

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**CLONES DE *Eucalyptus sp.* SUBMETIDOS A ESTRESSE HÍDRICO
EM DOIS TIPOS DE SOLO**

KAIO BARON DE LIMA

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do Título de Mestre em Agronomia (Irrigação e Drenagem).

BOTUCATU-SP

Junho – 2015

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**CLONES DE *Eucalyptus sp.* SUBMETIDOS A ESTRESSE HÍDRICO
EM DOIS TIPOS DE SOLO**

KAIO BARON DE LIMA

Orientador: Prof. Emérito Antônio Evaldo Klar

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do Título de Mestre em Agronomia (Irrigação e Drenagem).

BOTUCATU-SP

Junho – 2015

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

L732c Lima, Kaio Baron de, 1989-
Clones de *Eucalyptus sp.* submetidos a estresse hídrico em dois tipos de solo / Kaio Baron de Lima. - Botucatu : [s.n.], 2015
xi, 55 f. : grafs., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2015
Orientador: Antônio Evaldo Klar
Inclui bibliografia

1. Eucalipto. 2. Desidratação (Hídrica). 3. Árvores - Mudanças. 4. Físico-química. 5. Solos - Análise. I. Klar, Antônio Evaldo. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. III. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: CLONES DE Eucalyptus sp. SUBMETIDOS A ESTRESSE HÍDRICO EM DOIS TIPOS DE SOLO

AUTOR: KAIO BARON DE LIMA

ORIENTADOR: Prof. Dr. ANTONIO EVALDO KLAR

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA (IRRIGAÇÃO E DRENAGEM) , pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. ANTONIO EVALDO KLAR
Dep de Engenharia Rural / Faculdade de Ciencias Agronomicas de Botucatu



Profa. Dra. MAGALI RIBEIRO DA SILVA
Dep de Ciencia Florestal / Faculdade de Ciencias Agronomicas de Botucatu



Profa. Dra. MARIA RENATA ROCHA PEREIRA
Faculdade de Tecnologia - FATEC - Capão Bonito

Data da realização: 12 de junho de 2015.

OFEREÇO

Aos meus pais, Marisa Helena Baron de Lima e Kleber Ronaldo de Lima, por todo amor, incentivo e apoio prestados, que foram fundamentais para essa conquista;

Ao meu orientador, Prof. Emérito Antônio Evaldo Klar, pela orientação, disponibilidade, apoio, incentivo, ensinamentos e amizade.

AGRADECIMENTOS

- A Deus pela oportunidade, sabedoria, paciência, força e disposição para superar os momentos difíceis;
- À minha família pelo carinho, amor, compreensão, suporte e apoio fornecidos a todo o momento;
- Ao Professor e amigo Dr. Antônio Evaldo Klar pela disponibilidade, confiança, auxílio e ensinamentos;
- À Professora e também amiga Dra. Magali Ribeiro da Silva, pelo apoio, estímulo, críticas que sempre buscaram apresentar melhorias tanto no trabalho como na vida pessoal;
- À Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista – UNESP, campus de Botucatu, em especial ao Departamento de Engenharia Rural, pela oportunidade de realizar o curso e dar continuidade à minha formação profissional;
- À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos;
- Aos funcionários do Viveiro Florestal do Departamento de Ciências Florestais da Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA-UNESP): João, Martinelli, Dinho, Francisco (Chiquinho), em especial Claudio Ribeiro da Silva (Claudinho), pelo apoio, ensinamentos e suporte fornecidos durante o tempo que passamos juntos;
- Aos estudantes de graduação e integrantes do Grupo de Estudos de Produção de Mudas (GEPM): Flávio Akio, Franciely Lopes, Gabriel Lee e Gabriella Ferreira de Camargo, pelo companheirismo, troca de conhecimento, confiança depositada, auxílio na execução do projeto e amizade fundada;
- Ao colega de mestrado e grande amigo Lucas Bertacini Viégas, pelo companheirismo, ensinamentos, cumplicidade e auxílio no trabalho, que foram de fundamental importância também para a realização dessa etapa;
- Aos amigos da República Fazendinha: Arthur, Luís Felipe, Ékton, Felipe, Lucas Guimarães, Lucas Parra, Gustavo Cruz, Vitor Bortolotti pelo companheirismo, motivação e momentos de alegria proporcionados;
- A todos que, de maneira direta ou indireta, contribuíram e torceram por mim para mais essa conquista, muito obrigado!

SUMÁRIO

	Página
SUMÁRIO.....	V
LISTA DE FIGURAS.....	VIII
LISTA DE TABELAS	X
RESUMO.....	1
SUMMARY	3
1 - INTRODUÇÃO	5
2 - REVISÃO DE LITERATURA	7
2.1 - Eucalipto	7
2.2 – Estresse Hídrico	8
2.3 – Água na planta	11
2.4 – Água no solo	12
3 - MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1 - Caracterização geral da área experimental	15
3.1.1 - Clima.....	15
3.1.2 – Ambiente.....	16
3.1.3 –Solo	16
3.2 - Espécies e clones utilizados para as mudas	17
3.3 - Relações entre teores e potenciais de água do solo	18
3.4 - Enchimentos dos vasos e plantio	18
3.5 - Aplicação dos tratamentos	18
3.6 - Avaliações do experimento	19
3.6.1 - Determinação das características morfológicas.....	19
3.6.2 - Determinação das características fisiológicas	19
3.6.3 - Delineamento estatístico.....	20

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
4.1 –Características morfológicas	21
4.1.1 - Altura das plantas.....	21
4.1.2 –Diâmetro da base caulinar	25
4.1.3 – Área foliar	28
4.1.4 – Número de folhas	32
4.1.5 –Massa seca total.....	36
4.2 – Características fisiológicas	39
4.2.1 – Resistência Estomática	39
4.2.2 – Potencial Hídrico Foliar (Ψ_f)	42
4.2.3 –Teor Relativo de Água (TRA).....	43
5- CONCLUSÕES	46
6 - REFERÊNCIAS	47

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Crescimento médio em altura, no período de 75 dias após plantio, de clones de <i>Eucalyptus sp.</i> submetidos à um potencial de água no solo de -10 kPa, em solo franco arenoso.....	22
Figura 2. Crescimento médio em altura, no período de 75 dias após plantio, de clones de <i>Eucalyptus sp.</i> submetidos à um potencial de água no solo de -1500 kPa, em solo franco arenoso.	23
Figura 3. Crescimento médio em altura, no período de 75 dias após plantio, de <i>Eucalyptus sp.</i> submetidos à um potencial de água no solo de -10 kPa, em solo argiloso.....	24
Figura 4. Crescimento médio em altura, no período de 75 dias após plantio, de <i>Eucalyptus sp.</i> submetidos à um potencial de água no solo de -1500 kPa, em solo argiloso.	24
Figura 5. Crescimento médio do diâmetro (\emptyset) da base caulinar, no período de 75 dias após plantio, de clones de <i>Eucalyptus sp.</i> submetidos à um potencial de água no solo de -10 kPa, em solo franco arenoso.....	26
Figura 6. Crescimento médio do diâmetro (\emptyset) da base caulinar, no período de 75 dias após plantio, de clones de <i>Eucalyptus sp.</i> submetidos à um potencial de água no solo de -1500 kPa, em solo franco arenoso.....	26
Figura 7. Crescimento médio do diâmetro (\emptyset) da base caulinar, no período de 75 dias após plantio, de clones de <i>Eucalyptus sp.</i> submetidos à um potencial de água no solo de -10 kPa, em solo argiloso.	27

- Figura 8. Crescimento médio do diâmetro (\emptyset) da base caulinar, no período de 75 dias após plantio, de clones de *Eucalyptus sp.* submetidos à um potencial de água no solo de -1500 kPa, em solo argiloso. 28
- Figura 9. Crescimento médio da área foliar, no período de 75 dias após plantio, de clones de *Eucalyptus sp.* submetidos à um potencial de água no solo de -10 kPa, em solo franco arenoso. 30
- Figura 10. Crescimento médio da área foliar, no período de 75 dias após plantio, de clones de *Eucalyptus sp.* submetidos à um potencial de água no solo de -1500 kPa, em solo franco arenoso. 30
- Figura 11. Crescimento médio da área foliar, no período de 75 dias após plantio, de clones de *Eucalyptus sp.* submetidos à um potencial de água no solo de -10 kPa, em solo argiloso. 31
- Figura 12. Crescimento médio da área foliar, no período de 75 dias após plantio, de clones de *Eucalyptus sp.* submetidos à um potencial de água no solo de -1500 kPa, em solo argiloso. 32
- Figura 13. Crescimento médio do número de folhas, no período de 75 dias após plantio, de clones de *Eucalyptus sp.* submetidos à um potencial de água no solo de -10 kPa, em solo franco arenoso. 33
- Figura 14. Crescimento médio do número de folhas, no período de 75 dias após plantio, de clones de *Eucalyptus sp.* submetidos à um potencial de água no solo de -1500 kPa, em solo franco arenoso. 34
- Figura 15. Crescimento médio do número de folhas, no período de 75 dias após plantio, de clones de *Eucalyptus sp.* submetidos à um potencial de água no solo de -10 kPa, em solo argiloso. 35

Figura 16. Crescimento médio do número de folhas, no período de 75 dias após plantio, de clones de <i>Eucalyptus sp.</i> submetidos à um potencial de água no solo de -1500 kPa, em solo argiloso.	35
Figura 17. Acúmulo médio de massa seca total de clones de <i>Eucalyptus sp.</i> submetidos à dois manejos hídricos em solo franco arenoso.....	37
Figura 18. Acúmulo médio de massa seca total de clones de <i>Eucalyptus sp.</i> submetidos à dois manejos hídricos em solo argiloso.....	38
Figura 20. Resistência Estomática Foliar dos clones de <i>Eucalyptus sp.</i> , ao longo do dia, submetido à dois manejos hídricos em solo franco arenoso.	40
Figura 22. Resistência Estomática Foliar dos clones de <i>Eucalyptus sp.</i> , ao longo do dia, submetido à dois manejos hídricos em solo argiloso.....	41
Figura 23. Potencial hídrico foliar dos clones de <i>Eucalyptus sp.</i> , ao longo do dia, submetido à dois manejos hídricos em solo franco arenoso.	42
Figura 24. Potencial hídrico foliar dos clones de <i>Eucalyptus sp.</i> , ao longo do dia, submetido à dois manejos hídricos em solo argiloso.....	43
Figura 25. Teor relativo de água em clones de <i>Eucalyptus sp.</i> submetidos à dois manejos hídricos em solo franco arenoso.....	44
Figura 26. Teor Relativo de Água em clones de <i>Eucalyptus sp.</i> submetidos à dois manejos hídricos em solo argiloso.....	44

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Análise química de macronutrientes dos solos franco arenoso (Ar) e argiloso (Ag).....	16
Tabela 2. Análise química de micronutrientes dos solos.....	17
Tabela 3. Granulometria e classificação textural dos solos Ar e Ag, na profundidade de 0 a 0,20 metros.	17
Tabela 4. Valores médios iniciais de altura(cm) e diâmetro(mm) das mudas dos clones de <i>Eucalyptus sp.</i>	18
Tabela 5. Associação entre teores e potenciais de água nos solos Ar e Ag.....	18
Tabela 6. Valores médios de altura (cm) de clones de <i>Eucalyptus sp.</i> submetidos à dois potenciais de água em solo arenoso.	22
Tabela 7. Valores médios de altura (cm) de clones de <i>Eucalyptus sp.</i> submetidos à dois potenciais de água em solo argiloso.....	23
Tabela 8. Valores médios de diâmetro (Ø) em mm de clones de <i>Eucalyptus sp.</i> submetidos à dois potenciais de água no solo arenoso.	25
Tabela 9. Valores médios de diâmetro (Ø) em mm de clones de <i>Eucalyptus sp.</i> submetidos a dois potenciais de água no solo argiloso.....	27
Tabela 10. Valores médios de área foliar (cm ²) de clones de <i>Eucalyptus sp.</i> submetidos à dois potenciais de água no solo arenoso.	29
Tabela 11. Valores médios de área foliar (cm ²) de clones de <i>Eucalyptus sp.</i> submetidos à dois potenciais de água no solo argiloso.	31
Tabela 12. Valores médios de número de folhas de clones de <i>Eucalyptus sp.</i> submetidos à dois potenciais de água no solo arenoso.....	33

Tabela 13. Valores médios de número de folhas de clones de <i>Eucalyptus sp.</i> submetidos à dois potenciais de água no solo argiloso.	34
Tabela 14. Valores médios de massa seca total de clones de <i>Eucalyptus sp.</i> submetidos à dois potenciais de água no solo arenoso.	36
Tabela 15. Valores médios de massa seca total de clones de <i>Eucalyptus sp.</i> submetidos a dois potenciais de água no solo argiloso.	37

RESUMO

O desenvolvimento das plantas está relacionado, dentre outros fatores, com a disponibilidade de água no solo, assim como sua capacidade de adaptação e resposta a déficits hídricos. O intuito deste estudo foi analisar e mensurar os possíveis efeitos do estresse hídrico no crescimento e em algumas características morfofisiológicas de quatro materiais genéticos distintos de *Eucalyptus sp.* em dois tipos de solos, franco arenoso e argiloso. O experimento foi conduzido em vasos, em casa de vegetação, no Departamento de Ciência Florestal, Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, campus de Botucatu, no período de fevereiro a abril de 2014. Os potenciais mínimos de água no solo: Sem estresse (SE) = -10 kPa; e com estresse (CE) = -1.500 kPa, fundamentaram a definição do manejo hídrico utilizado. A reposição da água evapotranspirada ocorreu por pesagem dos vasos, sendo que no nível SE, tensiômetros também foram utilizados para um controle mais efetivo da quantidade de água no solo. Os quatro clones utilizados foram: AEC-144, AEC-1528, COP 1407 e VM01 (clones 1,2,3 e 4 respectivamente), sendo todos materiais comercialmente produzidos e plantados em território nacional. As avaliações das plantas aos 0, 25, 50 e 75 dias após o plantio foram: altura da parte aérea, diâmetro do colo, área foliar, número de folhas, massa seca total, resistência estomática, potencial de água na folha e teor relativo de água na folha. O ensaio constituiu-se de um fatorial duplo 2x4 (dois níveis de água x quatro materiais genéticos), sendo os tipos de solo analisados separadamente. Os resultados indicaram influência dos tratamentos de manejo hídrico nas características avaliadas, para ambos os tipos de solo. Na última avaliação, aos 75 dias após implantação, para o solo franco arenoso, o clone 2 apresentou, estatisticamente, valores maiores que os demais em área foliar e

acúmulo de massa seca total em SE. Enquanto em CE o clone 4 destacou-se em altura e diâmetro, e juntamente com o clone 2 apresentaram maior área foliar. Já para o solo argiloso, altura da parte aérea e diâmetro do colo não diferenciaram estatisticamente entre os clones em ambos os manejos hídricos. Para área foliar e número de folhas, os clones 1 e 3 obtiveram valores maiores que os clones 2 e 4 em SE. Enquanto que em CE, o clone 3 mostrou-se com um desenvolvimento maior em área foliar e o clone 1 apresentou menor valor de acúmulo de massa. Tratamentos sem estresse hídrico tiveram maior desempenho em todas as características estudadas, não havendo influência dos clones nem dos tipos de solo. Os potenciais de água na planta foram menores às 14:00 h. A resistência estomática acompanhou os potenciais, porém apresentando maiores valores nos tratamentos submetidos à deficiência hídrica. Assim, conclui-se que há um melhor desempenho das plantas mantidas a um potencial de água no solo de -10kPa e comprova-se a maior resistência ao estresse hídrico pelos clones 2 e 4 para ambos os tipos de solo. O clone 3 mostrou-se mais sensível ao estresse hídrico em solo franco arenoso, enquanto que o clone 1 teve seu desenvolvimento mais limitado nessas condições em solo argiloso.

Palavras-chave: Eucalipto, estresse hídrico, desenvolvimento inicial

CLONES OF *Eucalyptus sp.* SUBJECT TO DROUGHT STRESS ON TWO TYPES OF SOIL. Botucatu, 2015. 55 f.

Dissertation (Mestrado em Agronomia / Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: KAIO BARON DE LIMA

Adviser: ANTÔNIO EVALDO KLAR

SUMMARY

Plant development is related, among other factors, to the availability of water in the soil, as well as their ability to adapt and respond to water deficits. The objective of this study was to assess the possible effects of drought stress on the growth, and on some morphological and physiological aspects of four distinct genetic materials of *Eucalyptus sp.* in two types of soil, sandy loam and clay. The experiment was conducted in pots at a greenhouse in the Department of Forestry Sciences, Faculty of Agricultural Sciences, UNESP, Botucatu, from February to April of 2014. The minimal potentials of water in the soil: No stress (SE) = -10 kPa; and Stressed (CE) = -1500 kPa, were used to define the water management employed. The replacement of water evapotranspired was determined by weighing the pots, and tensiometers were also used for more effective irrigation control in the SE treatment. The four clones used were: AEC-144, AEC-1528, COP 1407 and VM01 (clones 1, 2, 3 and 4 respectively), all materials were commercially produced and planted in national territory. The aspects of the plants that were evaluated at 0, 25, 50 and 75 days after planting were: height of aerial parts, stem diameter, leaf area, number of leaves, total dry mass, stomatal resistance, leaf water potential and relative content of leaf water. The test consisted of a double factorial 2x4 (two levels of water x four genetic material) and soil types analyzed separately. The results, in both soil types, indicate an influence of water management treatments in the aspects evaluated. At the last evaluation, 75 days after implantation, for the sandy loam soil, clone 2 showed statistically higher values than the other in leaf area, accumulation of total dry mass SE. While in the CE the clone 4 highlighted in height and diameter, and with the clone 2 had greater leaf area. As for the clay soil, shoot height and stem diameter did not differ statistically between clones in both water management. For leaf area and leaf

number, clones 1 and 3 had higher values than the clones 2 and 4 in SE. While in CE, the clone 3 showed up with further developments in leaf area and the clone 1 showed lower mass accumulation value. The water potential in the plant were lowest at 14:00 h. The stomatal resistance follows the water potential, with higher values in treatments subjected to drought stress. Therefore, the plants indicates better performance when cultivated in a soil with a water potential of -10 kPa, it also concludes that clone 2 and 4 have greater water stress resistance in both types of soil. Clone 3 was more sensitive to drought stress in sandy loam soil, while clone 1 had its development limited in these conditions in clay soil.

