

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

TATIANA DA SILVA LOPES

**CRESCIMENTO INICIAL E ECOFISIOLOGIA DE CLONES DE EUCALIPTO SOB
DIFERENTES CONDIÇÕES CLIMÁTICAS**

ALEGRE
2009

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

TATIANA DA SILVA LOPES

**CRESCIMENTO INICIAL E ECOFISIOLOGIA DE CLONES DE EUCALIPTO SOB
DIFERENTES CONDIÇÕES CLIMÁTICAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal, na área de concentração Biotecnologia e Ecofisiologia do Desenvolvimento de Plantas.

Orientador: Prof Dr José Eduardo Macedo Pezzopane.

ALEGRE

2009

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)

(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

Lopes, Tatiana da Silva, 1983-

L864c Crescimento inicial e ecofisiologia de clones de eucalipto sob diferentes condições climáticas / Tatiana da Silva Lopes. – 2009.

117 f. : il.

Orientador: José Eduardo Macedo Pezzopane.

Co-orientador: Rodolfo Araujo Loos.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Eucalipto – Ecofisiologia – Aracruz (ES). 2. Eucalipto – Ecofisiologia – Montezuma (MG). 3. Eucalipto – Crescimento. 4. Mudanças climáticas. I. Pezzopane, José Eduardo Macedo. II. Loos, Rodolfo Araujo. III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. IV. Título.

CDU: 63

TATIANA DA SILVA LOPES

**CRESCIMENTO INICIAL E ECOFISIOLOGIA DE CLONES DE EUCALIPTO SOB
DIFERENTES CONDIÇÕES CLIMÁTICAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal na área de concentração Biotecnologia e Ecofisiologia do Desenvolvimento de Plantas.

Aprovada em 28 de agosto de 2009.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. José Eduardo Macedo Pezzopane
Universidade Federal do Espírito Santo
(Orientador)

Dr. Rodolfo Araujo Loos
Aracruz Celulose
(Co-orientador)

Dr. Ricardo Miguel Penchel Fihlo
Aracruz Celulose

Prof. Dr. Roberto Avelino Cecílio
Universidade Federal do Espírito Santo

Dr. Jupiter Israel Muro Abad
Aracruz Celulose

Dedico a Deus pela força concedida.

Aos meus pais Venilton e Ana Lúcia, pelo amor e por sempre acreditarem em mim.

Aos meus irmãos Geovana e Vinícius pelo apoio.

Ao meu sobrinho Davi pela alegria que nos traz.

Ao meu noivo Vinicius pelo amor e dedicação.

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho só foi possível devido à cooperação e solidariedade de um grande número de pessoas, assim como o apoio de algumas instituições. De modo especial agradeço:

A Deus pela sabedoria, tranquilidade e força, nunca permitindo que eu fraquejasse.

A minha família que tanto amo, em especial meus pais, irmãos e sobrinho, alicerces da minha vida sem vocês nada disso seria possível.

Ao meu noivo pelo amor, paciência e apoio incondicional, te amo muito.

Ao meu orientador, professor José Eduardo Macedo Pezzopane, pela acolhida, orientação e confiança.

Aos pesquisadores Jupiter Israel Muro Abad, Ricardo Miguel Penchel e Rodolfo Araujo Loos, pelo apoio, orientações, sugestões e acompanhamento durante todo o período de trabalho.

Ao prof. Roberto Avelino Cecílio por ter aceitado participar da banca.

A José Ricardo Macedo Pezzopane, pela ajuda com os dados meteorológicos.

As amigas, Ester, Paula, Talita, Janaína e Flávia pelo estímulo, ajuda e companheirismo e aos demais colegas de turma.

A Reginaldo Leite e Carolina pelo apoio.

Aos funcionários da Aracruz Celulose S/A, pela amizade e contribuição durante a coleta dos dados.

Aos funcionários do Centro de Ciências Agrárias da UFES, em especial Soninha e Madalena.

Aos órgãos financiadores da pesquisa, Fundação de apoio a ciência e tecnologia do Espírito Santo-FAPES, pela bolsa de estudo e a Aracruz Celulose S/A pelo apoio.

À Universidade Federal do Espírito Santo, pela oportunidade de realização do curso.

“A provação vem, não só para
testar nosso valor, mas para
aumentá-lo; o carvalho não é
apenas testado, mas
enrijecido pelas tempestades”

Lettie Cowman

RESUMO GERAL

Lopes, Tatiana da Silva, M.Sc., Universidade Federal do Espírito Santo, Agosto de 2009. **Crescimento inicial e ecofisiologia de clones de eucalipto sob diferentes condições climáticas.** Orientador: José Eduardo Macedo Pezzopane. Co-orientador: Rodolfo Araujo Loos.

