17,38	14,30	12,44
T4	108,70	67,81	34,50	14,72	22,20	16,31
T5	117,50	45,89	35,20	14,95	35,00	27,71
T6	114,20	46,11	35,70	16,35	34,70	28,87
T7	122,30	51,04	36,30	16,13	33,70	27,36
T8	123,70	76,16	37,30	16,03	38,70	28,12
C.V.	19,62	23,79	10,42	35,60	18,98	20,84
p (K)	0,86	< 0,0001 *	0,65	0,65	0,008 *	0,21
p (S)	0,16	0,47	0,22	0,61	< 0,0001 *	< 0,0001 *
P (K-S)	0,80	0,70	0,79	0,34	0,65	0,33

C.V. = Coeficiente de Variação

* = significância da ANAVA (p < 0,05)

p (K) = valor de p considerando apenas níveis de potássio

p (S) = valor de p considerando apenas níveis de estresse

p (K-S) = valor de p considerando a interação potássio estresse

Quadro 40. Teores (mgKg^{-1}) e conteúdos ($\mu\text{gplanta}^{-1}$) médios de Zn nas mudas de *Eucalyptus grandis*, ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação entre as doses de potássio.

Doses de K (mgL^{-1})	Raízes		Haste		Folhas	
	teor	conteúdo	teor	conteúdo	teor	conteúdo
0	-	46,04 b	-	-	24,17 b	19,18 a
75	-	46,36 b	-	-	25,08 b	20,36 a
150	-	49,02 b	-	-	24,00 b	19,78 a
300	-	72,28 a	-	-	30,42 a	22,17 a
D.M.S.	-	13,64	-	-	5,30	4,69

- D.M.S. = Diferença Mínima Significativa do teste de Tukey ($\alpha=5\%$)

- médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Quadro 41. Teores (mgKg^{-1}) e conteúdos ($\mu\text{gplanta}^{-1}$) médios de Zn nas mudas de *Eucalyptus grandis*, ao final da rustificação e o resultado estatístico da comparação entre os níveis de estresse hídrico.

Potencial de Água no Substrato (MPa)	Raízes		Haste		Folhas	
	teor	conteúdo	teor	conteúdo	teor	conteúdo
-0,01	-	52,09 a	-	-	16,30 b	12,84 b
-1,5	-	54,74 a	-	-	35,50 a	27,91 a
D.M.S.	-	7,27	-	-	2,82	2,50

- D.M.S. = Diferença Mínima Significativa do teste de Tukey ($\alpha=5\%$)

- médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

4.3. Características Fisiológicas

4.3.1. Teor de Clorofila

De acordo com o Quadro 42, estatisticamente houve efeito dos tratamentos nos teores de clorofila nas folhas ($p < 0,003$). Observa-se também que o K e o estresse hídrico influenciaram no teor de clorofila. O Quadro 43 mostra que o teor de clorofila foi maior para os tratamentos com adubação de 300 mgL^{-1} de K, não diferindo

estatisticamente dos tratamentos com 150 e 75 mgL⁻¹ de K. Os tratamentos sem K diferiram somente dos tratamentos com o maior dose de K. O estresse também influenciou o teor de clorofila. De acordo com o Quadro 44, as mudas submetidas ao maior estresse hídrico tiveram mais clorofila do que as pouco estressadas. De acordo com Ismael (2001), em seu trabalho com níveis de estresse hídrico e nitrogênio, os maiores teores de clorofila foram encontrados nas mudas submetidas ao maior estresse dentro das doses de 100 e 200 mgdm⁻³ de N. Esse mesmo autor constatou também que os valores de clorofila aumentaram em função das doses de N, em ambas as condições de deficiência hídrica. Considerando as observações daquele autor, pode-se sugerir que o maior teor de clorofila encontrado nos tratamentos sob estresse hídrico severo pode estar relacionado ao maior teor de N encontrado nas folhas das mudas submetidas às mesmas condições. Já Silva (1998) não encontrou variação no teor de clorofila em função dos níveis de estresse aplicado às mudas de *E.grandis*.

Quadro 42. Média dos teores de clorofila entre os tratamentos e o resultado estatístico da significância a 5 %.

	Tratamentos								C.V.	P
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8		
Clorofila (mg.cm⁻²)	3,39	3,55	3,50	3,76	3,59	3,82	3,82	3,96	5,75	<0,0003 *

* p < 0,05 portanto é significativo.

p = 0,0017 (para potássio); p = 0,0003 (para estresse); p = 0,87 (para interação potássio estresse)

Quadro 43. Média dos teores de clorofila considerando as doses de potássio e resultado estatístico da comparação.

	K (mgL ⁻¹)			
	0	75	150	300
Clorofila (mg.cm⁻²)	3,49 b	3,68 ab	3,65 ab	3,86 a

D.M.S. - diferença mínima significativa do teste de Tukey ($\alpha=5\%$) = 0,23

- médias seguidas de letras iguais não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Quadro 44. Média dos teores de clorofila considerando o nível de estresse hídrico e resultado estatístico da comparação.

	Potencial de Água no Substrato (MPa)	
	- 0,01	-1,5
Clorofila (mg.cm⁻²)	3,55 b	3,80 a

D.M.S. - diferença mínima significativa do teste de Tukey ($\alpha=5\%$) = 0,12.