Keyword: Eucalyptus, drought stress, initial development.

1 - INTRODUÇÃO

No país há uma grande demanda pela madeira de eucalipto devido à sua versatilidade, com a área de florestas plantadas chegando a 5,10 milhões de hectares (ABRAF, 2013). Segundo Barreto et al. (2007), a cultura possui um ciclo de vida comercial relativamente curto e alta produtividade, devido ao rápido desenvolvimento e a boa adequação ao clima e ao solo do país, tornando a espécie mais difundida em território nacional. Em ambientes tropicais, a sustentabilidade da produção florestal é governada, principalmente, pelos fluxos de água e nutrientes do solo, uma vez que, geralmente, temperatura e radiação solar não são limitantes (BARROS e COMERFORD, 2002).

Por ser diretamente impactante no sucesso da implantação e estabelecimento da cultura, a produção de mudas com um alto padrão de qualidade faz-se essencial, além de outros fatores tão relevantes quanto. Devido a esse papel de notável influência, é relevante conhecer a relação entre o ambiente e desenvolvimento da planta.(GOMES, 2002; MANTOVANI, 2003; MARTINS, 2007).

Os vegetais têm seu crescimento em função de vários fatores fisiológicos, controlados e influenciados pela particularidade genética de cada espécie e pelas condições ambientais. O conhecimento dos fatores que controlam o uso da água faz-se necessário para entender o desenvolvimento e o mecanismo hidrológico de uma plantação de eucalipto. (TONELLO e TEIXEIRA FILHO, 2007).

De acordo com Taiz e Zeiger (2004), o tecido vegetal é constituído principalmente por água, tendo diversas funções nesses organismos, sendo necessária desde metabolismo vegetal até a estruturação e formação dos órgãos, sendo assim indispensável no desenvolvimento das culturas, sejam elas perenes ou anuais.

Ainda segundo os autores, a planta têm seu crescimento e desenvolvimento influenciados negativamente pela redução de água disponível no solo, em qualquer fase do seu ciclo, influenciando no metabolismo, ocasionando o fechamento total ou parcial dos estômatos, diminuindo a perda de água e, conseqüentemente, a fixação de CO₂. Dessa forma, pode-se dizer que a quantidade de água disponível no solo influencia a produtividade agrícola e florestal.

Segundo Lopes et al (2012), os produtores de eucalipto têm sido forçados a se utilizarem de áreas marginais para cobrir a necessidade que o mercado impõe. Estas áreas estão localizadas, principalmente, na região Nordeste do país, onde a maior parte das terras apresentam problemas de salinidade (CARNEIRO et al., 2002). Segundo ABRAF (2013), os estados que apresentaram o maior crescimento de área plantada foram o Mato Grosso do Sul (18,4%) e o Tocantins (39,6%), em relação ao ano anterior. Os atrativos econômicos provenientes dessa cultura têm levado essa atividade a regiões menos tradicionais quanto ao plantio dessas espécies, como a região Norte, onde o plantio de espécies florestais de rápido crescimento em áreas já alteradas pode amenizar a pressão sobre as florestas nativas (Silva et al. 2004; Souza et al. 2004). Portanto, nota-se uma tendência de migração da cultura, que tem maior concentração na região sudeste do país, para regiões mais áridas como norte e nordeste, onde há solos mais pobres, temperaturas médias mais elevadas e regimes hídricos mais limitados.

Para Carlesso (1995), a textura do solo interfere diretamente na quantidade de água armazenada no mesmo, o que leva o aparecimento de diferentes respostas da planta em relação aos mecanismos de adaptação à umidade do solo, variando qualitativa e quantitativamente sua resposta ao déficit hídrico.

Tendo em vista a expansão da cultura para áreas em que as condições ambientais são menos favoráveis, o estudo de diferentes materiais genéticos, sob diferentes condições hídricas, assume particular importância devido à sua influência nas características de desenvolvimento das plantas.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar e comparar o desenvolvimento de quatro materiais genéticos de eucalipto sob influência de estresse hídrico em dois tipos de solo distintos.

2 - REVISÃO DE LITERATURA

2.1 - Eucalipto

O gênero *Eucalyptus* pertence à família Myrtaceae, ordem Myrtales das Angiospermas, que abrange cerca de 700 espécies e apresenta dois grandes centros de dispersão: Américas e Austrália (LIMA, 1984 e MARTINS, 2007).

Com o rápido crescimento e por apresentar boa adequação ao clima e ao solo do país, a cultura do eucalipto possui ciclo de produção relativamente curto (BARRETO et al., 2007) e alta produtividade, sendo assim a espécie mais difundida em território nacional.

Segundo ABRAF (2013), em 2012, a área povoada por plantios florestais de *Eucalyptus* e *Pinus* no Brasil totalizou 6.664.812ha, sendo 76,6% correspondente à área de plantios de *Eucalyptus*, ou seja, mais de 5 milhões de hectares.

A expansão da cultura da espécie no país, dentre outros fatores, deve-se ao aumento de investimentos e investidores e também à atenção destinada pelas empresas, que a exploram como matéria prima para vários seguimentos, dentre eles a extração de essências, produção de mourões, carvão, papel e celulose, etc (PAIVA; VITAL, 2008).

Segundo Oliveira (2012), o gênero *Eucalyptus* tem sido muito aproveitado e a sua produção tem abrangido os setores da indústria de madeira processada, energia, papel e celulose. O autor ainda cita um exemplo que, o óleo combustível em caldeiras pode ser substituído pelo carvão vegetal oriundo de eucaliptos. Além disso, o uso da cultura para serraria ainda é principiante no Brasil, por consequência da

exploração ilegal de madeira de espécies nativas em locais como a Amazônia, por exemplo. Ainda segundo ele, devido as necessidades do mercado consumidor, que se preocupa com a preservação de florestas nativas e com a produção sustentável, o utilização dos produtos florestais proveniente de florestas plantadas tem aumentado.

Para atender à demanda mundial de papel, a indústria de celulose vem obtendo incrementos expressivos de produção, o que faz que haja aumento da demanda de matéria-prima (ARRUDA et al., 2011). A necessidade de aumento de produção faz com que as empresas do setor procurem opções de manejo que aumentem a produtividade florestal (ALMEIDA, 2008).

A instância de se obter florestas cada vez mais produtivas, objetivando uma ou outra característica da madeira, seja uma maior densidade, baixos teores de extrativos ou outras características, vem atraindo as empresas brasileiras a investir ainda mais em programas de melhoramento genético e técnicas que possibilitem uma maior homogeneidade da matéria prima, permitindo um aumento da qualidade final do produto (TONINI et al., 2006).

As florestas nativas remanescentes são impactadas de maneira positiva pelo cultivo do eucalipto, de forma que a espécie enseja um alívio na demanda crescente de madeira devido à sua alta produtividade em volume de madeira (MARCHIORI; SOBRAL, 1997).

Plantios desta espécie são encontrados espalhados por quase todo o território nacional, de modo que uma vasta área de cultivo apresenta fatores que limitam o desenvolvimento das plantas, como diversos níveis de estresse hídrico (VELLINI, 2008). Desta forma é difícil a escolha de indivíduos adaptados, tornando-se necessário identificar os materiais mais promissores para cada situação (STAPE et al, 2004). A identificação destes materiais pode se dar através do emprego de características fisiológicas adequadas para seleção, beneficiando o melhoramento genético (NOGUEIRA et al., 2001), buscando equilíbrio entre os caracteres que otimizam o crescimento com aqueles que conferem maior resistência à seca (PITA et al., 2005).

2.2 - Estresse Hídrico

Fatores abióticos perturbantes, como o déficit hídrico, podem intervir no desenvolvimento da cultura desde a fase inicial do seu ciclo, de maneira a afetar a eficiência de produção das culturas, o que reduz o acúmulo de biomassa e a velocidade

de crescimento e, conseqüentemente, afeta a produtividade final (CASTRO; GARCIA, 1996; NI et al., 2000).

O termo estresse hídrico geralmente é caracterizado por ser um fator externo, que influi negativamente sobre a planta; este conceito está intimamente relacionado ao de tolerância ao estresse, que é a aptidão da planta para confrontar um ambiente desfavorável (TAIZ e ZEIGER, 2009).

A deficiência hídrica está dentre os fatores ambientais que diminuem o desenvolvimento e o crescimento vegetal e constitui uma das mais relevantes limitações à distribuição e à produtividade dos vegetais, influenciando negativamente uma média de 10% das áreas agrícolas do mundo (BARTELS e SUNKAR, 2005).

Segundo Nogueira et al (2001), um dos principais fatores responsáveis pela alta diminuição da produtividade das culturas é o déficit hídrico. Essa deficiência hídrica gera modificações no comportamento vegetal e a recuperação da planta após o déficit é relativa e depende do genótipo, (CHAVES, 1991), da fase de desenvolvimento que sofreu o estresse, da severidade e da duração (KELLING, 1995). O tempo de vida da planta diminui com o prolongar do estresse, mesmo se o causador desse estresse durar por um determinado período (LARCHER, 2000).

Processos fisiológicos são modificados em condições de estresse hídrico. Tais processos englobam a abertura e o fechamento estomático, a transpiração, respiração e fotossíntese, a produção de ácido abscísico, a abscisão foliar e ajuste osmótico. Além disso, graves danos que prejudicam o crescimento vegetal, como a diminuição da expansão celular, são causados também pela deficiência hídrica (TAIZ e ZEIGER, 2004). De acordo com os autores Novaes (1998) e Toledo (2012) muitos pesquisadores vêm realizando estudos sobre as respostas das plantas quando submetidas à diferentes ambientes e condições, utilizando para tal, a conciliação de parâmetros morfológicos, tais como altura, capacidade de ramificação, formação de folhas novas, brotação, relação altura / diâmetro de colo, capacidade das raízes se desenvolverem, massas de parte aérea e radiculares, dentre outros.

Os sintomas de deficiência hídrica no eucalipto são mais drásticos e visíveis na fase de muda (SANTARÉM et al., 1996; JELLER e PEREZ, 2001; SILVA et al., 2004), afetando seu desenvolvimento inicial. Dessa forma, o estudos das relações entre desenvolvimento, crescimento e deficiência hídrica nas espécies de *Eucalyptus sp.*, durante a fase de muda, assume primordial relevância para que não seja afetado o crescimento e o

desenvolvimento da muda no viveiro e, conseqüentemente, o sucesso na implantação da floresta (FERREIRA et al., 1999).

A água disponível para as mudas é aquela presente no substrato, no qual as mesmas são cultivadas em viveiro e que as acompanha no plantio em campo. Ao longo do tempo, a muda deve absorver a água do perfil do solo cuja habilidade dependerá, entre outros fatores, da quantidade de água no solo (GROSSNICKLE, 2005). De acordo com Thomas (2008), um dos principais geradores dos índices de mortalidade de mudas de espécies florestais, logo após o transplante, é a incapacidade das mesmas de se manterem hidratadas adequadamente. Condições em que esta hidratação é suprida pela umidade do solo ou pela redução das perdas por evaporação após o plantio reduzem a mortalidade das mudas (ALVES, 2009).

Apesar de o eucalipto ter ganhado espaço nos últimos anos, ainda existem carências nas informações sobre a cultura, principalmente sobre suas necessidades hídricas. Tradicionalmente de sequeiro por múltiplas razões, apresenta grande rusticidade e um custo consideravelmente elevado, se considerarmos os tamanhos das áreas destinadas ao plantio, para implantar sistemas de irrigação, além das questões ambientais que remontam ao antigo mito de que o eucalipto “seca” o solo e chegam à grande quantidade de água necessária para irrigar áreas tão extensas, ainda se faz necessário quantificar as necessidades hídricas da cultura. Esta quantificação auxiliaria não somente no caso da implantação de sistemas de irrigação, como também e, talvez principalmente, na escolha de regiões que ofereçam melhores condições ao desenvolvimento da cultura no que diz respeito ao regime pluviométrico (ALVES, 2009).

O estresse provocado pela falta de água pode acarretar vários impactos sobre o desenvolvimento da planta. Quando o avanço do déficit hídrico é relativamente lento, isso permite que a planta passe por mudanças nos processos de desenvolvimento, tornando-se mais apta à sobreviver nessas condições por exemplo. As espécies de eucalipto podem apresentar diferentes resistências ao déficit de água no solo (TATAGIBA et al., 2007).

Para Souza et al. (2006), as conseqüências da deficiência hídrica no desenvolvimento das árvores estão diretamente relacionadas com a relação entre a produtividade florestal e a disponibilidade de água no solo.

2.3 - Água na planta

De acordo com Paz et al. (2000), a água é uma substância essencial para os ecossistemas naturais e para a absorção de nutrientes do solo pelas plantas.

Segundo Sousa Filho e Freire (2008), de todas as substâncias incorporadas pelas plantas, a água é necessária em maior quantidade. De acordo com Pereira (2006), no desenvolvimento e crescimento de um vegetal, a água se mostra crucial em diversos aspectos, dentre eles destacam-se:

- envolvimento na fotossíntese como fonte de elétrons para produção de energia, após ativação da clorofila;
- transporte de solutos e gases;
- envolvida na divisão celular;
- interfere na expansão celular e crescimento do vegetal;
- intervém na turgidez das células radiculares e na sua intrusão no solo;
- fundamental para processo de abertura e fechamento dos estômatos;
- atividade enzimática envolvida com atividade respiratória;
- poder tampão na temperatura da planta;
- assim como a translocação dos produtos da fotossíntese para outras partes da planta.

A diferença entre o potencial de água no solo e o de vapor d'água na atmosfera ao redor das folhas é a força motriz responsável pela movimentação da água na planta, resultando assim em um sistema hidráulico com certa complexidade, uma vez que as partes funcionais do vegetal encontram-se interligadas por um líquido que tem caminhamento entre essas partes, por exemplo o curso da água das raízes para as folhas sendo causado por uma redução no potencial da água devido à transpiração (AWARD e CASTRO, 1983).

De acordo com Klar (1984), a transpiração é um processo resultante do conjunto de fenômenos físicos ligados à difusão dos gases, sendo o intercâmbio de gás carbônico e de oxigênio diretamente proporcional ao do vapor d'água. Ainda segundo o autor, plantas que apresentam altos índices de absorção de CO₂ dispõem de grandes perdas por transpiração e elevados consumos de água acarretam em um aumento positivo da produtividade.

2.4 - Água no solo

Pela definição proposta por Reichardt e Timm (2004), água no solo consiste na camada externa e agricultável da superfície terrestre. Ainda segundo os autores, o solo é caracterizado por ser um material poroso e características inusitadas, que originam-se por ações de processos físicos, químicos e biológicos, além de decomposição e recombinação sofridos pelas rochas. Para Klar (1984), a definição de solo condiz com um sistema poroso composto por partículas sólidas e volume de vazios, que podem ser ocupados pelo ar e pela água, sendo responsável pela armazenagem da água e nutrientes disponíveis para as plantas. De acordo com Gonzáles e Alves (2005), a quantidade de água que infiltra no solo juntamente com outros fatores que colaboram para que a mesma permaneça retida, estão diretamente relacionados com a capacidade de armazenamento de água deste solo. Esta quantidade de água armazenada está associada com algumas propriedades físicas deste solo, como textura, distribuição e diâmetro médio dos poros (PETRY, 2007).

Pode-se dizer que de todo o volume de água que tem contato com o solo, apenas uma parte é armazenada, apresentando variação no tempo e espaço, especialmente próximo à superfície, devido à atividade radicular e evaporação que ocorrem nesta região, sendo assim considerada altamente dinâmica (OR e WRAITH, 2000, apud GONZÁLEZ e ALVES, 2005).

Para as plantas, o estado de energia da água no solo é importante, pois solos de diferentes classes texturais podem ter semelhantes quantidades de água, porém com distintos estados de energia, pois o movimento de água se dá por diferença de potencial hídrico, tanto no solo como do solo para a planta. Para que as plantas consigam absorver água, as células da epiderme de suas raízes devem estar num potencial mais negativo do que a água que está no solo. A presença de raízes tende a aumentar a velocidade de infiltração no solo, sendo que nos solos franco arenosos a infiltração de água é muito maior do que nos solos argilosos, porém a retenção é menor. Com a adição ou existência de material orgânico a infiltração é favorecida nos horizontes onde a matéria orgânica atua (GONÇALVES e PASSOS, 2000). Quando o solo seca, o seu potencial mátrico fica mais negativo, porém as plantas continuam a absorver água durante o tempo em que o potencial hídrico for menor, devido ao ajuste osmótico, ou acumulação de solutos pelas células, fazendo que as plantas consigam manter o turgor e o volume celular. Esse ajuste osmótico desenvolve-se lentamente em resposta à desidratação do tecido, e, assim,

pode-se questionar se não seria o resultado de outro fator, como a diminuição da taxa de crescimento, o que poderia evidenciar que seja uma aclimatação que permite à planta tolerar mais o déficit hídrico (TAIZ e ZEIGER, 2004).

De acordo com Kramer e Boyer (1995) alguns fatores podem reduzir ou aumentar o potencial de água em qualquer sistema fechado, partindo do princípio que esta variação interfira na pressão parcial de vapor da água do sistema. Ainda segundo os autores, a adição de solutos na água, que diluem e adelgaçam sua atividade por hidratação dos íons, além da adição de sólidos porosos ou com cargas eletrostáticas como as partículas de argila, são responsáveis por reduzir a pressão parcial da água. Eles ainda afirmam que fatores como a diluição ou remoção de solutos, diminuindo a pressão osmótica, e a aplicação de uma pressão acima da pressão atmosférica ambiente são motivadores do aumento dessa pressão parcial no sistema.

Jensen et al. (1998) alegam que o crescimento das plantas é mais influenciado pelo potencial de água no solo do que pela quantidade encontrada no mesmo. Acevedo et al. (1971) concluíram que mínimas variações nesse potencial de água no solo interferiram drasticamente no desenvolvimento de plantas de milho, sendo que o crescimento de folhas foi prejudicado.

Winter (1996) afirma que, havendo quantidade de água no solo suficiente, o movimento dela se dá por difusão, onde caminha do solo até a atmosfera passando pela planta, denominando-se sistema contínuo solo-planta-atmosfera. Ainda segundo o autor, este movimento ocorre devido à existência de um gradiente de potencial de água, que há entre o solo (a princípio com maior potencial), a planta (com menor) e a atmosfera (em geral com menor que os outros), sendo responsável pela condução de água do solo pela planta até as folhas, onde é eliminada pela transpiração.