O objetivo deste estudo foi avaliar o crescimento e desenvolvimento de clones de eucalipto, analisando as respostas ecofisiológicas, em áreas sob diferentes condições climáticas, em duas épocas do ano. O estudo do comportamento de clones de eucalipto em relação às trocas gasosas, e as medidas de crescimento, se fazem necessário para tomar decisões que levem a uma maior produção, reduzindo custo e aumentando a eficiência no uso da água, otimizando assim a produção florestal. O experimento foi conduzido em duas áreas, uma no município de Aracruz, ao norte do Estado do Espírito Santo, e outra no município de Montezuma, norte do Estado de Minas Gerais. Foram utilizados dez clones produzidos pela Aracruz Celulose S/A, na unidade Barra do Riacho, pertencente ao município de Aracruz, Espírito Santo. Em outubro de 2008 foi realizada a primeira campanha, denominada período 1, e entre abril e maio de 2009 foi realizada a segunda campanha (período 2). As variáveis medidas nas duas áreas e nas duas épocas foram às seguintes: altura total da planta, diâmetro na altura do peito (DAP), área foliar e matéria seca de galhos, caule, folhas e raízes. Além das variáveis de trocas gasosas, fotossíntese, condutância estomática e transpiração e o potencial hídrico foliar. Na área experimental de Aracruz, por apresentar maior disponibilidade hídrica durante o período de avaliação, os clones obtiveram os maiores valores de biomassa seca da parte aérea, principalmente no compartimento caule, onde os clones na área experimental de Aracruz apresentaram crescimento três vezes maior do que os em Montezuma analisando a primeira campanha em relação à segunda. Os clones que se destacaram em Aracruz foram o 3 e o 4, apresentando os maiores valores no compartimento caule, na altura e no DAP, em ambas as campanhas. Em Montezuma o clone que se destaca é o 7, com maiores valores em altura e biomassa seca da parte aérea. Todas as variáveis fisiológicas analisadas obtiveram maiores valores no período 2. Os clones em Montezuma, no período 1 obtiveram maior taxa fotossintética e maior potencial hídrico foliar. Por Montezuma apresentar

um período de seca maior e uma maior deficiência hídrica durante o período experimental, espera-se que a taxa fotossintética fosse menor. Porém nos dias de avaliação da primeira campanha, constatou que em Montezuma havia mais água no solo do que Aracruz, pois apresentou uma umidade do solo de 9,67 % em Aracruz e 12% em Montezuma. No período 2 os clones em Aracruz, apresentaram maior taxa fotossintética, maior transpiração e maior potencial hídrico foliar, provavelmente porque entre a primeira campanha e a segunda, esta área, obteve déficit hídrico duas vezes menor que Montezuma. Os clones 1 e 4 em geral obtiveram maiores valores em ambas as áreas, no período 1, isso indica que mesmo crescendo sob deficiência hídrica, são clones competitivos e que provavelmente possuem uma estratégia de sobrevivência independente do local onde esteja se desenvolvendo.

Palavras-chave: Respostas ecofisiológicas. Medidas de crescimento. Déficit hídrico. Eucalipto.

GENERAL ABSTRACT

Lopes, Tatiana da Silva, M.Sc., Universidade Federal do Espírito Santo, August, 2009. **Initial growth and ecophysiology of eucalyptus clones under different climatic conditions.** Adviser: José Eduardo Macedo Pezzopane. Co-adviser: Rodolfo Araújo Loos.

The objective of this study was to evaluate the growth and development of eucalyptus clones, analyzing the ecophysiology answers, in areas under different climatic conditions, in two periods of the year. The study of the behavior of eucalyptus clones in relation to the gaseous changes and the growth measures are necessary to make decisions that leads to a larger production, reducing cost and increasing the efficiency in the use of the water, optimizing, thus, the forest production. The experiment was driven in two areas, one in the Aracruz city, at the north of Espírito Santo State, the other in the Montezuma city, north of Minas Gerais State. Ten clones were used produced by Aracruz Celulose S/A, in the unit Barra do Riacho, belonging to the Aracruz city, Espírito Santo. In October of 2008 (period 1) the first campaign was accomplished, and between April and May of 2009 the second campaign was accomplished (period 2). The measured variables in the two areas and in the two periods went the following ones: total height of the plant, diameter at the chest height (DAP), foliate area and dry matter of the leaves, branches, stem and roots. Besides the variables of gaseous changes, photosynthesis, stomatal conductance and transpiration and the leaf potential water. In the experimental area of Aracruz, by presenting larger hídric availability during the evaluation period, the clones obtained the largest dry biomass values of the aerial part, mainly in the compartment stem, where the clones in the experimental area of Aracruz presented growth three times larger than in the Montezuma, analyzing the first campaign in relation to the second campaign. The clones that stood out in Aracruz were the 3 and the 4, presenting the largest values in the compartment stem, in the height and in DAP, in both campaigns. In Montezuma the clone that distinguishes is the 7, with larger values in height and dry biomass of the aerial part. All the analyzed physiologic variables obtained more satisfactory values at that period 2. The clones in Montezuma, at that period 1 obtained larger photosynthesis rate and larger leaf potential water. In order that Montezuma presents a larger period