- médias seguidas de letras iguais não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

4.3.2. Transpiração

Ao analisar a transpiração ao longo do dia (Figura 1) verificam-se dois grupos distintos: grupo 1, constituídos pelos tratamentos T1, T2, T3 e T4 e grupo 2 formado pelos tratamentos T5, T6, T7 e T8. O grupo 1 se caracteriza por apresentar valores de transpiração superiores e maior variação desses valores ao longo do dia. O grupo 2, ao contrário, apresenta menor flutuação na transpiração no decorrer do dia e valores menores de perda de água. Esse comportamento, indica uma adaptação do grupo 2 às condições que lhes foram impostas durante a rustificação, ou seja, ao estresse hídrico. Essas pequenas variações na perda de água entre as horas menos e mais quentes provêm de uma resposta mais rápida e eficiente dos estômatos à transpiração. A “percepção” do estresse hídrico e a reação de defesa contra a desidratação, através do fechamento dos estômatos, é mais veloz nas mudas desse grupo, em razão disto a variação é menos brusca. Já as mudas do grupo 1 demonstram o comportamento das mudas não adaptadas ao déficit hídrico: perdem bastante água por transpiração, têm atraso em suas reações contra a desidratação. Uma outra questão a ser observada, é o fato de que os grupos estão divididos em função dos tratamentos hídricos que foram submetidos, tendo o K um efeito secundário ou menos pronunciado. Isso pode ser

melhor visualizado nas figuras 2 e 3, as quais mostram o efeito do estresse e do K separadamente. Na Figura 2, nota-se uma variação pronunciada nos valores de transpiração entre mudas de tratamentos submetidos a estresse hídrico correspondente a um potencial hídrico no substrato de - 0,01 ou -1,5 MPa, mostrando que o estresse hídrico influenciou nessa característica fisiológica. A Figura 3 mostra um comportamento diferente, a influência das doses de K não foi marcante. Apesar de ocorrer uma queda na transpiração com o aumento de K, não houve muita variação entre os tratamentos sem aplicação de K ou com dose máxima desse nutriente.

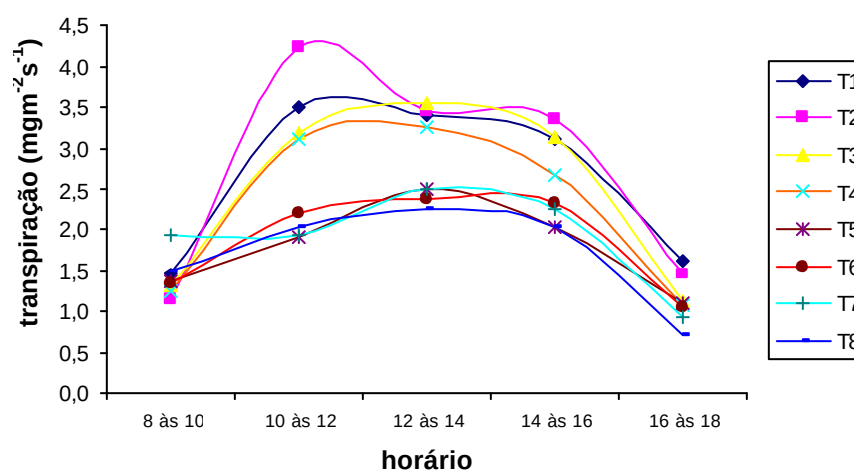


Figura 1 Estimativa da transpiração ao longo do dia de mudas de *Eucalyptus grandis* submetidas a dois manejos hídricos e quatro doses de potássio durante a rustificação.

Outros trabalhos já mostraram a influência do estresse hídrico na redução da transpiração de mudas. Rawat et al. (1985), estudando a taxa de transpiração em espécies de *Eucalyptus* mantidas constantemente sob diferentes níveis de umidade no solo, verificaram que as plantas mantidas na capacidade de campo apresentaram elevada

transpiração. Silva (1998) verificou uma queda acentuada na taxa de transpiração em função do aumento do estresse hídrico imposto a mudas de *Eucalyptus grandis*. Ismael (2001) também observou que as plantas menos estressadas tiveram taxas de transpiração maiores.

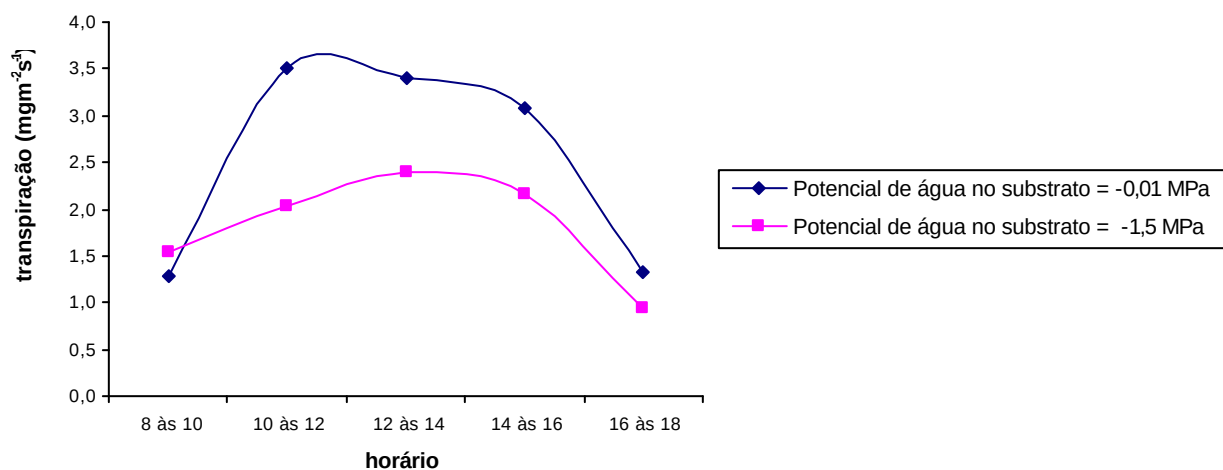


Figura 2 Estimativa da transpiração ao longo do dia de mudas de *Eucalyptus grandis* submetidas a dois manejos hídricos durante a rustificação.