Tradicionalmente, a capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PMP) são conceituados como os limites máximo e mínimo, respectivamente, de água disponível para as plantas. Com os valores desses limites, pode-se determinar a capacidade de armazenamento de água disponível no solo, considerando a profundidade do sistema radicular (BERGAMASCHI et al., 1992).

Para fins de projetos e manejos de irrigação é importante que seja quantificado um percentual representante da parcela disponível de água presente no solo, podendo esta ser utilizada pela cultura (DOORENBOS e PRUITT, 1977). Essa quantificação é imprescindível para a definição do momento em que se deve irrigar, sendo

crucial o monitoramento da umidade do solo (STEELE et al., 1997). Segundo Kramer e Boyer (1995), o momento de irrigar pode ser determinado por diversos métodos, sendo o que controla o potencial da água no solo o de maior simplicidade de manejo (TAYLOR, 1965; CAMPBELL, 1988; HENDRICKX e WIERENGA, 1990). Considerando-se o potencial de água no solo como o único elemento de restrição ao desenvolvimento das plantas, pode-se dizer que os tensiômetros são as ferramentas mais empregadas para tal aferição, uma vez que indicam quando deve-se irrigar com base em um potencial limite (TORMENA et. al, 1999).

Em condições de campo, o tensiômetro é o aparelho mais recomendado e utilizado para a indicação do potencial mátrico. Nesse sentido, a utilização de tensiômetros para determinar o instante preciso de começar a irrigação, sem desperdício de água e energia, apresenta-se como uma ferramenta de alta tecnologia para máxima produção com menores custos e preservação dos recursos hídricos.

Tensiômetros são aparelhos que permitem um monitoramento contínuo para medir diretamente o potencial de água no solo, porém não indicam a quantidade de água que deve ser aplicada. Esta deve ser determinada com base no sistema de irrigação adotado e na característica do solo. Eles fornecem informações úteis para irrigação, a título de planejamento e gestão, permitindo manter os níveis de umidade do solo adequados ao desenvolvimento das plantas (HENSLEY e DEPUTY, 1999). São largamente utilizados como ferramenta de manejo de irrigação, tendo em vista sua praticidade, baixo custo e satisfatória precisão na determinação de água no solo (SOCCOL, 2005).

Existem três sistemas de leitura do tensiômetro: manômetro de mercúrio, vacuômetro de Bourdon e tensímetro digital. Segundo Marthaler et al. (1983) o tensímetro digital opera através de um transdutor de pressão para realizar a transmissão do sinal referente à tensão no interior do tensiômetro no instante da leitura, sendo que este valor é apresentado digitalmente no visor do aparelho. Brito et al. (2009) ressaltam que, apesar de apresentar limitações como outros equipamentos, o tensiômetro tem correspondidos às expectativas. Os autores ainda afirmam que a abrangência de leitura do aparelho é um fator limitante, levando em consideração que um valor importante para o manejo das culturas chega a -1500 kPa e que o sistema é eficiente dentro da faixa de 0 a -85 kPa.

3- MATERIAL E MÉTODOS

O município de Botucatu encontra-se no interior do estado de São Paulo (22°53'09''S; 48°26'42''W), a 235 km da capital, situado a aproximadamente a 786 m do nível do mar, possui cerca de 127.000 habitantes, com área de aproximadamente 1.482,642 km² e biomas predominantes de cerrado e mata atlântica (IBGE, 2013).

O experimento foi realizado no viveiro de mudas florestais do Departamento de Ciência Florestal pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA) – UNESP, campus de Botucatu / SP, no período de fevereiro à abril de 2014.

3.1 -Caracterização geral da área experimental

3.1.1 - Clima

A condição climática do município, seguindo a classificação de Köeppen, é definido como Cwa, clima temperado quente com inverno seco e verão chuvoso, com temperatura média do mês mais quente superior à 22°C (CUNHA e MARTINS, 2009), e a do mês mais frio de 16,7 °C. As médias das temperaturas do ar, máxima e mínima, são de 23,5 e 17,4°C, respectivamente, e a média da temperatura do ar anual é de 20,6 °C. O total de precipitação pluvial média é de 1500 mm, demonstrando um total médio de 230 mm e 37 mm para os meses de maior e menor incidência pluviométrica, respectivamente (CARDOSO, 2011).

3.1.2 - Ambiente

O experimento foi conduzido em ambiente protegido, cuja casa de vegetação possui dimensões de 10 m de comprimento, 4,5 m de largura, altura central de 5 m e altura das laterais de 2,30 m. A estrutura superior é feita com arcos constituídos por tubos de aço galvanizados, possui cobertura de filme de polietileno transparente, de espessura 100 μ , e as laterais de tela “sombrite” com 30% de sombreamento, com “cortinas móveis”, em forma de “toldo retrátil”, de filme de polietileno, a fim de evitar a entrada de água em dias chuvosos.

No interior do ambiente, foram construídas bancadas de madeira, com altura de 1,20 m em relação ao piso e largura de 0,6 m, para acomodação dos vasos, evitando o contato dos mesmos com o solo e melhorando a ergonomia do trabalho.

3.1.3 - Solo

Foram utilizados duas classes texturais de solos, um franco arenoso e outro argiloso, sendo denominados Ar e Ag, respectivamente, cujas características físicas e químicas encontram-se nas Tabelas 1, 2 e 3. Ambos os solos foram coletados cerca de 30 dias antes do início do experimento. Eles passaram por peneira de malha de 5 mm, e logo em seguida, foram espalhados sobre uma “lona plástica” no interior do ambiente para secagem, sendo revolvidos diariamente, com determinação dos teores de umidade até atingirem as proximidades da massa seca ao ar para o preenchimento dos vasos.

Para avaliar a necessidade de correção da acidez dos solos e de adubação de base foram feitas as análises química e física, as quais foram determinadas pelo Laboratório de Análises do Departamento de Solos e Recursos Ambientais, da FCA/UNESP – Botucatu, segundo metodologia descrita por Raij et al. (2001).

Tabela 1. Análise química de macronutrientes dos solos franco arenoso (Ar) e argiloso (Ag).

Solo	pH	M.O.	P.resina	Al ³⁺	H + Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	S
	(CaCl ₂)	(g/dm ³)	(mg/dm ³)				(mmol/dm ³)				(%)	(mg/dm ³)
Ar	6,8	12	45	0	9	1,0	181	51	233	242	96	6
Ag	5,1	19	8	0	31	0,8	20	13	34	65	53	33

Tabela 2. Análise química de micronutrientes dos solos.

Solo	Boro	Cobre	Ferro	Manganês	Zinco
(mg/dm ³)					
Ar	0,13	0,9	24	8,2	2,2
Ag	0,21	3,9	27	5,1	0,2

Tabela 3. Granulometria e classificação textural dos solos Ar e Ag, na profundidade de 0 a 0,20 metros.

Solo	Granulometria (%)			Classe textural
	Areia	Silte	Argila	
Ar	53,2	32,6	14,2	Franco Arenosa
Ag	23,9	25,7	50,4	Argilosa

3.2 - Espécies e clones utilizados para as mudas

Foram utilizados diferentes materiais genéticos da espécie *Eucalyptus sp.*. Os clones foram obtidos de diferentes viveiros comerciais. Para a produção das mudas, foram utilizados tubetes cilindro-cônicos de polietileno com dimensões de 12,5 x 2,5 x 0,8 cm (comprimento x diâmetro da abertura superior x diâmetro de abertura inferior) e volume de 50 cm³, com seis estrias internas salientes, preenchidos por substrato, constituído a base de turfa, casca de arroz carbonizada e vermiculita, possuindo uma adubação de base contendo macro e micronutrientes. As mudas foram conduzidas nos viveiros até o momento de expedição a campo (90 dias), não havendo rustificação das mesmas. Os clones foram: AEC-144 (*Eucalyptus urophylla*), AEC-1528 (*Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla*), COP 1407 (*Eucalyptus urophylla S.T. Blake*) e VM 01 (*Eucalyptus camaldulensis Dehnh. x Eucalyptus urophylla S.T. Blake*), (clones 1, 2, 3 e 4 respectivamente). Estes materiais são os mais comercializados e resistentes à seca, conforme informações de viveiristas e do mercado.

Na Tabela 4 encontram-se os valores médios iniciais de altura(cm) e diâmetro(mm) das mudas dos clones de *Eucalyptus sp.* que foram utilizadas no experimento.

Tabela 4. Valores médios iniciais de altura(cm) e diâmetro(mm) das mudas dos clones de *Eucalyptus sp.*.

	Altura (cm)	Diâmetro (mm)
Clone 1	28,6	3,49
Clone 2	29,4	3,78
Clone 3	31,2	4,13
Clone 4	31,7	3,82

3.3 - Relações entre teores e potenciais de água do solo

Para determinação da associação dos teores e potenciais de água dos solos foi utilizado o método da Placa de Pressão de Richards (KLAR, 1984) e encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5. Associação entre teores e potenciais de água nos solos Ar e Ag.

	Solo	Potencial (kPa)					
		- 10	- 30	- 50	- 100	- 500	- 1500
Umidade	Ar	10,30	7,82	6,98	6,14	5,08	5,05
Base Massa	Ag	25,00	21,37	20,45	19,41	17,32	17,05
Seca (%)							

3.4 - Enchimentos dos vasos e plantio

Antes dos solos serem inseridos nos vasos, o solo argiloso (Ag) recebeu adubação de base contendo fertilizante com formulação N-P-K (8:28:16) na dosagem de 2 Kg do fertilizante por metro cúbico de solo, sendo misturados por 5 minutos em betoneira. Enquanto que o franco arenoso (Ar) não necessitou de correção.

Os vasos utilizados tinham capacidade de 14 litros. Foram internamente forrados com papel filtro e “sombrite” com as mesmas dimensões do fundo do vaso, a fim de evitar perda de solo e impedir a exposição das raízes. Posteriormente, foram preenchidos com 12 Kg de solo seco ao ar, peneirado e corrigido.

3.5 - Aplicação dos tratamentos

Foram determinados dois níveis de água, a partir dos resultados da curva de potencial de água no solo, fazendo-se a reposição da água evapotranspirada. Para

este controle, a irrigação foi realizada apoiando-se basicamente em dois métodos. Um deles foi o método da pesagem, sendo utilizado no tratamento cujo potencial de água (Ψ_s) mínimo foi de -1500 kPa (CE), através do uso de balança digital com precisão de 2g. Foi estabelecido um valor mínimo de massa para este tratamento cujos vasos deveriam atingir para serem novamente irrigados até o valor de $\Psi_s = -10$ kPa. Para o outro tratamento ($\Psi_s = -10$ kPa = SE) foram usados tensiômetros para medir o potencial matricial, acompanhado também de pesagens para se proceder a irrigação com o intuito de também atingir o valor de $\Psi_s = -10$ kPa, diariamente.

Os dois manejos hídricos foram aplicados aos quatro clones e aos dois tipos de solo, de forma que cada tratamento foi composto por oito vasos, sendo cada vaso uma repetição. Foram determinadas previamente as massas dos vasos, do solo seco e das plantas (sendo que a massa das plantas foi determinada junto com as avaliações, a cada 25 dias em função do seu crescimento). A partir do peso seco do solo e dos dados de retenção de água, determinou-se a massa que este solo deveria ter quando estivesse com a umidade correspondente ao seu tratamento de manejo hídrico.

3.6 - Avaliações do experimento

3.6.1 - Determinação das características morfológicas

As avaliações morfológicas que foram realizadas a fim de estimar os efeitos dos tratamentos no desenvolvimento vegetal são: altura da parte aérea, diâmetro do colo, área foliar, número de folhas, e massa total.

Os instrumentos utilizados foram: fita métrica, paquímetro digital, aparelho medidor de área foliar e balança digital. A matéria seca foi obtida em estufa a uma temperatura de aproximadamente 65°C até atingir massa constante. As avaliações foram feitas a cada 25 dias, totalizando 4 avaliações com a inicial.

3.6.2 - Determinação das características fisiológicas

As características fisiológicas avaliadas foram: a resistência estomática, medida com um porômetro (LEAF POROMETER – DECAGON DEVICE), o potencial hídrico foliar pela Bomba de Scholander e o Teor Relativo de Água na Folha (TRA).

Para se definir os valores de Teor Relativo de Água (TRA), admitiu-se o método descrito por Catsky (1960), modificada por Perez et al. (1982) e calculado pela equação:

$$\text{TRA} = \frac{(\text{MF} - \text{MS}) \times 100}{(\text{MST} - \text{MS})}$$

Em que:

MF = Massa da matéria Fresca

MS = Massa Seca

MST = Massa Saturada

Para o uso do porômetro e da Bomba de Scholander, todos os tratamentos tiveram o solo levados ao potencial de -10kPa na noite anterior. Para as avaliações foram utilizadas as folhas mais novas totalmente expandidas.

3.6.3 - Delineamento estatístico

O experimento se deu através de um fatorial duplo com dois potenciais hídricos (SE e CE) e quatro materiais genéticos, com 8 repetições, perfazendo um total de 128 mudas (8 plantas x 4 clones x 2 potenciais de água no solo x 2 tipos de solo). A análise estatística foi feita através do uso da técnica de análise de variância, seguida do teste de Tukey a 5% de nível de significância, e a comparação entre as médias dos diferentes tratamentos e interações ocorridas foram feitas com o programa Minitab.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Características morfológicas

4.1.1 - Altura das plantas

A altura da parte aérea é considerada como um dos principais parâmetros utilizados na classificação e seleção de mudas, principalmente por ser de fácil medição. De acordo com Gomes et al. (2002), que trabalharam com mudas de *Eucalyptus grandis*, a altura pode ser empregada na estimativa da qualidade morfológica das plantas, quando apurada de maneira singular.

É possível verificar com as medições realizadas ao longo do período de condução do trabalho que, em ambos os tipos de solo, todos os materiais genéticos submetidos ao potencial de água no solo de -10 kPa (SE) apresentaram um desenvolvimento superior que os submetidos ao de -1500 kPa (CE) de potenciais mínimos de água no solo.

Com base nos dados da Tabela 6, pode-se verificar que, no tratamento SE, os clones 2 e 4 diferiram-se estatisticamente dos clones 1 e 3, apresentando um maior incremento de altura durante o experimento que, provavelmente, se deva às características dos materiais genéticos. Já para os tratamentos CE, o clone 2 não diferiu estatisticamente dos demais. Enquanto que o clone 4, estatisticamente, não apresentou diferença do clone 2, porém diferenciou-se dos clones 1 e 3, apresentando um maior desenvolvimento mesmo em condições adversas de

estresse hídrico, podendo ser atribuído tal destaque à característica do material genético. Nota-se que houve diferença entre os tratamentos SE e CE dentro de cada clone.

Tabela 6. Valores médios de altura (cm) de clones de *Eucalyptus sp.* submetidos à dois potenciais de água em solo arenoso.

	SE	CE
CLONE 1	75,5 bA	45,2 cB
CLONE 2	102,0 aA	55,4 bcB
CLONE 3	76,4 bA	41,0 cB
CLONE 4	101,2 aA	76,1 bB
CV (%):	5,83	

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

A Figura 1 mostra os resultados obtidos no solo franco arenoso sob influência de SE e, nota-se que o clone 4, apesar de apresentar um desenvolvimento superior que os demais clones durante o período do experimento, não se diferenciou do clone 2 na última avaliação, sendo que este apresentou uma elevação no seu ritmo de crescimento após o 50º dia após plantio. Os clones 2 e 4 tiveram desempenho superior que os clones 1 e 3 de aproximadamente 33% ao final do experimento.

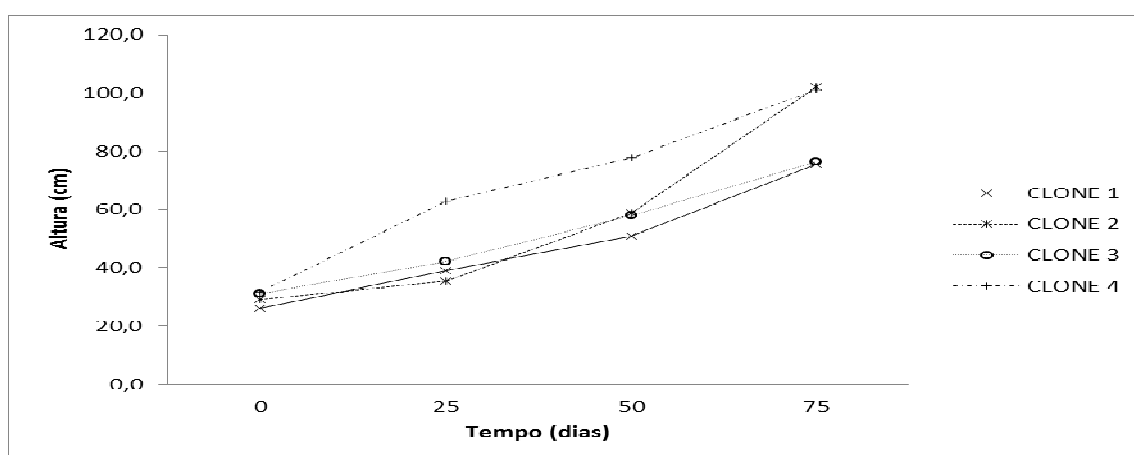


Figura 1. Crescimento médio em altura, no período de 75 dias após plantio, de clones de *Eucalyptus sp.* submetidos à um potencial de água no solo de -10 kPa, em solo franco arenoso.

Na Figura 2, que mostra o desempenho dos clones em solo franco arenoso sob influência de CE, pode-se observar que o ritmo de crescimento do

clone 4 foi mais intenso que os demais durante a execução do experimento. Porém, ao final do mesmo, não houve diferença entre os clones 2 e 4, apenas do clone 4 em relação aos clones 1 e 3, com uma diferença de aproximadamente 40%.