1 and a larger hydric deficiency during the experimental period, it is expected that the photosynthesis rate is smaller. However in the days of evaluation of the first campaign, it verified that in Montezuma there was more water in the soil than Aracruz, because it presented a soil humidity of 9,67% in Aracruz and 12% in Montezuma. At that period 2 the clones in Aracruz, presented larger photosynthesis rate, larger transpiration and larger leaf potential water, probably because between the first campaign and second, this area, obtained hydric deficit twice times smaller than Montezuma. The clones 1 and 4 in general obtained satisfactory values in both areas, in the dry period, what indicates that even growing under hydric deficiency, they are competitive clones and that probably possess a strategy of an independent survival of the place where they are growing.

Word-key: Answers ecophysiology. Growth measures. Hydric deficiency. Eucalyptus.

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1	Páginas
Tabela 1 - Análise granulométrica das proporções existentes de cada fração no substrato, em g/kg, na profundidade de 0 a 20, 20 a 40, 40 a 60, 60 a 80 e 80 a 100 cm, na área experimental de Aracruz.....	42
Tabela 2 - Análise granulométrica das proporções existentes de cada fração no substrato, em g/kg, na profundidade de 0 a 20, 20 a 40, 40 a 60, 60 a 80 e 80 a 100 cm, na área experimental de Montezuma.....	42
Tabela 3 - Valores de precipitação (P), evapotranspiração potencial (ETP), evapotranspiração real (ETR), deficiência (DEF) e excedente hídrico (EXC), nas áreas experimentais de Aracruz-ES e Montezuma-MG, no período 1 (final do período seco) e período 2 (final do período chuvoso).....	52

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1	Páginas
Figura 1 - Aspecto geral do experimento em Aracruz – ES, no período de outubro de 2008 (A) e no período de maio de 2009 (B).....	44
Figura 2 - Aspecto geral do experimento em Montezuma – MG, no período de outubro de 2008 (A) e em abril de 2009 (B).....	44
Figura 3 – Caracterização das medições de biomassa – altura total da árvore.....	45
Figura 4 - Valores mensais da precipitação pluviométrica, temperatura média do ar, umidade relativamédia, radiação global e déficit de pressão de vapor (DPV), nas áreas experimentais de Aracruz-ES e Montezuma-MG, entre janeiro de 2008 a maio de 2009.....	49
Figura 5 - Balanço hídrico climatológico realizado através do método de Thornthwaite & Mather (1955) para o período de Janeiro de 2008 a maio de 2009, na área experimental de Aracruz-ES, com capacidade de água disponível no solo (CAD) de 100 mm, e Montezuma-MG com CAD de 115 mm, respectivamente.....	51
Figura 6 - Massa seca total de caule (kg), obtido através da média de dez clones de eucalipto, avaliados em duas áreas experimentais distintas, uma localizada no município de Aracruz-ES e outra no município de Montezuma-MG. As avaliações foram realizadas no período 1 (A) e no período 2 (B).....	53
Figura 7 - Massa seca total de caule (kg), de dez clones de eucalipto, as avaliações foram realizadas no período 1 (A) e no período 2 (B).....	54
Figura 8 – Incremento de caule (kg), obtido através da média de dez clones de eucalipto, avaliados em duas áreas experimentais distintas, Aracruz-ES e Montezuma-MG (A), e dados obtidos de cada clone de eucalipto, média das duas áreas experimentais (B).....	55