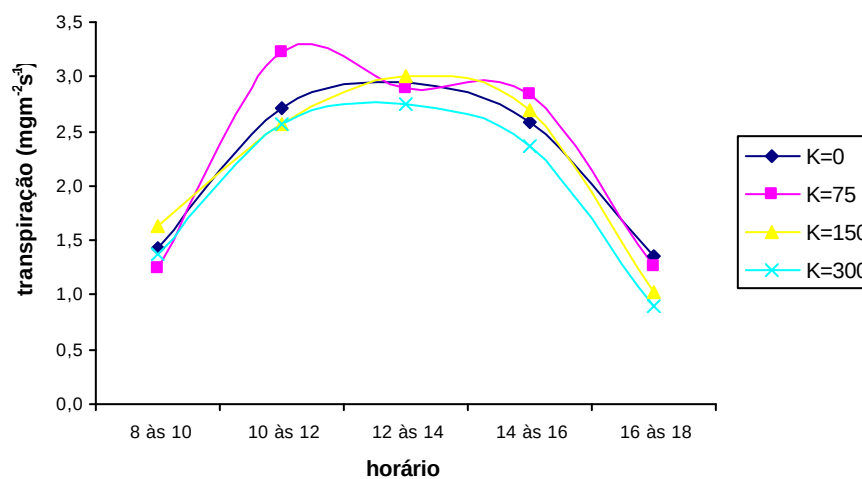


Figura 3 Estimativa, através de pesagens, da transpiração ao longo do dia de mudas de *Eucalyptus grandis* submetidas a diferentes doses de potássio durante a rustificação

A Figura 4 mostra os valores totais de perda de água durante 24 horas. Os valores totais seguem a mesma tendência do comportamento ao longo do dia mostrada na Figura 1, com taxas de transpiração superiores para os tratamentos submetidos a estresse leve.

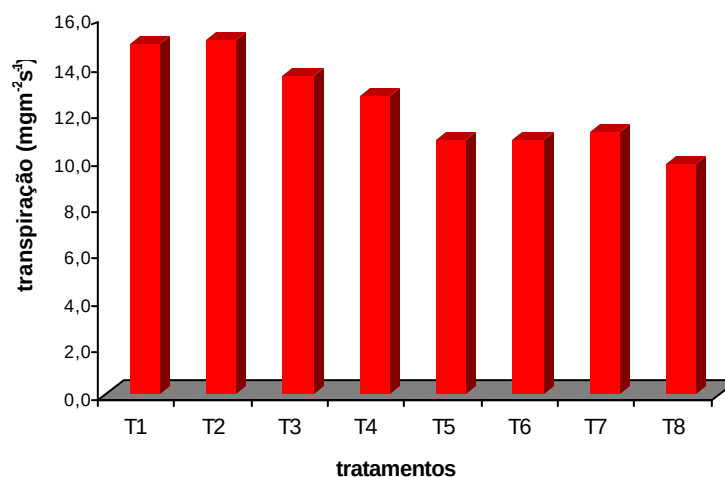


Figura 4. Estimativa da transpiração de mudas de *Eucalyptus grandis* submetidas a dois manejos hídrico e quatro doses de potássio durante a rustificação.

Conforme Figura 5 observa-se que nas mudas submetidas a elevado estresse hídrico o K teve pouca influência na redução da transpiração, já nas mudas submetidas a pequeno estresse, o K foi importante para a redução da perda de água pelas plantas. Esses resultados sugerem que, apesar do K ser o nutriente responsável pelo mecanismo de abertura e fechamento dos estômatos, o condicionamento das mudas ao estresse hídrico é o fator mais decisivo para adaptação desse mecanismo às condições de déficit hídrico no campo.

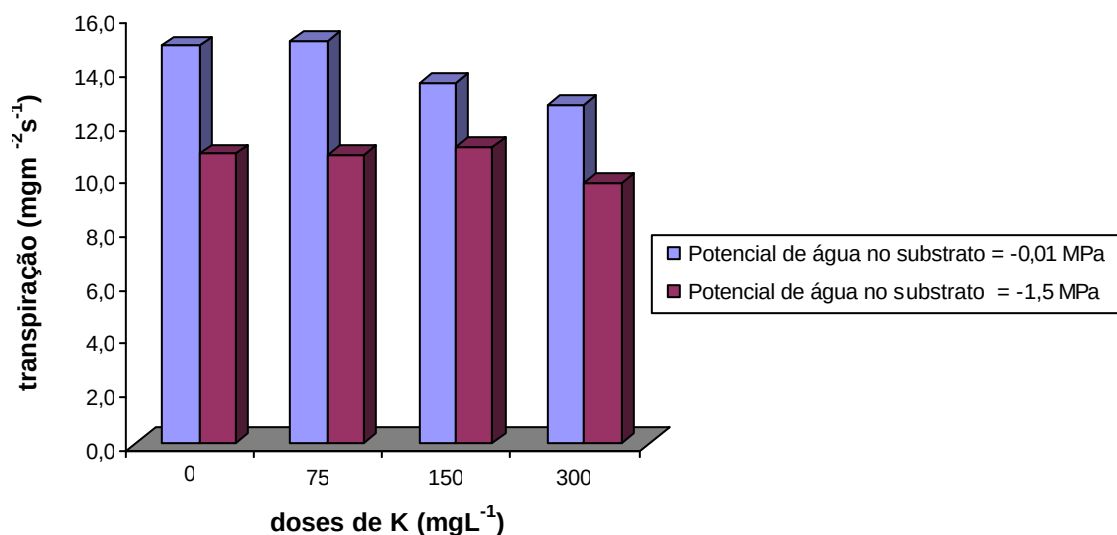


Figura 5. Estimativa, através de pesagens, da transpiração de mudas de *Eucalyptus grandis* durante a rustificação.

4.4. Sobrevivência das Mudas no Campo

A sobrevivência e o bom desempenho das plantas no campo é o objetivo final de todo o processo de produção de mudas em qualquer viveiro. Essa sobrevivência está diretamente relacionada à qualidade das mudas, portanto, em qualquer estudo sobre qualidade de mudas é imprescindível a avaliação do desempenho das mesmas no campo. De acordo com o Quadro 45, o tratamento T4 apresentou o melhor resultado e em termos quantitativos esse tratamento seria o único que não precisaria de um replantio de acordo com os critérios adotados pelas empresas florestais. Normalmente, as empresas fazem o replantio quando a perda das mudas é superior a 5%, por considerarem que abaixo desse valor essa operação torna-se economicamente inviável. Embora esses percentuais não sejam fixos, depende de uma análise de vários fatores como produtividade do sítio, distância do

reflorestamento até à indústria, densidade do povoamento, entre outros, esses 5% dão uma idéia do que é desejável. Os tratamentos T5 e T8 embora estejam abaixo do desejado, estatisticamente não diferiram de T4, mostrando que esses tratamentos também foram eficientes na rustificação. Os demais tratamentos foram estatisticamente inferiores e necessitariam de replantio, onerando os custos de implantação do povoamento.