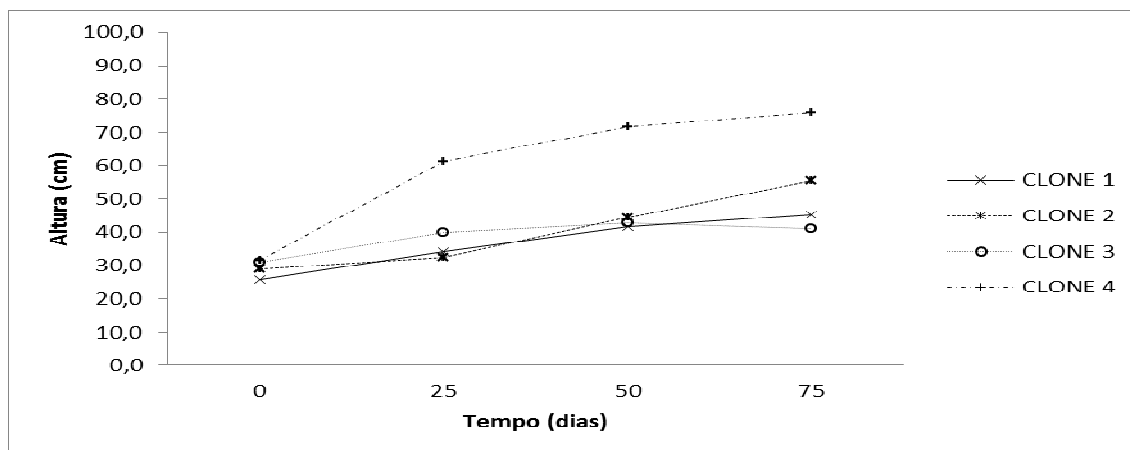


Figura 2. Crescimento médio em altura, no período de 75 dias após plantio, de clones de *Eucalyptus sp.* submetidos à um potencial de água no solo de -1500 kPa, em solo franco arenoso.

Já na Tabela 7, que aborda os resultados obtidos no solo argiloso, nota-se que, tanto em SE quanto em CE, não houve diferenciação estatística entre os clones, apenas entre os potenciais de água.

Tabela 7. Valores médios de altura (cm) de clones de *Eucalyptus sp.* submetidos à dois potenciais de água em solo argiloso.

	SE	CE
CLONE 1	131,4 aA	70,0 bcB
CLONE 2	121,6 aA	83,4 bB
CLONE 3	125,5 aA	76,8 bB
CLONE 4	142,5 aA	89,8 bB
CV (%):	10,68	

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

As Figuras 3 e 4 mostram o desenvolvimento em altura dos clones em solo argiloso para SE e CE (respectivamente) durante o período de experimento. Nota-se que os clones apresentaram um ritmo de desenvolvimento semelhante, não havendo diferença entre eles.

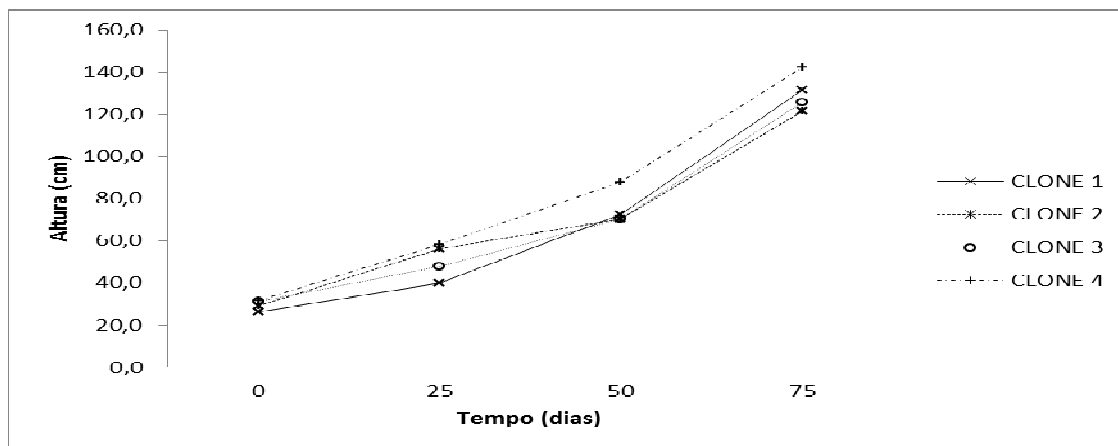


Figura 3. Crescimento médio em altura, no período de 75 dias após plantio, de *Eucalyptus sp.* submetidos à um potencial de água no solo de -10 kPa, em solo argiloso.

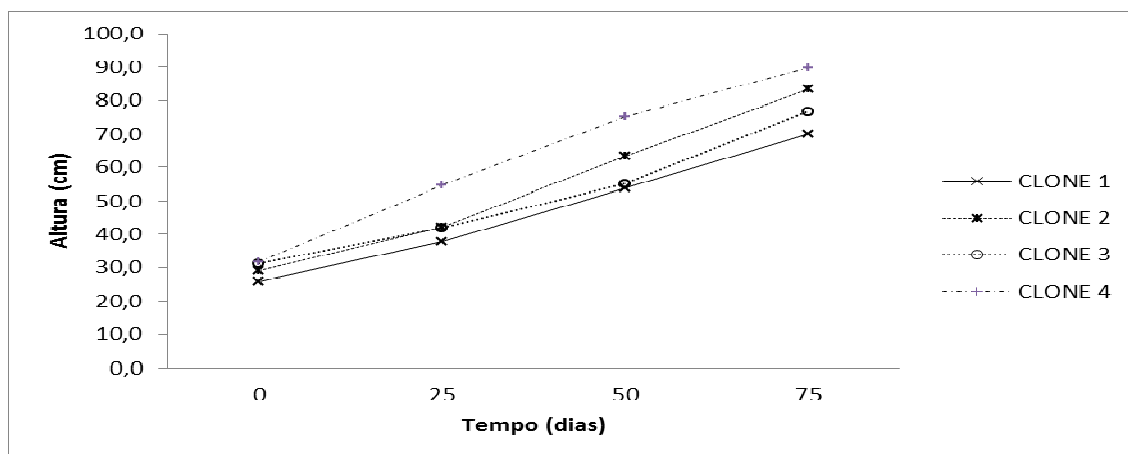


Figura 4. Crescimento médio em altura, no período de 75 dias após plantio, de *Eucalyptus sp.* submetidos à um potencial de água no solo de -1500 kPa, em solo argiloso.

Outros trabalhos, citados por Silva (2003), 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. glóbulus* produzidas através de sementes e estaquia e Li (1998 b), 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 *Eucalyptus sp.* quando compararam plantas sob condições favoráveis (capacidade de campo) e plantas

submetidas a um regime hídrico severo (potencial mínimo de água no solo de -1500 kPa para se proceder à irrigação).

Gerolineto (2008) observou maiores médias de altura e matéria seca de parte aérea para tratamentos em que o potencial hídrico do solo era maior, próximo à capacidade de campo, onde é possível adotar o tensiômetro como instrumento de manejo de irrigação, tendo em vista suas limitações.

4.1.2 - Diâmetro da base caulinar

O diâmetro do colo das mudas, para muitos pesquisadores, pode ser considerado um importante parâmetro para estimar a taxa de sobrevivência das mudas de espécies florestais no campo (GOMES e PAIVA, 2004).

Em solo arenoso, não houve diferença estatística entre os clones em SE (Tabela 8). Já em CE, o clone 4 obteve destaque se diferenciando dos demais clones. Nota-se também que houve diferença entre os potenciais de água dentro de cada clone.

Tabela 8. Valores médios de diâmetro (\emptyset) em mm de clones de *Eucalyptus sp.* submetidos à dois potenciais de água no solo arenoso.

	SE	CE
CLONE 1	9,5 aA	4,3 cB
CLONE 2	10,8 aA	5,4 cB
CLONE 3	8,7 abA	4,9 cB
CLONE 4	10,5 aA	7,11 bB
CV (%):	3,95	

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

No solo arenoso, quando em SE, os clones apresentaram uma tendência de crescimento em diâmetro semelhante (Figura 5), e os dados comprovaram que não houve um material genético superior no quesito quando o solo encontrava-se próximo à capacidade de campo. Enquanto que, em CE (Figura 6), sob condições de estresse hídrico, observa-se uma diferença na tendência de avanço dos materiais, mais precisamente no período que antecedeu a última avaliação. É possível que essa

diferença se deva ao ritmo de crescimento dos clones, sendo o clone 4 diferenciado dos outros, apresentando um desenvolvimento de, em média, 31,6% maior que os demais.

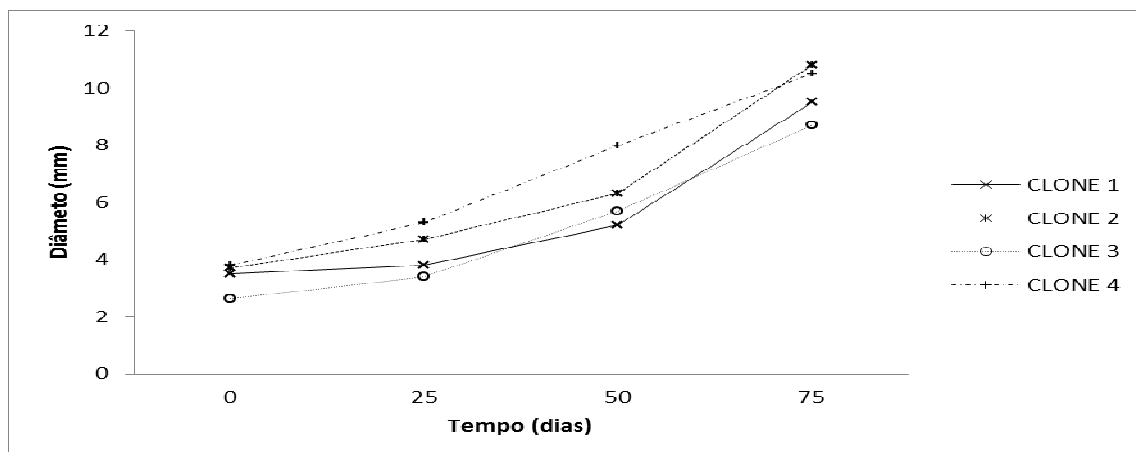


Figura 5. Crescimento médio do diâmetro (\emptyset) da base caulinar, no período de 75 dias após plantio, de clones de *Eucalyptus sp.* submetidos à um potencial de água no solo de -10 kPa, em solo franco arenoso.

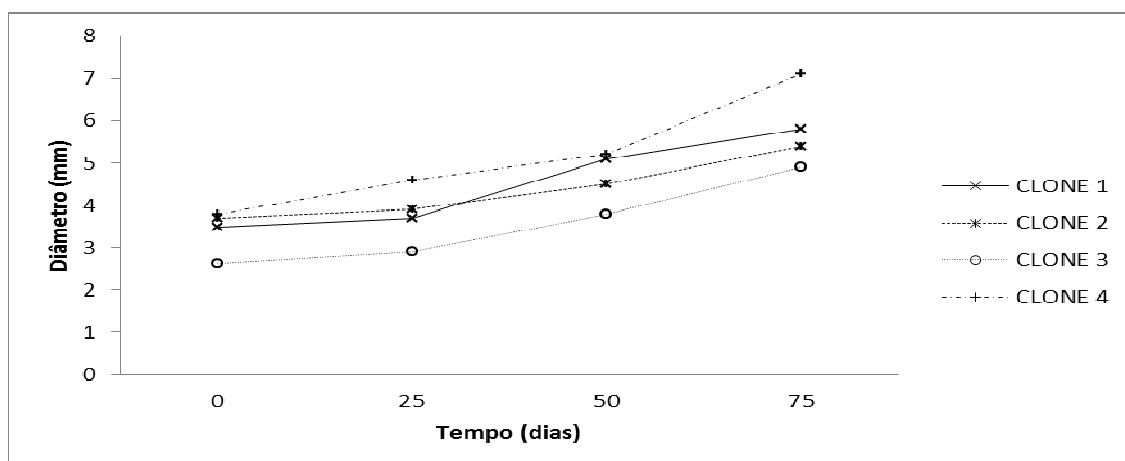


Figura 6. Crescimento médio do diâmetro (\emptyset) da base caulinar, no período de 75 dias após plantio, de clones de *Eucalyptus sp.* submetidos à um potencial de água no solo de -1500 kPa, em solo franco arenoso.

Analisando os resultados obtidos no solo argiloso (Tabela 9), nota-se que, tanto em SE quanto em CE, não houve diferença estatística entre os clones, apenas entre os tratamentos com e sem estresse.

Tabela 9. Valores médios de diâmetro (\emptyset) em mm de clones de *Eucalyptus sp.* submetidos a dois potenciais de água no solo argiloso.

	SE	CE
CLONE 1	12,4 aA	7,6 bB
CLONE 2	14,3 aA	9,1 bB
CLONE 3	13,8 aA	9,8 bB
CLONE 4	14,0 aA	10,6 bB
CV (%):	4,73	

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

As Figuras 7 e 8 ilustram o desempenho dos clones sob influencia dos potenciais sem e com estresse hídrico respectivamente, e pode-se observar a semelhança no comportamento dos clones para este tipo de solo, não havendo assim diferença entre eles, apenas entre os tratamentos de potenciais de água.

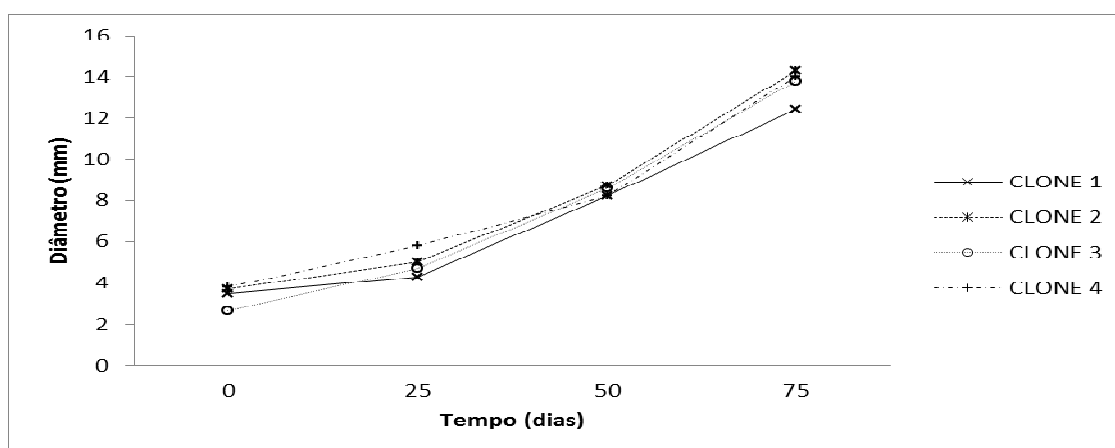


Figura 7. Crescimento médio do diâmetro (\emptyset) da base caulinar, no período de 75 dias após plantio, de clones de *Eucalyptus sp.* submetidos à um potencial de água no solo de -10 kPa, em solo argiloso.

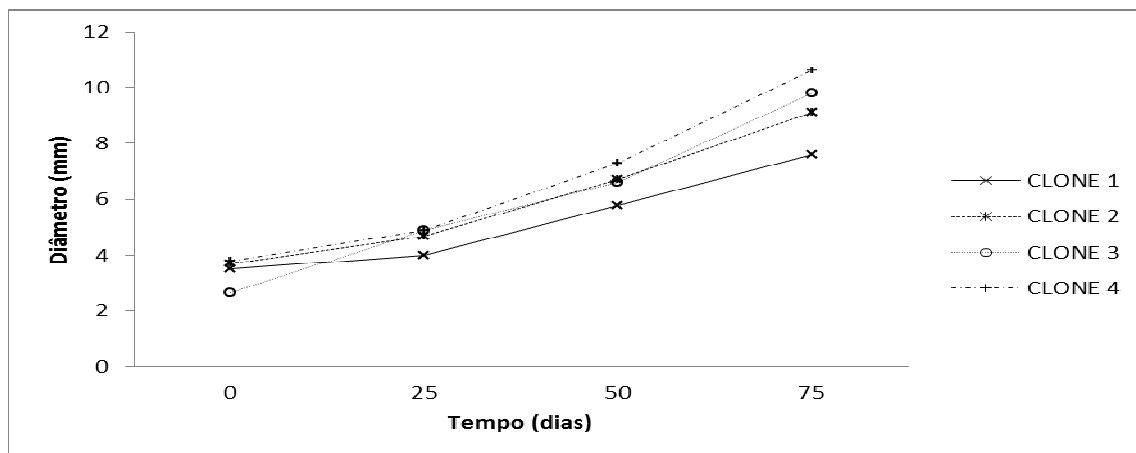


Figura 8. Crescimento médio do diâmetro (\emptyset) da base caulinar, no período de 75 dias após plantio, de clones de *Eucalyptus sp.* submetidos à um potencial de água no solo de -1500 kPa, em solo argiloso.

Segundo Silva (1998), as pesquisas com *E. grandis* revelam que ocorrem diferenças significativas nos diâmetros caulinares de mudas que recebem diferentes manejos hídricos. Tatagiba et al. (2007), avaliando 6 clones de eucalipto em condições de estresse hídrico, observaram um maior diâmetro de caule em plantas que não sofreram déficit hídrico.

Reis et al. (2006), ao analisarem o comportamento de clones de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* e de *E. camaldulensis* x *E. spp.*, submetidos a dois regimes de irrigação no campo, relataram que o crescimento em diâmetro e volume, as plantas do tratamento irrigado foram superiores em relação as do não irrigado.

Fernandes et al. (2012), avaliando os efeitos da irrigação e da nutrição mineral sobre o *Eucalyptus grandis* ao longo de 5 anos, também obtiveram resultados semelhantes em seus trabalhos, com os tratamentos irrigados proporcionando as maiores alturas e diâmetros. Entende-se que a reposição de água em relação à evapotranspiração da cultura é necessária para que se possa obter melhores resultados e para que o eucalipto expresse seu máximo potencial produtivo (JUNG, 2013).

4.1.3 - Área foliar

Segundo Pereira et al. (2010) para a cultura do eucalipto, o parâmetro de área foliar e sua variação ao longo do ciclo de produção merecem destaque por serem utilizados em modelos de crescimento e hidrológicos.

Hunt (1982) considera este índice como um indicador de eficiência das partes da planta encarregadas pela produção, e ainda infere que a

deficiência hídrica afeta significativamente a eficiência de uma cultura. Segundo Ibarra (1985) quando se estuda a influência da nutrição mineral nas plantas e seu desenvolvimento, um bom parâmetro indicativo que pode ser utilizado é o índice de área foliar. Esta variável indica o acúmulo de massa seca da planta, assim como reflete o metabolismo, o potencial de fotossíntese, a qualidade e o quão rentável se mostra a planta no momento em que se colhe os dados (JORGE e GONZALES, 1997).

Resultados equivalentes foram encontrados quando NeSmith e Ritchie (1992) estudaram a cultura do milho. Eles puderam observar níveis decrescentes na área das folhas das plantas em estudo quando sob condições estressantes pela deficiência hídrica.