Quadro 45. Percentagem de plantas vivas nos diferentes tratamentos após 8 semanas e o resultado estatístico do Teste Log-Rank.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Plantas Vivas (%)	84,03 b	86,11 b	87,50 b	95,83 a	92,36 a	86,81 b	86,11 b	92,36 a

Teste Log-Rank : $p = 0,01$, portanto é significativo.

- médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem entre si.

Quando se compara a transpiração das mudas (Figura 4) com a sobrevivência no campo (Quadro 45) entre os tratamentos, observa-se que o tratamento T4 apresentou transpiração elevada quando comparado aos tratamentos submetidos a um forte estresse hídrico, mesmo assim, foi superior no campo. Esse resultado pode ser explicado pelo efeito positivo do K descrito por Mengel & Kirkby (1982). Segundo esses autores, o acúmulo de K nos vasos traqueanos do xilema reduz o potencial osmótico da seiva traqueana e por isso aumenta a absorção de água e a pressão das raízes das plantas. Elevadas concentrações de K nas células do mesofilo também provocam redução do potencial osmótico, e isso tem efeito benéfico no consumo de água, já que o baixo potencial osmótico melhora a retenção de água. Dessa forma, a dose máxima de K parece ter sido eficaz no desempenho das mudas no campo.

Considerando o efeito do K isoladamente (Quadro 46), observa-se que os tratamentos que receberam a maior dose de K (300 mgL^{-1}) foram superiores estatisticamente no campo. No Quadro 47, que avalia o efeito do estresse hídrico isoladamente, verifica-se que a sobrevivência foi semelhante para os tratamentos submetidos aos diferentes níveis de estresse hídrico. Avaliando o efeito das doses de K dentro de cada nível de estresse hídrico (Quadro 48) verifica-se que a sobrevivência das mudas foi influenciada pelas doses de K somente quando as mudas foram submetidas a baixo nível de estresse hídrico. Nas mudas pouco estressadas quanto maior a dose de K aplicada maior foi a sobrevivência, indicando a importância do K na rustificação quando não há estresse hídrico. Já nas mudas submetidas a estresse hídrico severo as doses de K não tiveram efeito sobre a sobrevivência, indicando que a rustificação através do estresse hídrico talvez possa dispensar uma aplicação adicional de K. Comparando as percentagens de sobrevivência dentro de cada dose de K (Quadro 49) observa-se que quando não houve adição de K, as mudas com maior percentual de sobrevivência foram àquelas submetidas a estresse severo. Nas mudas em que houve aplicação de K, independente da dose, os valores foram semelhantes para os dois manejos hídricos.

Uma implicação prática desses resultados é a indicação de manejos adequados para a rustificação das mudas. Ficou demonstrado que uma forma eficaz para rustificar as mudas é a utilização do K, sendo a dose de 300 mgL^{-1} a mais adequada. Outra forma é a aplicação de estresse hídrico severo (correspondente a um potencial de água no substrato de $-1,5 \text{ MPa}$).

Quadro 46. Percentagem de plantas vivas, após 8 semanas, considerando as doses de K e resultado estatístico do Teste Log-Rank.

	Doses de K (mgL ⁻¹)			
	0	75	150	300
Sobrevivência no Campo (%)	88,19 b	86,46 b	86,81 b	94,10 a

Teste Log-Rank para K: $p=0,0107$, portanto é significativo.

- médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem entre si.

Quadro 47. Percentagem de plantas vivas, após 8 semanas, considerando os níveis de estresse hídrico e resultado estatístico do Teste Log-Rank.

	Potencial de Água no Substrato (MPa)	
	-0,01	-1,5
Sobrevivência no Campo (%)	88,37 a	89,41 a

Teste Log-Rank para estresse hídrico: $p=0,5190$, portanto não é significativo.

- médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem entre si.

Quadro 48. Percentagem de plantas vivas, após 8 semanas, considerando as doses de potássio dentro de cada nível de estresse hídrico e resultado estatístico da comparação.

Potencial de Água no Substrato (MPa)	Doses de K (mgL ⁻¹)			
	0	75	150	300
-0,01	84,03 b	86,11 b	87,50 b	95,83 a
-1,5	92,36 a	86,81 a	86,11 a	92,36 a

Teste Log-Rank para estresse -0,01 MPa: $p=0,0099$, portanto é significativo.

Teste Log-Rank para estresse -1,5 MPa: $p=0,1349$, portanto não é significativo.

- médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem entre si.

Quadro 49. Percentagem de plantas vivas, após 8 semanas, considerando os níveis de estresse hídrico dentro de cada dose de potássio e resultado estatístico da comparação.

Doses de K (mgL⁻¹)	Potencial de Água no Substrato (MPa)	
	-0,01	-1,5
0	84,03 b	92,36 a
75	86,11 a	86,81 a
150	87,50 a	86,11 a
300	95,83 a	92,36 a

Teste Log-Range para K =0: p=0,0244, portanto é significativo.

Teste Log-Range para K =75: p=0,8386, portanto não é significativo.

Teste Log-Range para K =150: p=0,7615, portanto não é significativo.

Teste Log-Range para K =300: p=0,2141, portanto não é significativo.

- médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem entre si.

5. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos nesse trabalho pode-se concluir que:

- a) os dois manejos hídricos aplicados durante a rustificação das mudas não influenciaram as características morfológicas estudadas;
- b) das características morfológicas avaliadas, somente a matéria seca radicular (MSR) diferiu em função das doses de K aplicadas, sendo que a dose máxima de K (300 mgL^{-1}) foi superior estatisticamente às demais;
- c) com relação às características fisiológicas observou-se que os maiores teores de clorofila e as menores taxas de transpiração foram encontrados nas mudas submetidas ao estresse hídrico maior. O estresse hídrico foi mais efetivo que o K na redução da transpiração pelas mudas;

d) a avaliação nutricional mostrou que para a maioria dos nutrientes os teores foram maiores nas mudas submetidas ao maior estresse hídrico e ao final da rustificação as mudas apresentavam algumas deficiências, principalmente de micronutrientes;

e) as mudas submetidas a estresse hídrico elevado tiveram sobrevivências no campo semelhantes, independente da dose de K. As mudas que foram submetidas a estresse hídrico mínimo tiveram maiores sobrevivências quando receberam a maior dose de K;

f) nos tratamentos em que houve adição de K, as sobrevivências foram semelhantes estatisticamente nos dois níveis de estresse hídrico;

g) a rustificação, com vistas a melhor sobrevivência das mudas no campo, pode ser conseguida tanto aplicando doses de 300 mgL^{-1} de K quanto mantendo um potencial de água no substrato de $-1,5 \text{ MPa}$;

h) sugerem-se outros estudos relacionando esses fatores (estresse hídrico e doses de K) com a sobrevivência das mudas no campo nas diferentes épocas do ano.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, R.C., BARROS, N.F., DANTAS, C.E.S., LOBÃO, D.E.V.P. Efeitos do conteúdo de água no solo e da poda de raízes sobre o crescimento de mudas de Eucalipto. **Revista árvore**, v.18, n.2, p.107-114, 1994.

BACHELARD, E.P. Effects of soil moisture stress on the growth of seedlings of three eucalypt species. II growth effects. **Australian Forester Researcher**, v.16, p.51-61, 1986.

BLAKE, T. J., SUITER FILHO, W. Drought tolerance, growth partitioning and vigor in eucalypt seedlings and rooted cuttings. **Tree Physiology**, v.4, p.325-335, 1988.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, Campos: UENF, 1995. 451 p.

CLEMENS, J., JONES, P.G. Modification of drought resistance by water stress conditioning in *Acacia* and *Eucalyptus*. **Journal of Experimental Botany**, v.29, n.111, p. 895-904, 1978.

COOL, J. B., RODRIGO, G. N., GARCÍA, B. S., TAMÉS, R. S. Relaciones hídricas y nutrición. In: **_. Fisiología Vegetal**. 6.ed. Madrid: Ediciones Pirámide, 1992. p.59-167.

CORREIA, M.J., TORRES, F., PEREIRA, J.S. Water and nutrient supply regimes and the water relations of juvenile leaves of *Eucalyptus globulus*. **Tree Physiology**, v.5, p. 459-471, 1989.

EPSTEIN, E. Plants and inorganic nutrients. In: HOPKINS, W.G. **Introduction to plant physiology**. United States: John Wiley & Sons, 1995. p.65-80.

FARRELL, R.C.C., BELL, D.T., AKILAN, K., MARSHALL, J.K. Morphological and physiological comparisons of clonal lines of *Eucalyptus camaldulensis*. I. Responses to drought and waterlogging. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.23, n. 4, p. 497-507, 1996.

FERREIRA, C.A.G., DAVIDE, A.C., CARVALHO, L.R. Relações hídricas em mudas de *Eucalyptus citriodora* Hook, em tubetes, aclimatadas por tratamentos hídricos. **Cerne**, v.5, n.2, p.95-104, 1999.

GONÇALVES, J.L.M. Recomendações de adubação para *Eucalyptus*, *Pinus* e Espécies Típicas da mata Atlântica. **Documentos Florestais**, v.15, p. 1-23, 1995.

GONÇALVES, J.L.M., SANTARELLI, E.G., MORAES NETO, S.P., MANARA, M.P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J.L.M.(Ed.), BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p.309-350.

GUERREIRO, C.A., COLLI JÚNIOR, G. Controle de qualidade de mudas de *Eucalyptus spp.* na Champion Papel e Celulose S.A. In : SIMPÓSIO INTERNACIONAL MÉTODOS DE PRODUÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE DE SEMENTES E MUDAS FLORESTAIS, 1984, Curitiba: FUPEF Universidade Federal do Paraná, p. 127-133.

Home Page: FAO. Texto: Recursos forestales - Brasil. Desenvolvido por Rubens C. Garlipp. Disponível em: <<http://www.rlc.fao.org/proyecto/rla133cc>>. Acesso em 20 de agosto de 2002.

Home Page: SBS. Disponível em: <<http://www.sbs.org.br/estatísticas.htm>>. Acesso em 20 de agosto de 2002.

INOUE, M.T., RIBEIRO, F.A. Fotossíntese e transpiração de clones de *Eucalyptus grandis* e *E. saligna*. **Revista do IPEF**, v.40, p.15-20, 1988.

ISMAEL, J.J. Efeitos da fertilização nitrogenada e da umidade do substrato na aclimação e na adaptação no campo de mudas de *Eucalyptus grandis* W.(Hill ex Maiden). Jaboticabal, 2001. 108 p. **Tese** (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

KIRSCHBAUM, M. U.F. Water stress in *Eucalyptus pauciflora*: comparison of effects on stomatal conductance with effects on the mesophyll capacity for photosynthesis, and investigation of a possible involvement of photoinhibition. **Planta**, v.171, p.466-473, 1987.

KLAR, A.E., USBERTI JR,A., HENDERSON, D.W. Differential responses of guinea grass populations to drought stress. **Crop Science**, v.18, p.853-857, 1978.

KLAR, A. E. **A água no sistema solo-planta-atmosfera**. São Paulo: Nobel, 1984. 408 p.

KLAR, A.E., CATÂNEO, A., DENADAI, I.A.M., SAAD, J.C.C., PICARELLI, M. Medidas da adaptação de plantas de trigo à déficits hídricos. **Científica**, v.13, n.1/2, p.117-127, 1985.