De acordo com a Tabela 10, nota-se que, em SE, o clone 2 apresentou maior área foliar que os demais, comprovado estatisticamente. Enquanto que em CE, os clones 2 e 4 apresentaram resultados diferenciados dos clones 1 e 3. Verificou-se também a diferença entre o desenvolvimento dos clones nos potenciais sem e com estresse, comprovada estatisticamente.

Os dados mostram que, sob efeito de estresse hídrico (CE), todos os clones apresentam uma diminuição considerável de área foliar, podendo chegar a 80% a diferença entre o mesmo material genético submetido aos potenciais com estresse (CE) e sem estresse hídrico (SE) para este tipo de solo.

Tabela 10. Valores médios de área foliar (cm²) de clones de *Eucalyptus sp.* submetidos à dois potenciais de água no solo arenoso.

	SE	CE
CLONE 1	4200,8 bA	898,3 dB
CLONE 2	5931,6 aA	1225,9 cB
CLONE 3	3631,3 bA	859,3 dB
CLONE 4	4252,9 bA	1190,6 cB
CV (%):	14,57	

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Quando observado o comportamento das plantas em SE, no solo arenoso (Figura 9), nota-se que a área foliar apresentou grande desenvolvimento após os 50 dias de plantio, com diferenças de até 38% entre os materiais genéticos ao término do experimento, tendo o clone 2 como destaque. Contudo, em CE, os valores

encontrados para esse parâmetro são significativamente menores quando comparados com o potencial sem estresse hídrico. Os clones 1 e 3 tiveram desempenho inferior aos clones 2 e 4, comprovado estatisticamente (Figura 10).

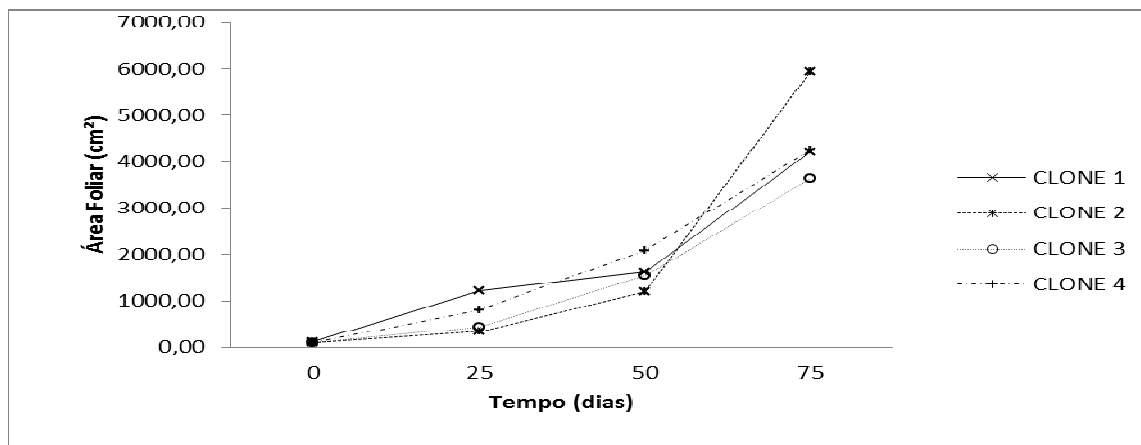


Figura 9. Crescimento médio da área foliar, no período de 75 dias após plantio, de clones de *Eucalyptus sp.* submetidos à um potencial de água no solo de -10 kPa, em solo franco arenoso.

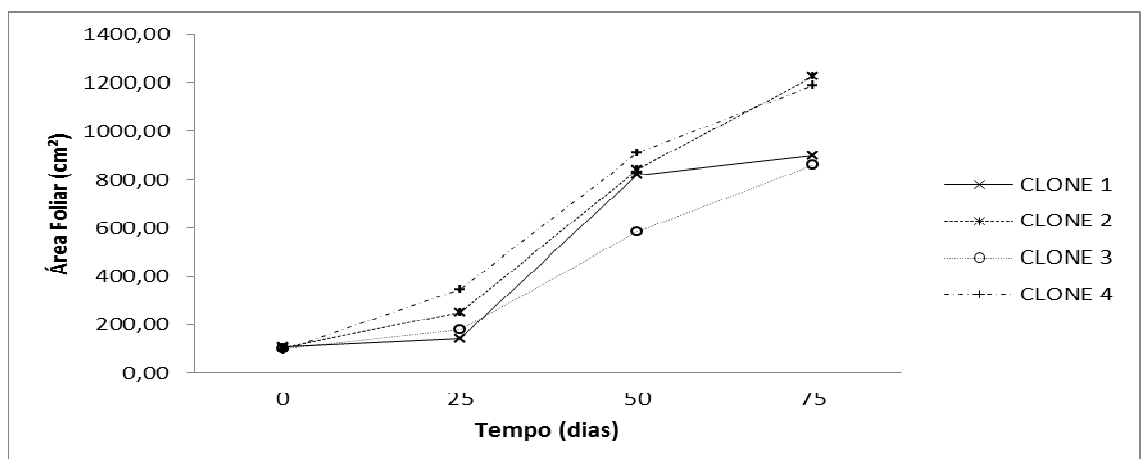


Figura 10. Crescimento médio da área foliar, no período de 75 dias após plantio, de clones de *Eucalyptus sp.* submetidos à um potencial de água no solo de -1500 kPa, em solo franco arenoso.

A Tabela 11 mostra os resultados obtidos no solo argiloso, onde se pode notar um maior desenvolvimento da área foliar nos clones 1 e 3 em SE. Já em CE, não houve diferença comprovada pela estatística entre os clones. Contudo, nota-se uma diferença muito grande entre os valores de área foliar, para os clones submetidos aos potenciais SE e CE, podendo chegar a 70% para este tipo de solo. Essa variação pode estar relacionada ao mecanismo de defesa da planta para evitar perda de água e assim buscar a sobrevivência em locais inaptos ao seu desenvolvimento.

Tabela 11. Valores médios de área foliar (cm²) de clones de *Eucalyptus sp.* submetidos à dois potenciais de água no solo argiloso.

	SE	CE
CLONE 1	11508,2 aA	3323,5 cB
CLONE 2	9095,7 bA	4085,2 cB
CLONE 3	11237,1 aA	5074,5 cB
CLONE 4	9126,2 bA	3363,1 cB
CV (%):	20,38	

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

No solo argiloso, analisando as plantas em SE, nota-se também uma ascensão nos valores após o 50º dia após implantação, tendo ao final do experimento os clones 1 e 3 diferenciados estatisticamente dos clones 2 e 4, com maior área foliar (Figura 11). Em CE (Figura 12), nota-se um maior desenvolvimento do clone 3 após os 50 dias de plantio, mas não houve diferenciação estatística.

Silva (1998), Ismael (2001) e Lopes et al. (2007) verificaram a influência da disponibilidade de água no incremento em área foliar, os quais obtiveram que quanto mais água foi fornecida às mudas, dentro dos limites favoráveis, maior foi a expansão.

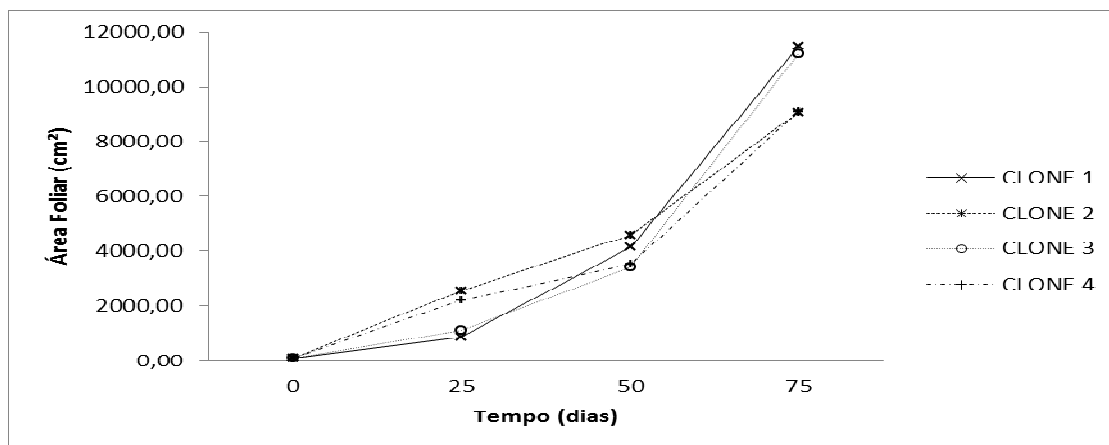


Figura 11. Crescimento médio da área foliar, no período de 75 dias após plantio, de clones de *Eucalyptus sp.* submetidos à um potencial de água no solo de -10 kPa, em solo argiloso.

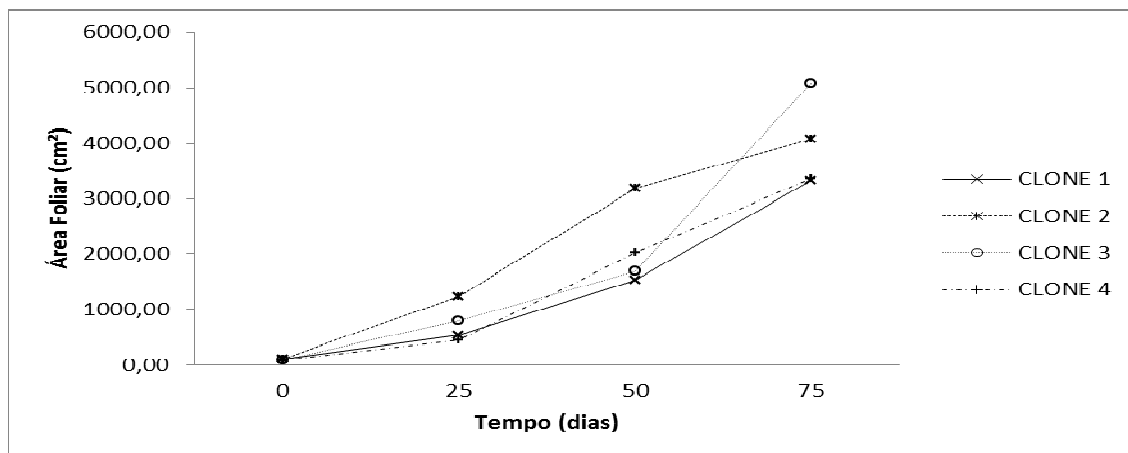


Figura 12. Crescimento médio da área foliar, no período de 75 dias após plantio, de clones de *Eucalyptus sp.* submetidos à um potencial de água no solo de -1500 kPa, em solo argiloso.

4.1.4 – Número de folhas

Levit (1980) enfatiza a importância de se examinar as respostas dos mecanismos de defesa da planta à falta de água no solo. No entanto, a disponibilidade de água no solo sobre o progresso e desenvolvimento vegetal vem sendo pouco cogitado (CARLESSO, 1995), particularmente nas espécies de *Eucalyptus* (KALLARCKAL e SOMER, 1997).

De acordo com a Tabela 12, pode-se dizer que não houve diferença entre os clones no tratamento SE. Mas, quando comparados com os do CE, vê-se que há uma grande diferença comprovada estatisticamente entre os tratamentos. Dentre os clones em CE, apenas o clone 1 mostrou-se diferente dos demais, com redução de aproximadamente 31% no número de folhas. Tal fato pode ser atribuído como mecanismo de defesa ao estresse hídrico, e também a um menor desenvolvimento, possivelmente inferindo sua maior sensibilidade a essa condição adversa para o solo arenoso. Taiz e Zeiger (2004) afirmam que o déficit hídrico estimula a abscisão foliar, sendo essa uma resposta da planta ao estresse sofrido.

Tabela 12. Valores médios de número de folhas de clones de *Eucalyptus sp.* submetidos à dois potenciais de água no solo arenoso.

	SE	CE
CLONE 1	265 aA	63 cB
CLONE 2	255 aA	91 bB
CLONE 3	218 aA	106 bB
CLONE 4	223 aA	85 bB
CV (%):	8,97	

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Analisando a Figura 13, nota-se que os clones 3 e 4 apresentam uma tendência de crescimento semelhante, enquanto que os clones 1 e 2 apresentam uma ascendência marcante após o 50º dia, onde apresentavam menor número de folhas dentre os materiais, chegando à 55% de diferença. Porém, ao final do experimento, não houve diferença comprovada estatisticamente entre os clones para este potencial de água no solo.

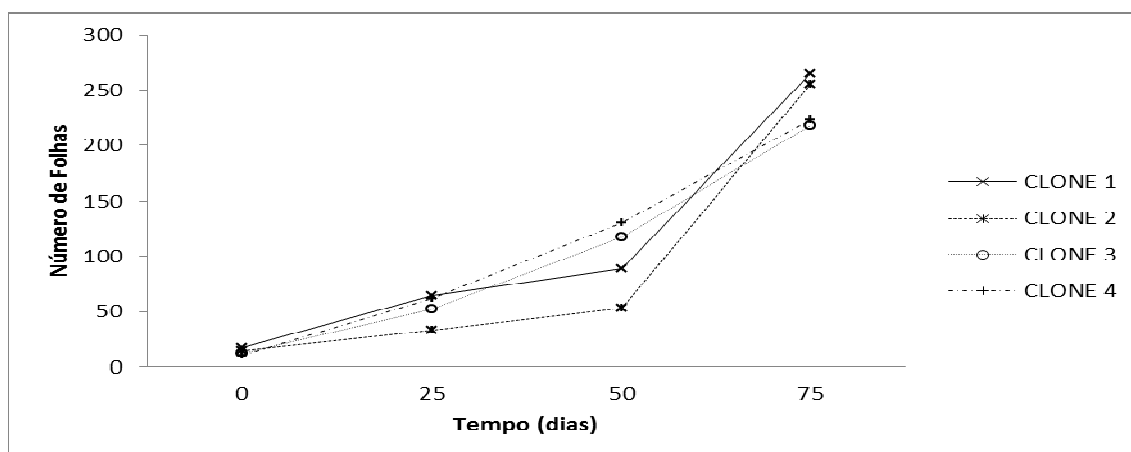


Figura 13. Crescimento médio do número de folhas, no período de 75 dias após plantio, de clones de *Eucalyptus sp.* submetidos à um potencial de água no solo de -10 kPa, em solo franco arenoso.

A Figura 14 mostra que, quando em CE, os clones apresentam certa semelhança em suas curvas de crescimento, por mais que o clone 4 tenha se destacado dos demais com superioridade de 61% ao 25º dia, apresentou uma desaceleração em seu ritmo de produção para a variável em questão após esse período, sendo alcançado pelo ritmo dos outros, e, ao final do experimento, houve diferença

estatística apenas do clone 1 em relação aos demais, com 31% a menos de número de folhas.

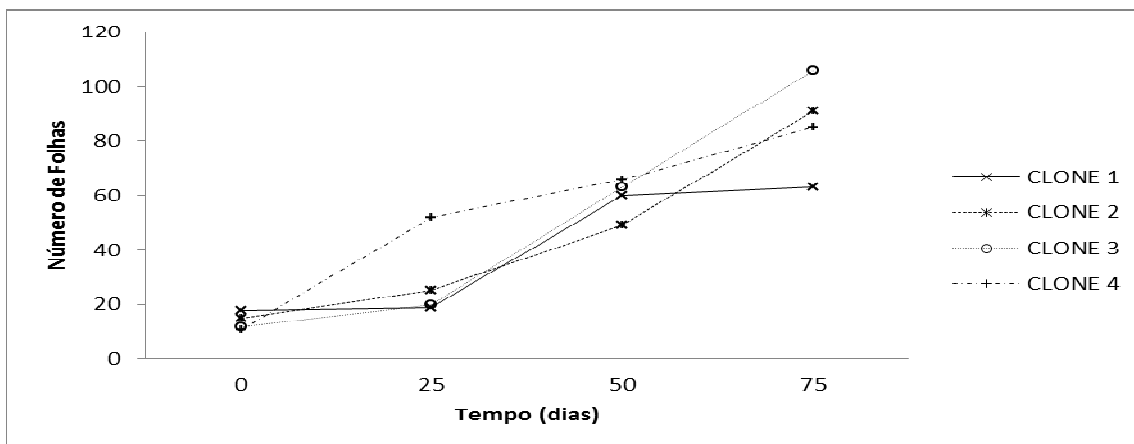


Figura 14. Crescimento médio do número de folhas, no período de 75 dias após plantio, de clones de *Eucalyptus sp.* submetidos à um potencial de água no solo de -1500 kPa, em solo franco arenoso.

Já a Tabela 13, com os resultados obtidos em solo argiloso, mostra que ao final do período de condução do trabalho, em SE, os clones 1 e 3 apresentam superioridade numérica de folhas em relação aos clones 2 e 4. Enquanto que em CE, apenas o clone 3 diferiu-se dos demais, apresentando uma superioridade de aproximadamente 35% nesta avaliação. Além da diferença entre os clones dentro de cada manejo hídrico, pode-se observar a diferença entre SE e CE para cada clone, mostrando assim a influência dos potenciais hídricos no solo sob a variável analisada.

Tabela 13. Valores médios de número de folhas de clones de *Eucalyptus sp.* submetidos à dois potenciais de água no solo argiloso.

	SE	CE
CLONE 1	632 aA	233 cB
CLONE 2	379 bA	243 cB
CLONE 3	547 aA	343 bB
CLONE 4	408 bA	186 cB
CV (%):	13,44	

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

A Figura 15 mostra uma ascendência mais acentuada de todos os clones após o 50º dia, exceto o clone 2, que aparenta manter o ritmo de crescimento.

Esse comportamento é mais nítido nos clones 1 e 3 que se diferenciam dos clones 2 e 4, com cerca de 30% a mais de produção de número de folhas.