KOPPENAAL, R.S., TSCHAPLINSKI, T.J, COLOMBO, S.J. Carbohydrate accumulation and turgor maintenance in seedling shoots and roots of two boreal conifers subjected to water stress. **Canadian Journal of Botany**, v.69, p.2522-2528, 1991.

KRAMER, P. J. The role of water in tree growth. In: KOZLOWSKI, T. **Tree growth**. 1962, p.171-182.

KRAMER, P.J. **Water relations of plants**. Orlando: Academic Press, 1983.

KRAMER, P. J., BOYER, J. S. Evolution and Agricultural water user. In: __. **Water relations of plant and soils**. San Diego - Califórnia: Academic Press, 1995. p.377-405.

KRAMER, P. J., BOYER, J. S. Functions and properties of water. In: __. **Water relations of plant and soils**. San Diego – Califórnia: Academic Press, 1995. p.16-41.

KUDREV, T. G. **Água: vida das plantas**. São Paulo: Ícone, 1994. 178 p.

LARCHER, W. Relações hídricas. In: __. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Editora RIMA, 2000, p.231-295.

LARCHER, W. Plantas sob estresse. In: __. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Editora RIMA, 2000, p.341-430.

LEMCOFF, J.H., GARAU, A., GUARNASCHELLI, A., PRYSTUPA, P. Water stress in seedlings of *Eucalyptus camaldulensis* clones and its effects on growth characteristics. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPT, 1997, Salvador. Proceedings. Colombo: EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, 1997.

LI, C. Some aspects of leaf water relations in four provenances of *Eucalyptus microtheca* seedlings. **Forest Ecology and Management**, v.111, p.303-308, 1998a.

LI, C. Growth response of *Eucalyptus microtheca* provenances to water stress. **Journal of Tropical Forest Science**, v.10, n.3, p.379-387, 1998b.

LI, C. Variation of seedling traits of *Eucalyptus microtheca* origins in different watering regimes. **Silvae Genetica**, v.47, n.2-3, p.132-135, 1998c.

LIMA, W. P. **Impacto ambiental do eucalipto**. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1993, 301p.

LIMA, W. P. Impactos da cultura do eucalipto. **Revista Silvicultura**, n.64, p.32-38, 1995.

LIMA, P.C, BARROS, N.F., NOVAIS, R.F., MOSQUIM, P.R. Alterações na absorção e distribuição de nutrientes minerais em plantas de *Eucalyptus* spp submetidas a deficiência hídrica no solo. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPT, 1997, Salvador. Proceedings. Colombo: EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, 1997a. p.38-45.

LIMA, P.C, BARROS, N.F., REIS, G.G., MOSQUIM, P.R. Alterações morfológicas, fisiológicas e partição de matéria seca em mudas de *Eucalyptus* spp submetidas a deficiência hídrica no solo. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPT, 1997, Salvador. Proceedings. Colombo: EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, 1997b. p.30-37.

LIMA, P.C, BARROS, N.F., MOSQUIM, P.R. Alterações na produção e distribuição de açúcares solúveis e de amido em plantas de *Eucalyptus* spp submetidas ao déficit hídrico do solo. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPT, 1997, Salvador. Proceedings. Colombo: EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, 1997c. p.46-51.

MALAVOLTA, E. et al. **Nutrição mineral de algumas culturas tropicais**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1967. p.171-191.

MALAVOLTA, E., VITTI, G.C., OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. p.55-105.

MARSCHNER, H. Functions of mineral nutrients: macronutrients. In: __. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. San Diego – US: Academic Press, 1995. p.229-312.

MARTINS, D. O clima da região de Botucatu. In: ENCONTRO DE ESTUDOS SOBRE A AGROPECUÁRIA NA REGIÃO DE BOTUCATU, 1989. Botucatu. **Anais...** Botucatu: FCA-UNESP, p.8-19, 1989.

McDONALD, S.E., RUNNING, S. W. Monitoring irrigation in western forest tree nurseries. In: LANDIS, T.D et al. **Seedling nutrition and irrigation - the container tree nursery manual**, USDA-Forest Service. Handbook 674, v.4, p.1-8. 1988.

McKERSIE, B.D., YA'ACOV, Y.L. Water and drought stress. In: **Stress and stress coping in cultivated plants**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1994. p.148-180.

MENGEL, K., KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 3.ed. International Potash Institute, 1982. p.237-544.

MENZIES, M.I. Seedling quality and seedling specifications of radiata pine. **Forestry Abstracts**, v.53, p.1196, 1992.

MYERS. B.J., LANDSBERG, J.J. Water stress and seedling growth of two eucalypt species from contrasting habitats. **Tree Physiology**, v.5, p.207-218, 1989.

OLIVA, M.A., BARROS, N.F., GOMES, M.M.S., LOPES, N.F. The development of dieback symptoms in *Eucalyptus camaldulensis* seedlings as related to moisture stress and mineral nutrition. Viçosa - MG. **Revista Árvore**, v.13, n.1, p.19-33, 1989.

PALLARDY, S.G. Introductory overview. In: HENNESSEY, T.C. et al. **Stress physiology and forest productivity**, 1986, p.1-8.

RAWAT,P.S., GUPTA, B.B., RAWAT, J.S. Transpiration as affected by soil moisture in *Eucalyptus tereticornis* seedlings. **Indian Forester**, v.110, n.1, p. 35-39, 1984.

RAWAT, J.S., SINGH. Seedling indices of four tree species in nursery and their correlations with field growth in Tamil Nadu, India. **Agroforestry Systems**, v.49, p.289-300, 2000.

REICHARDT, K. A planta. In: __. **Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. p.71-75.

REIS, G.G., REIS, M.G.F., MAESTRI, M. Crescimento e relações hídricas de mudas de *Eucalyptus grandis* e *E. camaldulensis* em tubetes sob três regimes de irrigação. **Revista Árvore**, v. 12, n.2, p.183-195, 1988.

RUBIRA, J.L.P., BUENO, L.O. **Cultivo de plantas forestales em contenedor**. Madrid: Ministério de Agricultura, Pesca y Alimentación. Secretaria General Técnica Centro de Publicaciones, 1996. 189p.

SALYSBURY, F.B., ROSS, C.W. Cells: water, solutions and surfaces. In: __. **Plant Physiology**. 4.ed. Belmont- Califórnia: Wadsworth, 1992.

SÁNCHEZ-DIAZ, M., AGUIRREOLEA, J. Relaciones hídricas. In: BIETO J.A.(coord.). **Fisiología y Bioquímica Vegetal**. Madrid: Ed. Mcgraw-Hill- InterAmericana de Espana, 1993. p.49-89.

SASSE, J., SANDS, R., WHITEHEAD, D., KELLIHER, F.M. Comparative responses of cuttings and seedlings of *Eucalyptus globulus* to water stress. **Tree Physiology**, v.16, p.287-294, 1996.

SEILER, J.R., JOHNSON, J.D. Physiological and morphological responses of three Half-Sib families of loblolly pine to water-stress conditioning. **Forest Science**, v.34, p.487-493, 1988.

SILVA, M.R. Caracterização morfológica, fisiológica e nutricional de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico durante a fase de

rustificação. Curitiba, 1998. 105p. **Dissertação** (Mestrado) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

SILVEIRA, R.L.V.A. Efeito do potássio no crescimento, nas concentrações dos nutrientes e nas características da madeira juvenil de progênies de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden cultivadas em solução nutritiva. Piracicaba, 2000. 169p. **Tese** (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

SILVEIRA, R.L.V.A., MALAVOLTA, E. **Nutrição e adubação potássica em *Eucalyptus***. Informações Agrônômicas, Piracicaba, n.91, 2000. 12p. (POTAFÓS – Encarte Técnico 12).

SILVEIRA, R.L.V.A., HIGASHI, E.N., SGARBI, F., MUNIZ, M.R.A. Seja o doutor do seu eucalipto. **Potafos**, n.12, p.1-32, 2001.

SINGH, S.B., KUMAR, P., PRASAD, K.G. Potential water requirement of *Eucalyptus* – a preliminary study. **Indian Forester**, p.549-552, 1993.

STONEMAN, G.L., TURNER, N.C., DELL, B. Leaf growth, photosynthesis and tissue water relations of greenhouse-grown *Eucalyptus marginata* seedlings in response to water deficits. **Tree Physiology**, v.14, p.633-646, 1994.

STONEMAN, G.L., DELL, B., TURNER, N.C. Growth of *Eucalyptus marginata* (Jarrah) seedlings in mediterranean-climate forest in south-west Australia in response to overstorey, site and fertilizer application. **Forest Ecology and Management**, v.79, p.173-184, 1995.

TAIZ, L., ZEIGER, E. Water an plant cells. In: **Plant Physiology**. 2.ed. Sunderland-Massachusetts: Sinauer Associates, 1998. p.61-80.

TAIZ, L., ZEIGER, E. Mineral Nutrition. In: **Plant Physiology**. 2.ed. Sunderland-Massachusetts: Sinauer Associates, 1998. p.104122.

TAIZ, L., ZEIGER, E. Stress Physiology. In: **Plant Physiology**. 2.ed. Sunderland-Massachusetts: Sinauer Associates, 1998. p.725-754.

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

TESKEY, R.O., HINCKLEY, T.M. Moisture: effects of water stress on trees. In: HENNESSEY, T.C. et al. **Stress physiology and forest productivity**. 1986, p.9-34.

WANG, D., BACHELARD, E.P., BANKS, J.C.G. Growth and water relations of seedlings of two subspecies of *Eucalyptus globulus*. **Tree Physiology**, v.4, p.129-138, 1988.

ANEXO

DADOS METEOROLÓGICOS

DATA	°C Tmin	°C Tmax	°C Tmed	mm ppluvial	% UR	cal/cm2/dia RadSolar	horas Insolacao	mm EvapTCIA	km/dia VelVento
01/03/2002	17,8	30,8	23,6	0	78	501	11,3	6,8	40,8
02/03/2002	19,8	27,6	21,4	3	90	224	3,7	2,9	81,2
03/03/2002	19	29,6	22,1	1,3	33	392	10,9	5,7	80
04/03/2002	18,6	29,8	22,4	0	82	390	8,3	5,1	70,7
05/03/2002	19,4	30,4	24,3	0	73	478	11	6,2	62,6
06/03/2002	20,4	31	25,1	0	73	464	11,6	5,2	66,3
07/03/2002	20,6	31,6	24,9	0	74	418	10,6	8,8	77,3
08/03/2002	20,2	31,2	23,5	26	82	319	5,8	7,1	56,4
09/03/2002	20,6	32	25,9	0	72	499	10,9	6,5	79,8
10/03/2002	23	32	25,3	0	74	595	10,6	5	82,6
11/03/2002	20,6	31,4	25,4	0	73	481	10,9	9,5	44,6
12/03/2002	21,4	31,5	26,2	0	69	503	10,7	5,2	67,9
13/03/2002	22,6	32	26,2	0	72	473	10,7	6,7	71,3
14/03/2002	21,8	29,6	23,6	8,8	81	297	1,7	6,1	57,7
15/03/2002	19,2	29	23,5	2,8	84	561	7,4	5,6	59,6
16/03/2002	20,4	31	24,8	0	78	459	10,7	6,8	58,2
17/03/2002	20,4	30	24,5	0,3	79	405	8,7	5,2	85,9
18/03/2002	21	31	24,7	0	80	470	9,6	5,9	82,3
19/03/2002	21,2	30,8	24,8	0	84	475	9,8	8,4	120,7
20/03/2002	21,4	32	23,8	13,7	86	396	7,6	6,5	267,3
21/03/2002	20	26	20,9	0	85	359	5,6	7,3	176,5
22/03/2002	17,4	28	21	0	78	464	10,4	6,9	96,5
23/03/2002	18	29	21,8	16,5	82	443	8,6	9,3	96,3
24/03/2002	20	22,4	***	37,8	99	105	0	2,5	98,3
25/03/2002	20	28,2	***	0	86	336	6,7	2,8	89,5
26/03/2002	19,8	29,2	22,8	0	80	492	9,7	5,9	82,2
27/03/2002	18,8	30,6	22,1	39,8	86	452	9,8	***	61,1
28/03/2002	19	29,2	22,8	0	82	526	8,7	***	87,5
29/03/2002	20,4	30,6	24,6	0	77	440	10,4	6,5	77,6
30/03/2002	21	29,6	24,4	0	66	439	10,6	5,8	62,1
31/03/2002	19	30,8	28	0	65	447	10,6	6,2	71,5
01/04/2002	19,6	31,2	25	0	67	453	10,7	7,4	64,9
02/04/2002	20	31	25,2	0	67	396	9,9	5,3	88,2
03/04/2002	20,2	29,6	21,8	1,3	85	283	5,6	6,7	118,7
04/04/2002	19	28,8	21,9	0	79	388	7,7	3,5	111,4
05/04/2002	18,2	28	21,5	0	80	381	8,2	5,5	111,9
06/04/2002	17,6	28,2	21,2	1	82	398	8,7	6,1	93,9
07/04/2002	17,8	29	20,8	0,5	85	392	8	2,6	118,8
08/04/2002	17,8	27,6	20,4	0	82	432	10,6	5,3	120
09/04/2002	17	27,4	20,5	0	78	402	10,8	5,4	93,2
10/04/2002	17,2	28,4	21,7	0	78	420	10,4	6,6	66,8
11/04/2002	18,4	30	23,3	0	74	422	10,6	7	35,5
12/04/2002	19	31	24,7	0	69	346	8,6	6	77,7
13/04/2002	19,2	28,6	22,2	0	83	380	9,2	5,6	158,9
14/04/2002	19	29	22,7	0	81	422	10,1	6,3	129,2
15/04/2002	19,2	30	23,2	0	79	419	10,5	5,8	87,2
16/04/2002	19,8	30,2	24,1	0	72	387	7	5,8	35,5
17/04/2002	20,4	31	24,8	0	68	449	7,6	6,3	53,1