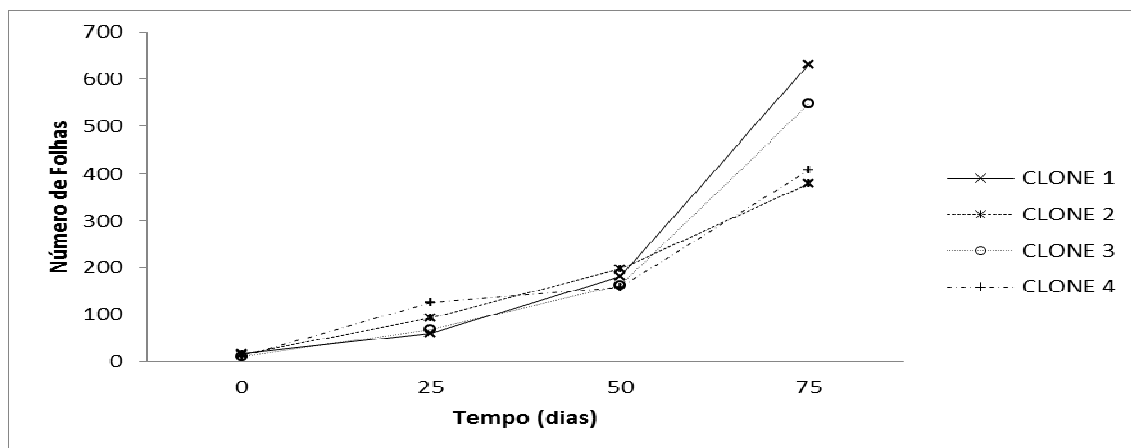


Figura 15. Crescimento médio do número de folhas, no período de 75 dias após plantio, de clones de *Eucalyptus sp.* submetidos à um potencial de água no solo de -10 kPa, em solo argiloso.

Já na Figura 16, nota-se que há uma semelhança entre as curvas de ritmo de crescimento do número de folhas entre todos os clones, exceto do clone 3, que se diferencia dos demais acentuando a curva após o 50º dia, tendo assim um número de folhas aproximadamente 35 % superior aos demais ao final do experimento.

Lopes e Klar (2009), estudando diferentes níveis de água e de salinidade no solo, também encontraram uma influencia negativa do estresse hídrico e da salinidade no número de folhas produzidas pelas plantas de *Eucalyptus sp.*.

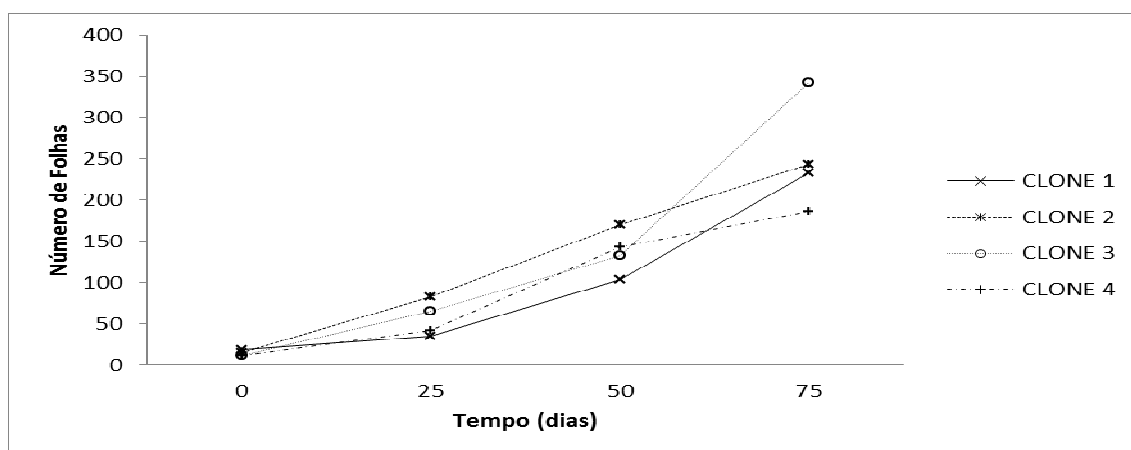


Figura 16. Crescimento médio do número de folhas, no período de 75 dias após plantio, de clones de *Eucalyptus sp.* submetidos à um potencial de água no solo de -1500 kPa, em solo argiloso.

4.1.5 – Massa seca total

Como resposta à deficiência hídrica, as plantas passam por alterações na relação entre a célula e a água e nos seus processos fisiológicos (PIMENTEL, 2005) e morfológicos (REIS et al., 1988; CHAVES et al., 2004), influenciando a sua capacidade de tolerar as condições adversas do meio. Por conseguinte, há restrição ao acúmulo de massa (SILVA, 1998), prejudicando tanto no crescimento inicial das plantas como nos estádios mais tardios, limitando o número e taxas de crescimento de ramos e de caule, o número e dimensões das folhas (OSÓRIO et al., 1998)

Larcher (2006) afirma que a capacidade da planta em realizar fotossíntese está intimamente ligada com o incremento de massa seca da mesma, através de um redirecionamento de um carbono que não é consumido pela respiração e é destinado ao crescimento ou reserva da planta.

Os valores de matéria seca total, expressas pelo acúmulo da parte aérea e das raízes da planta, estão expressos nas Tabelas 14 e 15. Na primeira (Tabela 14), pode-se observar que, para as plantas em solo arenoso, no tratamento SE, o clone 2 obteve um acúmulo de massa superior aos demais, representando valores de, aproximadamente, 25 a 45% maior. Ao passo que em CE, os valores se apresentaram muito inferiores que aos de SE, comprovados estatisticamente. Dentre os que sofreram o estresse hídrico, apesar de haver oscilação de cerca de 35% entre os valores de maior e menor acúmulo, não houve diferença estatística.

Tabela 14. Valores médios de massa seca total de clones de *Eucalyptus sp.* submetidos à dois potenciais de água no solo arenoso.

	SE	CE
CLONE 1	90,34 bA	27,19 cdB
CLONE 2	128,07 aA	39,18 cB
CLONE 3	70,86 bA	34,04 cB
CLONE 4	96,54 bA	41,8 cB
CV (%):	12,61	

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Na Figura 17 pode-se observar a resposta dos materiais genéticos em relação aos potenciais de água no solo arenoso.

Os clones se comportaram de maneira diferente conforme o manejo aplicado: em condições de déficit hídrico, não houve diferença estatística entre os materiais genéticos; já sem estresse hídrico, o clone que alcançou maiores médias foi o clone 2.

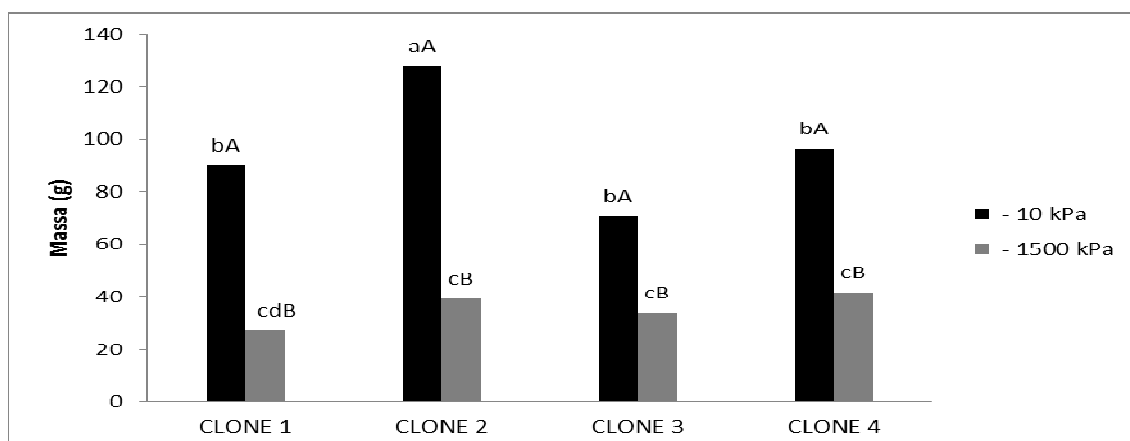


Figura 17. Acúmulo médio de massa seca total de clones de *Eucalyptus sp.* submetidos à dois manejos hídricos em solo franco arenoso.

A Tabela 15, que aborda os resultados obtidos em solo argiloso, mostra que não houve diferença significativa em SE. Já em CE, apenas o clone 1 diferiu-se dos demais, apresentando um desenvolvimento médio de 26,4% inferior aos outros. Para este tipo de solo, os clones submetidos ao estresse (CE) apresentaram um acúmulo de massa de 49% a 58% menor que os mesmos submetidos à lâmina sem estresse (SE), comprovando a influência negativa que a condição adversa em questão pode trazer à planta.

Tabela 15. Valores médios de massa seca total de clones de *Eucalyptus sp.* submetidos a dois potenciais de água no solo argiloso.

	SE	CE
CLONE 1	168,47 aA	69,94 cB
CLONE 2	169,03 aA	83,38 bB
CLONE 3	197,89 aA	102,16 bB
CLONE 4	193,86 aA	99,07 bB
CV (%):	9,84	

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Quando analisados os comportamentos dos materiais genéticos em resposta aos potenciais de água aplicados em solo argiloso (Figura 18), nota-se que os clones apresentaram desenvolvimento semelhante quando em SE, não constatando-se diferença estatística entre os materiais. Sob condições de estresse (CE), todos os clones apresentaram um comportamento mais lento em relação ao SE, sendo o do clone 1 o mais nítido, levando assim ao menor valor de massa seca dentre os clones.

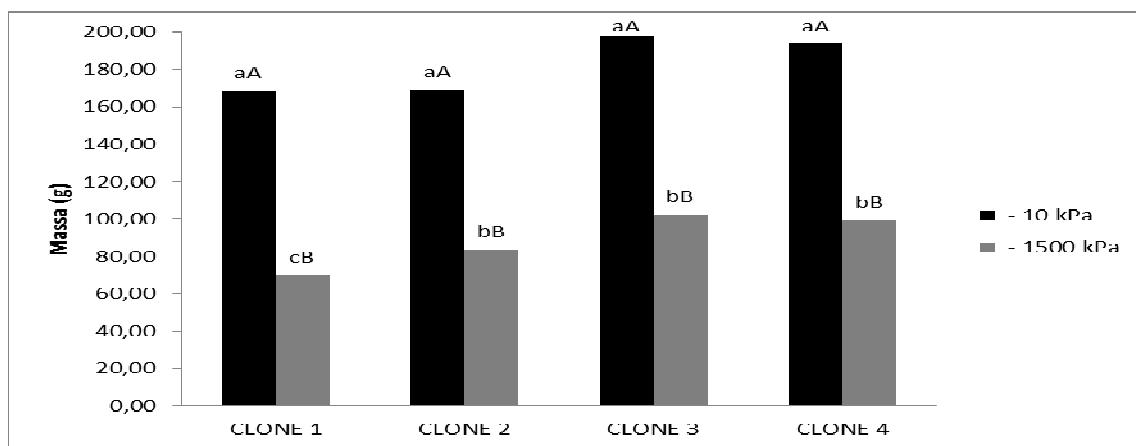


Figura 18. Acúmulo médio de massa seca total de clones de *Eucalyptus sp.* submetidos à dois manejos hídricos em solo argiloso.

O déficit hídrico reduziu o acúmulo de matéria seca da parte aérea de três espécies de eucalipto estudadas por Façanha (1983), sendo que a espécie mais influenciada foi a *E. camaldulensis*, apresentando uma redução na produção de matéria seca total de 22% em estresse moderado e 26,1% em estresse severo, em relação ao controle. O *E. grandis* apresentou as menores reduções na produção na matéria seca total, que foram de 18,9% em estresse moderado e 20,8% em estresse severo.

Lopes et al. (2007) verificaram que à medida em que mais água foi fornecida às mudas, maior foi a massa seca aérea. Quando Soares (2007) e Santana et al. (2008) estudaram e avaliaram o impacto das diferentes características climáticas, encontradas por todo território brasileiro, na produtividade de distintos materiais genéticos de eucalipto, puderam constatar que em regiões mais áridas, com menor disponibilidade hídrica, o incremento de biomassa da cultura foi prejudicado.

4.2–Características fisiológicas

4.2.1 – Resistência Estomática

Analisando as Figuras 19 e 21, nota-se que, não há diferenças significativas entre os clones dentro de cada manejo hídrico, para ambos os tipos de solo, apenas entre os potenciais de água no solo.

A Figura 19 mostra as respostas dos materiais genéticos em função do potencial de água em solo franco arenoso. Na Figura 20 pode-se notar que, no horário de maior temperatura, houve a maior discrepância entre os tratamentos SE e CE, chegando a 51% de variação entre eles.

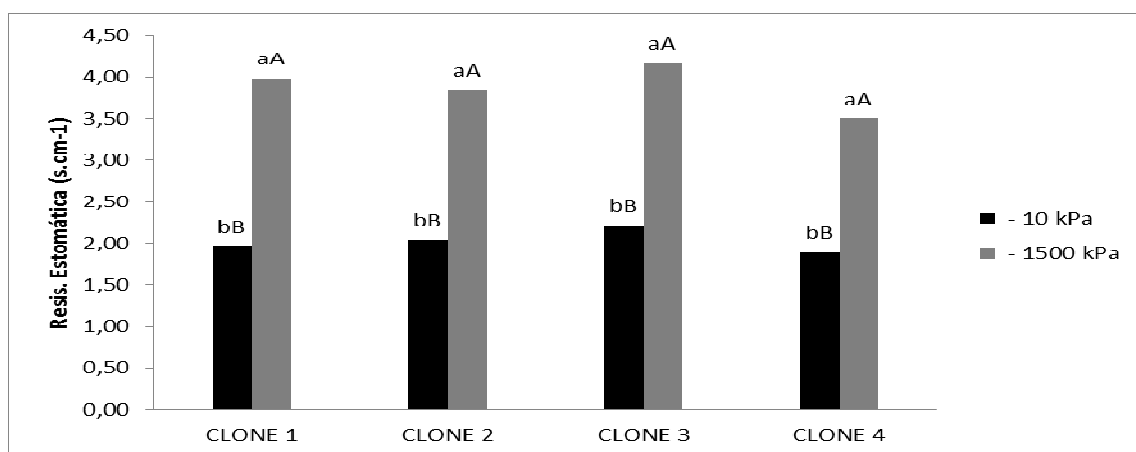


Figura 19. Resistência Estomática Foliar de clones de *Eucalyptus sp.* no período crítico (14:00 horas) submetidos à dois manejos hídricos em solo franco arenoso.

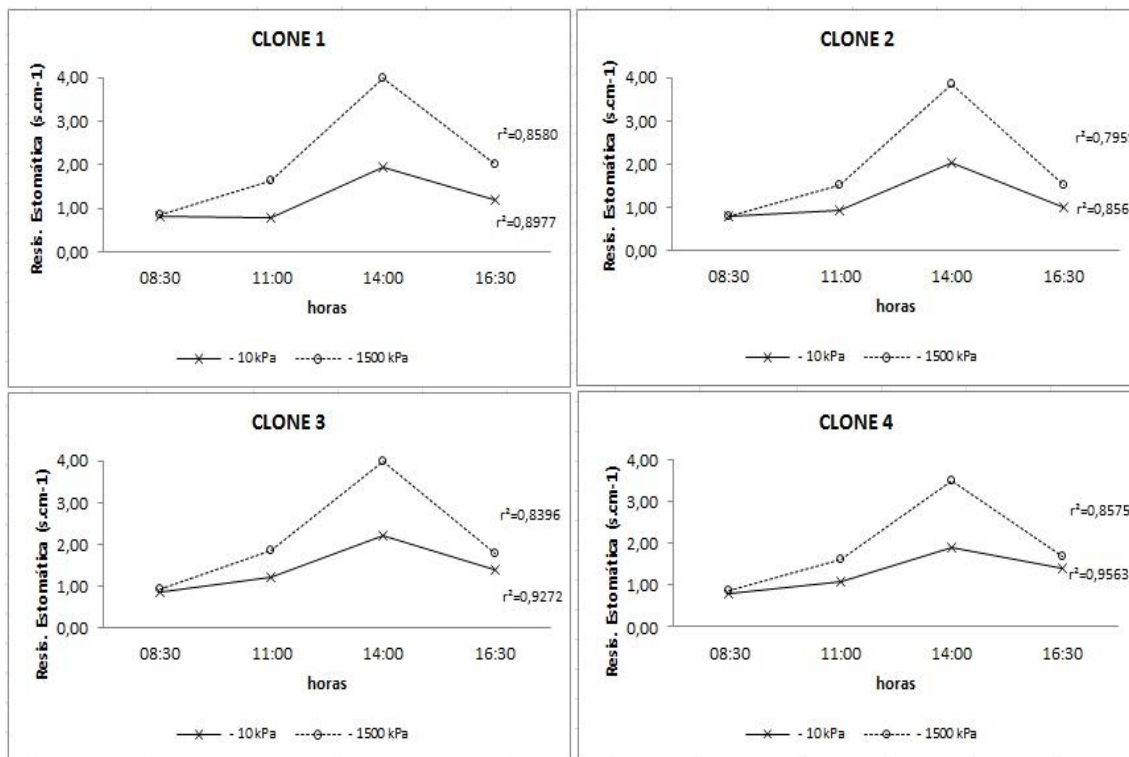


Figura 190. Resistência Estomática Foliar dos clones de *Eucalyptus sp.*, ao longo do dia, submetido à dois manejos hídricos em solo franco arenoso.

No solo argiloso (Figuras 21 e 22) os resultados foram semelhantes, notando-se que no tratamento SE (-10kPa), observaram-se valores aproximadamente 47% inferiores aos de CE (-1500kPa), variando apenas 14 % entre os clones dentro do manejo hídrico.

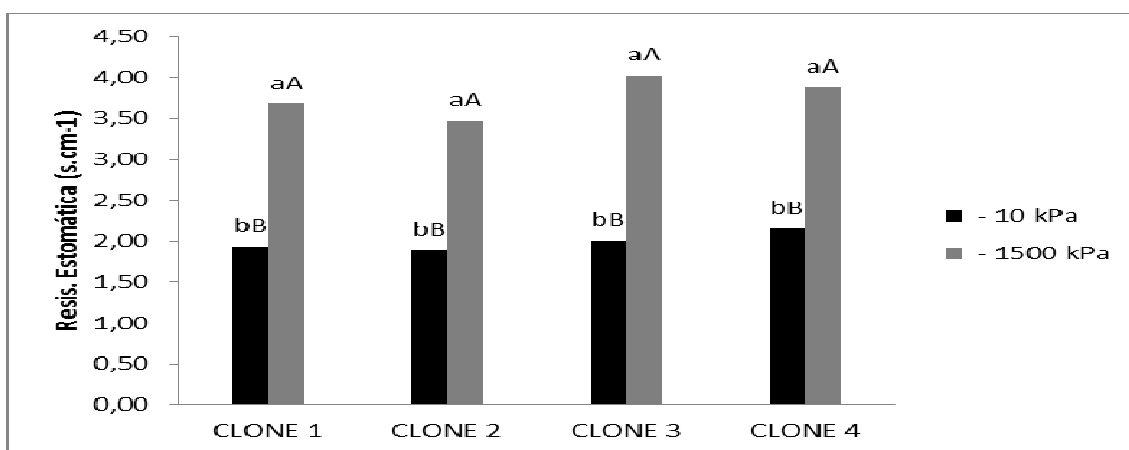


Figura 21. Resistência Estomática Foliar de clones de *Eucalyptus sp.* no período crítico (14:00 horas) submetidos à dois manejos hídricos em solo argiloso.