18/04/2002	20	31,6	25	0	74	409	6,3	6,2	111,3
19/04/2002	20	29,8	23,6	0	79	403	5,3	5,5	97,6
20/04/2002	18,6	30	23,5	0	68	369	4,7	6,1	87,1
21/04/2002	19	28,4	22,5	0	78	413	4,7	5,8	163,1
22/04/2002	19,2	28,8	22,2	0	79	380	4,2	6,4	126,2
23/04/2002	18	29,2	22,7	0	71	403	4	4,1	40,5
24/04/2002	19	30	23,9	0	65	382	10,4	7	38,4
25/04/2002	18,8	30,4	23,8	0	59	384	8,7	6,3	43,4
26/04/2002	19,8	31,2	24,6	0	57	386	10,4	6,7	45,2
27/04/2002	18,4	29,6	21,8	0	74	335	7,4	5	162,8
28/04/2002	17	28,6	21,2	0	79	395	10,3	5	74,4
29/04/2002	17,6	29,4	22	0	73	335	6,9	4,7	92,6
30/04/2002	20	28,8	22,4	0	75	286	5,8	5,4	94,6
01/05/2002	18	27,2	21,2	0	82	283	5,7	4,7	74,3
02/05/2002	16,8	27,8	20,7	8,2	75	399	10,3	7,2	48,7
03/05/2002	17	26,6	20	4,5	87	264	4,2	4	49
04/05/2002	18,4	25,8	20,2	0	88	226	2,5	3,1	76,2
05/05/2002	17,6	26,4	20,5	8,7	84	328	6,9	5	110,7
06/05/2002	16,8	26	20,3	0	86	334	5,6	3,3	57,3
07/05/2002	17,6	26,4	20,5	0	82	339	8,3	4,5	46,5
08/05/2002	16	26,4	18,5	7,5	86	310	5,2	6,5	81,8
09/05/2002	15,6	24,4	18,1	0	86	246	10	3,3	83,3
10/05/2002	16	25,6	19	0	81	394	10,4	4,7	122,4
11/05/2002	17,4	27,4	20,8	0	81	375	2,6	4,4	84
12/05/2002	17,2	27,2	21,2	0	74	369	9,8	4,9	59,9
13/05/2002	17,2	27,6	21,4	0	65	376	10,1	3	61,9
14/05/2002	16,8	28	21,6	0	70	367	9,9	7,1	40,9
15/05/2002	17	28,6	21,8	0	63	368	10,2	6,4	96,2
16/05/2002	18,4	23,4	18,3	0,2	73	117	0,7	2,7	119,1
17/05/2002	15,8	26,6	20,2	0	85	289	6,3	3,5	29,1
18/05/2002	16,6	26	18,2	24	91	249	3,8	4,2	75,7
19/05/2002	15,6	19	15,6	10,7	96	64	0,1	0,1	36,2
20/05/2002	16	20,4	12,2	21,5	97	99	1,3	5,3	96,7
21/05/2002	15	19	15,3	17,2	96	90	0	***	136,6
22/05/2002	14	19,6	14,4	0	88	238	3,3	3,7	228,9
23/05/2002	13,8	20,8	14,8	0	78	325	8,9	4,8	230,3
24/05/2002	13,4	20,2	14,1	0	56	320	8,1	4,1	172
25/05/2002	11,8	21	14,1	0	78	362	10,1	4,1	141,7
26/05/2002	11,6	22,2	14,9	0	74	500	9,8	3,8	79,3
27/05/2002	11,2	23,6	15,6	0	71	362	8,6	4,1	72
28/05/2002	12,4	24	16	0	67	362	10	4	69,8
29/05/2002	14	23,4	16,2	0	69	264	1,5	3,2	69,2
30/05/2002	14	24,4	20,3	0	72	287	4,8	3,4	55,4
31/05/2002	15,6	22,2	16,9	1,2	86	137	0,1	0,5	75,3