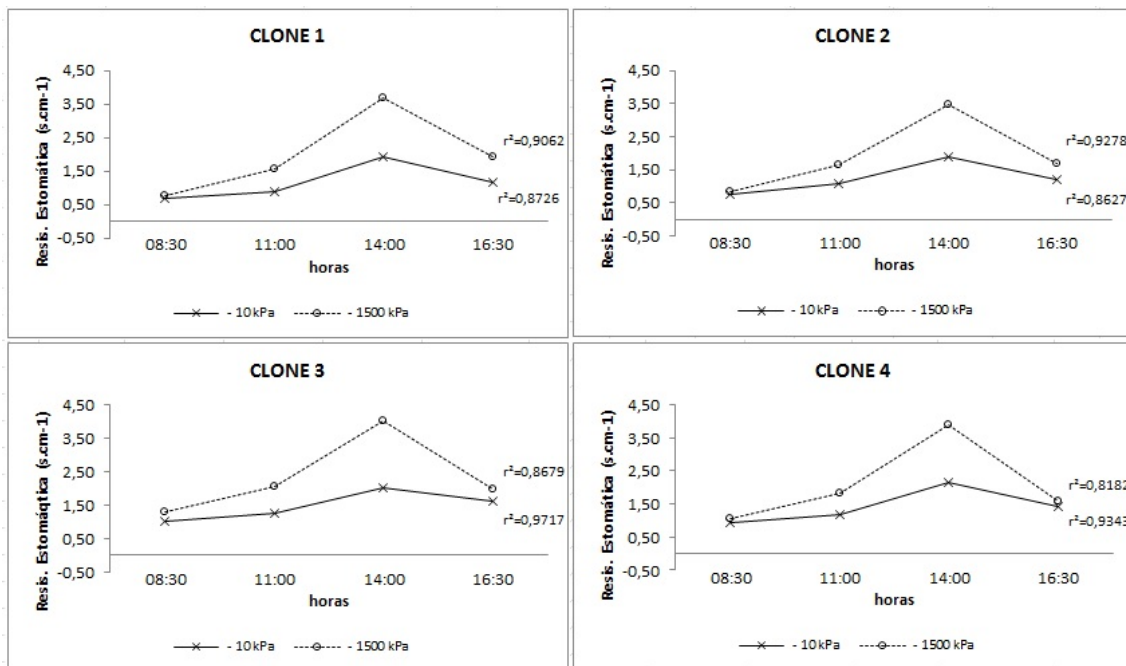


Figura 22. Resistência Estomática Foliar dos clones de *Eucalyptus sp.*, ao longo do dia, submetido à dois manejos hídricos em solo argiloso.

Em tratamentos sem restrição hídrica (SE), observam-se os menores valores de resistência estomática de uma maneira geral. Comparando-se os resultados de resistência estomática com os de potenciais de água foliar (Figuras 20, 22, 23 e 24) pode-se observar que quanto menor o potencial hídrico da folha (Ψ_f), maior a resistência dos estômatos, ou seja, nota-se que o potencial hídrico é mais elevado em SE (-10 kPa) que em CE (-1500 kPa), e os estômatos resistem mais à perda de água quanto mais negativo for o potencial, existindo uma relação direta destes fatores.

No geral, constatou-se que todos os tratamentos tiveram comportamento semelhante para esta variável nos diferentes horários, sendo que às 14:00 horas foi o período mais crítico, com maior resistência estomática em todos os tratamentos, e nos horários em que não se tem uma evapotranspiração e incidência solar alta (manhã e final da tarde) há maior abertura dos estômatos. Estando em condições hídricas e luminosidade favoráveis, os estômatos permanecem abertos, tornando-se mais viáveis à atividade fotossintética (KLAR, 1977).

Façanha (1983) verificou que plantas de *Eucalyptus sp.*, submetidas à mesma intensidade de estresse hídrico, aumentam a resistência estomática à medida que se acumularam os ciclos de desidratação. O efeito do déficit hídrico sobre os estômatos parece estar associado ao aumento dos níveis de ácido abscísico, o qual atua nas células guardas (Raschke, 1975 citado por FAÇANHA, 1983). Em plantas de

eucalipto, submetidas a estresse hídrico, o nível de ácido abscísico pode aumentar de duas a três vezes (Itai, 1975; Nettinget alii, 1982 citados por FAÇANHA, 1983).

Segundo Pereira et al. (2006), analisando a influência de diferentes texturas de solo no desenvolvimento de plantas de *Eucalyptus urograndis* submetidas à déficit hídrico, o manejo hídrico e a textura dos solos influenciaram significativamente nesta característica.

4.2.2 – Potencial Hídrico Foliar (Ψ_f)

O movimento de água na planta se dá através da locomoção pelo sistema solo-água-planta-atmosfera, tendo como sua principal força motriz o potencial de água na folha (PEREIRA et al. 2006).

As avaliações realizadas ao longo do dia (8:30, 11:00, 14:00 e 16:30 horas) do potencial de água na folha (Ψ_f) mostram, conforme as Figuras 23 e 24, as diferenças entre os tratamentos SE e CE. Todas as curvas seguem praticamente o mesmo comportamento, não sendo observadas diferenças entre os clones, uma vez que as curvas dos tratamentos de mesmo manejo hídrico quase se sobrepõem. Ao passo que o tratamento SE, com Ψ_s de -10 kPa, apresentou maiores potenciais hídricos em relação ao CE, com Ψ_s de -1500 kPa, para ambos os tipos de solo.

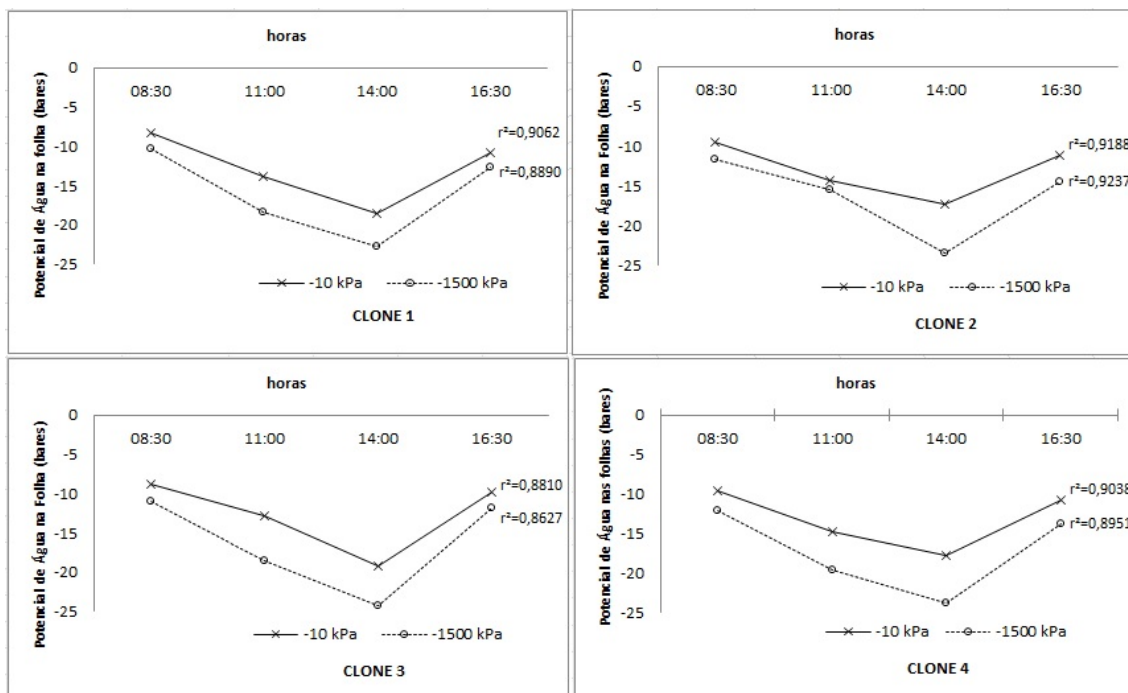


Figura 2320. Potencial hídrico foliar dos clones de *Eucalyptus sp.*, ao longo do dia, submetido à dois manejos hídricos em solo franco arenoso.

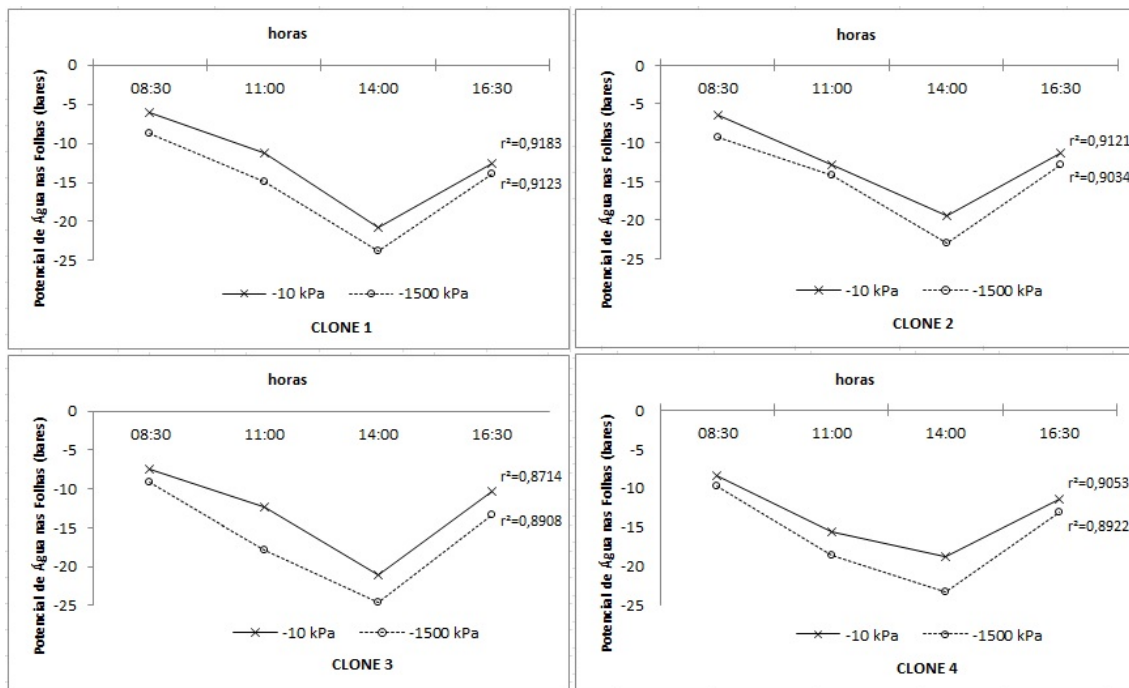


Figura 24. Potencial hídrico foliar dos clones de *Eucalyptus sp.*, ao longo do dia, submetido à dois manejos hídricos em solo argiloso.

O potencial hídrico das folhas é influenciado negativamente pelo declínio do teor de água presente no solo, onde a condutância estomática sofre contração devido a não turgescência das células, levando assim ao fechamento parcial dos estômatos e, conseqüentemente, a troca de gases entre os meios, podendo até levar à paralisação de crescimento das plantas e perda de produtividade (TATAGIBA et al., 2007).

Houve maiores diferenças entre os potenciais de água na folha, normalmente nas horas mais quentes do dia, acompanhados pelo aumento da resistência estomática, entre os dois manejos hídricos (-10 e -1500 kPa) para todos os clones, havendo nítido ajuste osmótico, podendo ser identificado como resposta das plantas.

Gonçalves (1992) verificou que o Ψ_f de plantas mantidas na capacidade de campo, caso de SE neste experimento, não diferiu. A tendência verificada por Pereira (2006), com eucalipto em vaso, de que quanto maior o estresse, menor o Ψ_f foi verificada nesta pesquisa também.

4.2.3 – Teor Relativo de Água (TRA)

Analisando as Figuras 25 e 26, pode-se observar que, as plantas submetidas ao tratamento SE apresentaram maior TRA que as submetidas ao CE. Na Figura 25, que exibe os dados do solo franco arenoso, nota-se que em SE foram

atingidos valores de 77 a 95% aproximadamente, sendo apenas o clone 1 diferenciado dos demais, com um teor de aproximadamente 13% menor. Enquanto que em CE essa variação ocorreu entre 59 e 78 %, aproximadamente, variando com o clone. Para esse manejo hídrico, o clone 4 destacou-se dos demais com cerca de 15% a mais de teor de água nas folhas.

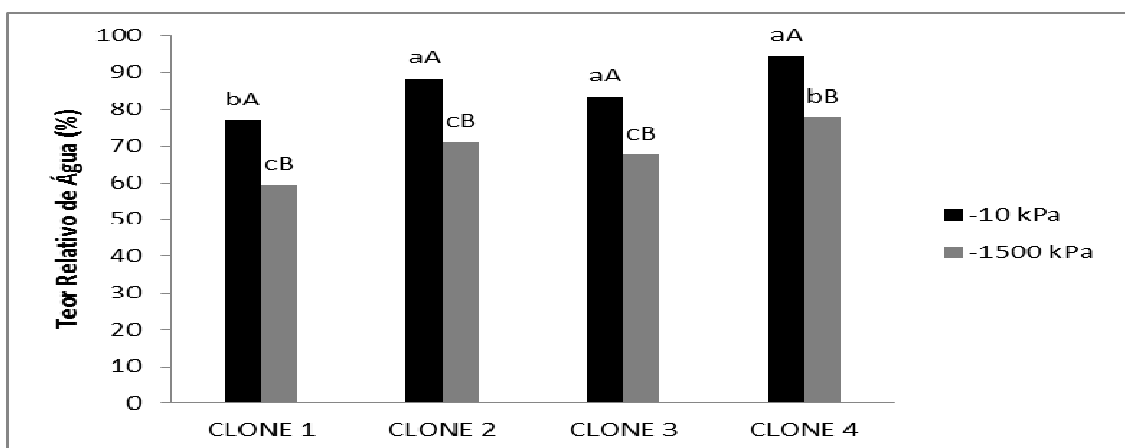


Figura 25. Teor relativo de água em clones de *Eucalyptus sp.* submetidos à dois manejos hídricos em solo franco arenoso.

Em solo argiloso, dados expressos na Figura 44, os valores atingidos em SE foram de 84 a 97%, não havendo diferença entre os clones. Em CE, a amplitude da variação foi de 73 a 82%, também variando com o material genético, porém sem diferença estatística entre eles.

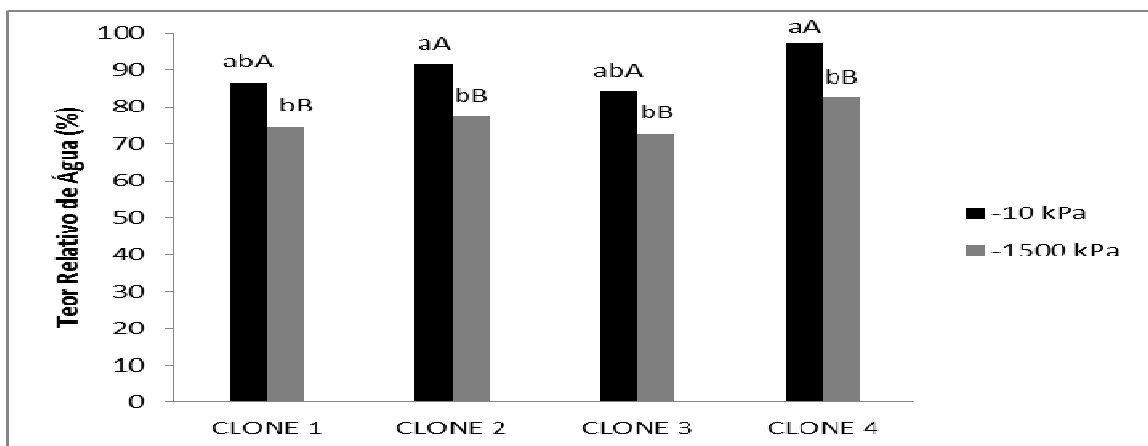


Figura 2621. Teor Relativo de Água em clones de *Eucalyptus sp.* submetidos à dois manejos hídricos em solo argiloso.

De maneira geral, o comportamento de todos os clones com o tratamento SE, “Capacidade de Campo”, o Teor Relativo de Água foi em média de 16,7 % maior que o mesmo material sob efeito de estresse em solo arenoso, e 13% em solo argiloso. Tal fato indica o fechamento dos estômatos nas plantas com menores valores

de TRA, devido à restrição hídrica, possibilitando assim um maior índice de sobrevivência dessas mudas no campo.

Este mecanismo de adaptação também pode ser observado por Klaret al. (1974) estudando Guineagrass, ao notarem que os valores de TRA se mostravam maiores à medida que mais água era fornecida à cultura. Além disso, Klar et al. (1985) encontraram respostas semelhantes estudando a cultura de trigo sob diferentes déficits hídricos.

LOPES et al. (2005), avaliando os efeitos da irrigação em mudas de *Eucalyptus grandis* aos 30 dias de aplicação das lâminas em diferentes substratos, observaram que com lâminas diárias de irrigação variando entre 6 e 14 mm, houve um aumento do teor de água na folha na medida em que se aumentava a lâmina de irrigação aplicada, independente do substrato utilizado

5 - CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos e analisados, nas condições em que foi realizado o experimento, foi possível chegar às seguintes conclusões:

1. Todos os clones dos tratamentos sem estresse hídrico tiveram maior desenvolvimento em relação aos submetidos ao déficit hídrico, para ambos os tipos de solo;

Solo Franco Arenoso:

2. Os clones 2 e 4 tiveram um melhor desempenho dentro das variáveis analisadas para ambos os manejos hídricos, sendo assim os mais resistentes ao estresse aplicado;

3. O clone 2 apresentou valores maiores que os demais em área foliar e acúmulo de massa seca total para o tratamento sem estresse hídrico;

4. O clone 4 destacou-se em altura e diâmetro para o tratamento com estresse;

5. O clone 1, sob condições estressantes, apresentou menor número de folhas;

Solo Argiloso:

6. Altura da parte aérea e diâmetro do colo não diferenciaram estatisticamente entre os clones em ambos os manejos hídricos;

7. O clone 3 destacou-se nas variáveis área foliar sob condições sem estresse e número de folhas em ambos os manejos;

8. O clone 1 apresentou menor valor de acúmulo de massa em ambos os manejos hídricos e teve seu desenvolvimento mais limitado, sendo assim o mais suscetível dentre os clones ao estresse hídrico para este tipo de solo;

6 - REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS – ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF**: ano base 2012. Brasília, DF: ABRAF, 2013. Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas.asp>> Acesso em: 07 out. 2013.

ACEVEDO, E.; HSIAO, T.C.; HENDERSON, D.W. Immediate and subsequent growth response of maize leaves to changes in water status. **Plant Physiology**, Rockville, v. 48, p. 631-636, 1971.

ALMEIDA, I. C.C. **Atributos físicos do solo em resposta à adição de efluente tratado de indústria de celulose**. 2008. 68 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

ALVARENGA, R. C.et al. 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.

ALVES, M. E. B. **Disponibilidade e demanda hídrica na produtividade da cultura do eucalipto**. 2009. 155f. Tese (Doutorado em Meteorologia Agrícola)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

ARRUDA, O.G.et al. Comparação de custos de implantação de eucalipto com resíduo celulósico em substituição ao fertilizante mineral. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n.5, p. 576-583, 2011.

AWARD, M.; CASTRO, P.R. C. **Introdução à fisiologia vegetal**: movimento da água na planta. São Paulo: Nobel, 1983. p. 30-6.

BARRETO, V. C. M.et al. Eficiência de uso de boro no crescimento de clones de eucalipto em vasos. **Revista Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 76, p. 21-33, dez. 2007.

BARROS, N. F.; COMERFORD, N. B. Sustentabilidade da produção de florestas plantadas na região tropical. In: ALVAREZ V. V. H. et al. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. v. 2, p. 487-592.

BARTELS, D.; SUNKAR, R. Drought and salt tolerance in plants. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Boca Raton, v. 24, n. 1, p. 23-58, 2005.

BERGAMASCHI, H. et al. **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre: Editora UFRGS, 1992. 125 p.

BRITO, A. S. et al. Desempenho do tensiômetro com diferentes sistemas de leitura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 17-24, 2009.

CAMPBELL, G.S. Soil water potential measurement: an overview. **Irrigation Science**, New York, v. 9, p. 265- 273, 1988.

CARDOSO, G. G. G. **Manejo da irrigação da alface em ambiente protegido**. 2011. 86 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

CARLESSO, R. Absorção de água pelas plantas: água disponível versus água extraível e a produtividade das culturas. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 25, n.1, p. 183-188, 1995.

CARNEIRO, P. T. Germination and initial growth of precocious dwarf cashew genotypes under saline conditions. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 199-206, 2002.

CASTRO, C.R.; GARCIA, R. Competição entre plantas com ênfase no recurso luz. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.26, p.167-174, 1996.

CHAVES, M. M. Effects of water deficits on carbon assimilation. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 42, n. 234 , p. 1-16, 1991.

CHAVES, J. H. et al. Seleção precoce de clones de eucalipto para ambientes com disponibilidade diferenciada de água no solo: relações hídricas de plantas em tubetes. **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.3, p.333-341, 2004.

CUNHA, A.R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 1, p. 1-11, 2009.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Crop water requirements**. Rome: FAO, 1977.144 p. (Irrigation and Drainage Paper, 24).

FAÇANHA, J.G.V. **Aspectos fisiológicos do crescimento de Eucalyptus spp. Submetido a deficiência hídrica**. 1983. 47 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1983.

FERNANDES, A.L.T.; FLORÊNCIO, T.M.; FARIA, M.F. Análise biométrica de florestas irrigadas de eucalipto nos cinco anos iniciais de desenvolvimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.5, p.505-513, 2012.

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 p. 95-104, 1999.

GEROLINETO, E. **Desenvolvimento de grama Esmeralda (*Zoysia japônica* Stend) sob dois manejos de irrigação**. 2008. 37 f. Dissertação (Mestrado Ciência do Solo)-Faculdade de Ciências Agrônômicas e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais: propagação sexuada**. 3. ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 116 p., 2004

GOMES, J. M. et al. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 26, n. 6, p. 655-664, 2002.

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

GONÇALVES, M. R. **Crescimento, acúmulo de nutrientes e temperatura de copa em cinco espécies de *Eucalyptus* spp. sob dois regimes hídricos**. 1992. 84 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1992.

GONZÁLES, A. P.; ALVES, M. C. Armazenamento de água e densidade do solo sob três condições de superfície, em um cambissol gleico de Lugo, Espanha. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campinas, v.9, n.1, p.45-50, 2005.

GROSSNICKLE, S. C. Importance of root growth in overcoming planting stress. **New Forests**, Springer, n. 30, p. 273-294, 2005.

HENDRICKX, J.M.H.; WIERENGA, P.J. Variability of soil water tension in a trickle irrigated chili pepper field. **Irrigation Science**, New York, v. 11, p. 23- 30, 1990.

HENSLEY, D.; DEPUTY, J. **Using tensiometers for measuring soil water and scheduling irrigation**. Honolulu: University of Hawaii at Manoa, 1999.

HUNT, R. **Plant growth curves the functional approach to plant growth analysis**. Londres: Edward Arnold, 1982. 248 p.

IBARRA, L. R., W. E. **Comparación y validación de métodos de estimación de área foliar em ocho cultivares de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)**. 1985. 112 f. **Tesis de grado** – Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Maracay, 1985.

IBGE. Dados Gerais do Município, Botucatu, 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=350750>> . Acesso em: 1 de ago. 2014.

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)**. 2001. 106 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal)-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.

JELLER, H.; PEREZ, S.C.J.G.A. Efeitos dos estresses hídrico e salino e da ação da giberelina em sementes de *Senna spectabilis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n.1, p. 93-104, 2001.

JENSEN, C.R. et al. Soil water matric potential rather than water content determines drought responses in field grown lupin (*Lupinus angustifolius*). **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 25, p. 353-363, 1998.

JORGE, Y.; GONZÁLEZ, F. Estimación de área foliar em los cultivos de ají y tomate. **Agrotecnia de Cuba**, Havana, v. 27, n. 1, p. 123-130, 1997.

JUNG, L. H. **Irrigação no desenvolvimento inicial de híbridos de eucalipto**. 2013. 38 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Produção Vegetal) - Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Aquidauana, 2013.

KALLARACKAL, J.; SOMER, C. K. An ecophysiological evaluation of the suitability of *Eucalyptus grandis* for planting in the tropics. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 95, p. 53-61, 1997.

KELLING, C. R. S. **Efeito da disponibilidade de água no solo sobre os componentes do balanço hídrico e o rendimento do feijoeiro**, 1995. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1995.

KRAMER, P.J.; BOYER, J.S. **Water relations of plants and soils**. New York: Academic Press, 1995. 495 p.

KLAR, A. E.; PEDRAS, J. F.; RODRIGUES, J. D. Desenvolvimento de plantas de cebola em diferentes condições de solo e clima. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, DF, v.12, n.1, p.165-176, 1977.

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

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

KLAR, A.E. et al. Medidas da adaptação de plantas de trigo a déficits hídricos. **Científica**, Marília, v.13, n. 1/2, p.117-127, 1985.

KLAR, A.E. **A água nos sistema solo-planta-atmosfera**. São Paulo, Nobel. 1988. 408p

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

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Editora RIMA, 2006. 531 p.

LEVIT, J. **Responses of plants to environmental stresses: water, radiation, salt and the other stress**. New York: Academic Press, 1980. v. 2, 606p.

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

LIMA, W. P. The Hydrology of eucalypt forests in Austrália: a review. **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, Piracicaba, n. 28, p. 11-32, 1984.

LOPES, J. L. W. et al. Efeitos da irrigação na sobrevivência, transpiração e no teor relativo de água na folha em mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes substratos. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, n. 68, p.97-106, 2005.

LOPES, J. L. W.; GUERRINI, I. A.; SAAD, J. C. C. Qualidade de mudas de eucalipto produzidas sob diferentes lâminas de irrigação e dois tipos de substrato. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 835-843, 2007.

LOPES, T.C.; KLAR, A.E. Influencia de diferentes níveis de salinidade de solo sobre aspectos morfofisiológicos de mudas de *Eucalyptus urograndis*. **Revista Irriga**, Botucatu, v.14, n. 1, p.68-75, jan./mar. 2009.

LOPES, T.C.; LIMA, K.B.de.; KLAR, A.E. Desenvolvimento inicial de plantas de *Eucalyptus platyphylla* submetidas a níveis de salinidade. **Revista Irriga**, Botucatu, v.17, n. 4, p. 494-500, out./dez. 2012.

MANTOVANI, M. Fenologias reprodutivas de espécies arbóreas em uma formação secundária da floresta Atlântica. **Revista Árvore**, v. 27 n. 4, p. 451- 458, 2003.

MARCHIORI, J. N. C.; SOBRAL, M. **Dendrologia das angiospermas: Myrtales**. Santa Maria: Editora da UFSM, 1997. 304p.

MARTINS, F. B. **Desenvolvimento e estresse hídrico em mudas de *Eucalyptus grandis* (Hill ex Maiden) e *Eucalyptus saligna* (Smith)**. 2007. 73f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola/Engenharia de Água e Solo)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

MARTHALER, H.P. et al. **A pressure transducer for field tensiometers**. Soil Science Society of American Journal, Madison, v.47, n.4, p.624-627, 1983.

NeSMITH, D. S.; RITCHIE, J. T. Short-and long term responses of corn to a pre-anthesis soil water deficit. **Journal of Agronomy**, Madison, v. 84, p. 107-113, 1992.

NI, H.; MOODY, K.; ROBLES, R.P. *Oryza sativa* plant traits conferring ability against weeds. **Weed Science**, Champaign, v.48, p.200-204, 2000.

NOGUEIRA, R. J. M. C.et al. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleiras submetidas à déficit de água. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v.13, p.75-87, 2001.

NOVAES, A. B. **Avaliação morfológica da qualidade de mudas de *Pinus taeda* L. produzidas em raiz nua e em diferentes tipos de recipientes**. 116 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.

OLIVA, M.A.et al. Seca de ponteiros em *Eucalyptus camaldulensis* Dehn em relação a estresse hídrico e nutrição mineral. **Revista Árvore**, Viçosa, v.13, p. 19-33, 1989.

OLIVEIRA, G. Q. **Desenvolvimento inicial de plantas de eucalipto irrigado em Aquidauana-MS**. 2012. 31f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Produção Vegetal) - Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Aquidauana, 2012.

OSÓRIO, J. et al. Water deficits are more important in delaying growth than in changing patterns of carbon allocation in *Eucalyptus globules*. **Tree Physiology**, Victoria, v.18, p.363-373, 1998.

PAIVA, H. N.; VITAL, B. R. **Escolha da Espécie Florestal**. Viçosa: Editora UFV, 2008. P. 10-20.

PAZ, V. P. S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente (Comunidade Técnico). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campinas, v. 4, n.3, p.465-473, 2000.

PEREIRA, M. R. R. **Comportamento fisiológico e morfológico de clones de *Eucalyptus sp. W.(Hill ex Maiden)* submetidas a diferentes níveis de água no solo**. 2006. 69 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

PEREIRA, M. R. R. et al. Comportamento fisiológico e morfológico de clones de *Eucalyptus urograndis* submetidos a diferentes níveis de água no solo. **Revista Irriga**, Botucatu, v.11, n.4, p. 518-531, 2006.

PEREIRA, M. R. R. et al. Análise de crescimento em clones de eucalipto submetidos à estresse hídrico. **Revista Irriga**, Botucatu, v.15, n.1, p. 98-110, 2010

PETRY, M. T. et al. Disponibilidade de água do solo ao milho cultivado sob sistemas de semeadura direta e preparo convencional – Seção VI – Manejo de conservação do solo e da água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n.3, p. 531-539, 2007.

PIMENTEL, C. Respostas fisiológicas à falta d'água: limitação difusiva ou metabólica? In: NOGUEIRA, R. J. M. C. et al. (Ed.). **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife: Imprensa Universitária UFRPE, 2005. p.13-21.

PITA, P. et al. Use of physiological traits in tree breeding for improved yield in drought-prone environments. The case of *Eucalyptus globules*. **Investigación agraria: Sistemas y recursos forestales**, Madrid, v.14, p. 383-393, 2005.

RAIJ, B. et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2001. 285 p.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. São Paulo: Manole, 2004. 478 p.

REIS, G.G. et al. Crescimento de raízes e da parte aérea de clones de híbridos de *Eucalyptus grandis* X *Eucalyptus urophylla* e de *Eucalyptus camaldulensis* X *Eucalyptus* spp. submetidos a dois regimes de irrigação no campo. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.6, p.921-931, 2006.

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

REIS, G.G.et al. Determinação da área foliar em espécies e em procedências de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.12, n.1, p. 25-33, 1988.

SANTANA, R. C. et al. Alocação de nutrientes em plantios de eucalipto no Brasil. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 2723-2733, 2008.

SANTARÉM, E.R. et al. Efeito do estresse hídrico na germinação e crescimento inicial de três espécies de leguminosas. **Acta Botânica Brasileira**, São Paulo, v. 10, n.2, p. 213-221, 1996.

SASSE, J.R. et al. Comparative responses of cuttings and seedlings of *Eucalyptus globules* to water stress. **Tree Physiology**, Victoria, v.16, p. 287-294, 1996.

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

SILVA, M.R. **Efeitos do manejo hídrico e da aplicação de potássio na qualidade de mudas de *Eucalyptus sp. W. (Hill ex. Maiden)*.** 2003. 100 p. Tese(Doutorado em Ciência Florestal)-Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2003.

SILVA, W.et al. Índice de consumo e eficiência do uso da água em eucalipto, submetido a diferentes teores de água em convivência com a braquiária. **Floresta (UFPR)**, v. 34, n.3 , p. 325-335, 2004.

SILVA, K.R., MINETTI, L.J.; FIEDLER, N.C. VENTUROLI, F.; MACHADO, E.G. B.;SOUZA, A. P. Custos e rendimentos operacionais deum plantio de eucalipto em região de cerrado. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 3, p.361-366,2004.

SOARES, P.; TOMÉ, M.; PEREIRA, J. S.A produtividade do eucaliptal. In: ALVES, A. M. (Ed.). O Eucaliptal em Portugal. Impactes Ambientais e Investigação Científica. **ISAPress**, Lisboa, 2007.p. 27-59.

SOCOL, O. J. et al. Condutância hidráulica e tempo de resposta de tensiômetros utilizados em cultivos fertirrigados. **Revista de Ciências Agroveterinária**, Lages, v. 4, n. 1, p. 3-10, 2005.

SOUZA, C.R.; ROSSI, L.M.B.; AZEVEDO, C.P.; LIMA, R.M.B. Comportamento da *Acacia mangium* e de clones de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* em plantios experimentais na Amazônia Central. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 65, p. 95-101,2004.

SOUZA, M. J. H.et al. Disponibilidade hídrica do solo e produtividade do eucalipto em três regiões da Bacia do Rio Doce. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n.3, p. 399-410, 2006.

SOUSA FILHO, J. A.; FREIRE, J. O. A água. In: MOURA FILHO, E. R.; ALENCAR, R. D. (Org.). **Introdução à agroecologia**. Ipanguaçu: IFRN, 2008. p.59-68.

STAPE, J. L.; BINKLEY, D.; RYAN, M. G. *Eucalyptus* production and the supply, use and efficiency of use of water, light and nitrogen across a geographic gradient in Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.193, p.17-31, 2004.

STEELE, D.D. et al. Water balance irrigation scheduling: comparing crop curve accuracies and determining the frequency of corrections to soil moisture estimates. **Applied Engineering in Agriculture**, New York, v. 13, p. 593- 599, 1997.

TAIZ, L. ; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Piracicaba, Artmed, 2004. 720p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 820 p.

TATAGIBA, S. D. et al. Comportamento fisiológico de dois clones de *Eucalyptus* na época seca e chuvosa. **Cerne**, Lavras, v.13, n.2, p.149-159, 2007.

TATAGIBA, S.D.; PEZZOPANE, J.E.M.; REIS, E.F. Avaliação do crescimento e produção de clones de *Eucalyptus* submetidos a diferentes manejos de irrigação. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 1, p. 1-9, 2007.

TAYLOR, S.A. Managing irrigation water on the farm. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 8, p. 433- 436, 1965.

TEIXEIRA, P.C.et al. Nutrición potásica y relaciones hídricas em plantas de *Eucalyptus* spp. **Bosque**, Valdivia, v.16, n.1, p.61-68, 1995.

THOMAS, D. S. Hydrogel applied to the root plug of subtropical eucalypt seedlings halves transplant death following planting. **Forest Ecology and Management**, n. 255, p. 1305-1314, 2008.

TOLEDO, J. V. **Avaliação do estabelecimento de mudas de eucalipto sob déficit hídrico**. 2012. número de folhas. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal)-Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2012.

TONELLO, K. C.; TEIXEIRA FILHO, J. Respostas fisiológicas de dois clones de eucalipto submetidos a diferentes potenciais hídricos. In: Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: O Eucalipto E O Ciclo Hidrológico, 2007, Taubaté. **Anais...** Taubaté: UNITAU,2007. p.287-294. Disponível em:<<https://www.agro.unitau.br:8443/dspace/bitstream/2315/112/1/287-294.pdf>>. Acesso em: 02 dez. 2013.

TONINI, H.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Curvas de índice de sítio para povoamentos clonais de *Eucalyptus saligna* smith para a Depressão Central e Serra do Sudeste, Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 1, p. 27-43, 2006.

TORMENA, C.A.; SILVA, A.P. da; GONÇALVES, A.C.A.; FOLEGATTI, M.V. Intervalo ótimo de potencial de água no solo: um conceito para avaliação da qualidade física do solo e manejo da água na agricultura irrigada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.3, n.3, p.286-92, 1999.

VELLINI, A. L. T. T. et al. Respostas fisiológicas de diferentes clones de eucalipto sob diferentes regimes de irrigação. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 651-663, 2008.

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

WATSON, D. J. Comparative physiological studies in the growth of field crops. I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. **Annals of Botany**, Londres, v. 11, n. 41 , p. 41-76, 1947.

WINTER, E. J. A água, o solo e a planta. SãoPaulo: EDUSP, 1976.