Figura 9 - Massa seca total de folhas (kg), de dez clones de eucalipto, as avaliações foram realizadas no período 1 (A) e no período 2 (B).....	57
Figura 10 – Incremento de folhas (kg), análise entre as duas áreas experimentais Aracruz-ES e Montezuma-MG (A), entre os de dez clones de eucalipto estudados (B), e a interação entre as áreas e os clones (C).....	58
Figura 11 - Massa seca total de galhos (kg), obtido através da média de dez clones de eucalipto, avaliados em duas áreas experimentais distintas, uma localizada no município de Aracruz (ES) e outra no município de Montezuma (MG). As avaliações foram realizadas no período 1 (A) e no período 2 (B).....	60
Figura 12 - Massa seca total de galhos (kg), de dez clones de eucalipto, as avaliações foram realizadas no período 1 (A) e no período 2 (B).....	61
Figura 13 – Biomassa seca total (%) de raiz, caule, galhos e folhas, de dez clones de eucalipto, nos municípios de Montezuma e Aracruz, no período 1 e 2.....	63
Figura 14 – Massa seca total de raiz (%) de plantas de dez clones de eucalipto, nos municípios de Montezuma e Aracruz, no período 1 e 2.....	64
Figura 15 - Altura total (m), obtido através da média de dez clones de eucalipto, avaliados em duas áreas experimentais distintas, uma localizada no município de Aracruz (ES) e outra no município de Montezuma (MG). As avaliações foram realizadas no período 1 (A) e no período 2 (B).....	66
Figura 16 - Altura total (m), de dez clones de eucalipto, as avaliações foram realizadas no período 1 (A) e no período 2 (B).....	67
Figura 17 - Altura total (m), de dez clones de eucalipto, avaliados em duas áreas experimentais distintas, uma localizada no município de Aracruz (ES) e outra no município de Montezuma (MG). As avaliações foram realizadas no período 1.....	67
Figura 18 – Diâmetro a altura do peito (DAP) total (cm), obtido através da média de dez clones de eucalipto, avaliados em duas áreas experimentais distintas, uma localizada no município de Aracruz (ES) e outra no município de Montezuma (MG). As avaliações foram realizadas no período 1 (A) e no período 2 (B)	69

Figura 19 – Diâmetro a altura do peito (DAP) total (cm), de dez clones de eucalipto, as avaliações foram realizadas no período 1 (A) e no período 2 (B).....70

Figura 20 – Área foliar total (m²), de dez clones de eucalipto, as avaliações foram realizadas no período 1 (A) e no período 2 (B).....71

Capítulo 2

Figura 1 - IRGA modelo Li-6400 da LICOR, utilizado nas avaliações das trocas gasosas.....86

Figura 2 – Detalhe dos recursos usados para as medições de trocas gasosas, na primeira campanha (A) e na segunda campanha (B).....87

Figura 3 - Bomba de pressão PMS 1003 da PMS Instruments Co, e um coletor de dados, utilizados nas avaliações de potencial hídrico foliar.....87

Figura 4 – Fotossíntese líquida (A), condutância estomática (Gs), transpiração (E) e eficiência do uso da água (EUA), as 8:00 horas e potencial hídrico foliar antemanhã (Ψ), média de dez clones de eucalipto crescendo nas áreas experimentais de Aracruz e Montezuma, em dois períodos, período 1 e período 2.....91

Figura 5 - Fotossíntese líquida (A), condutância estomática (Gs), transpiração (E), eficiência do uso da água (EUA) realizado às 8:00, 12:00 e 16:00 horas, e potencial hídrico foliar (PHF) realizado as 04:00, 8:00, 12:00 e 16:00 horas, média de dez clones de eucalipto crescendo em duas áreas experimentais, uma em Aracruz e outra em Montezuma, em dois períodos. Na primeira campanha escolheu-se o dia 03 de outubro em Aracruz e 08 de outubro de 2008 em Montezuma, e na segunda campanha foram os dias 06 de maio em Aracruz e 15 de abril de 2009 em Montezuma.....94

Figura 6 – Temperatura média do ar, umidade relativa do ar, déficit de pressão de vapor (DPV), radiação solar global e velocidade do vento, ao longo do dia 03 de outubro em Aracruz e 08 de outubro de 2008 em Montezuma na primeira campanha, e na segunda campanha nos dias 06 de maio e 15 de abril de 2009 em Aracruz e Montezuma, respectivamente.....98

Figura 7 – Fotossíntese líquida (A) de dez clones de eucalipto, média diária de cada clone, crescendo em duas áreas experimentais, uma em Aracruz e outra em Montezuma, em dois períodos, período 2 (A) e período 2 (B).....	101
Figura 8 – Condutância estomática (Gs) de dez clones de eucalipto, média diária de cada clone, crescendo em duas áreas experimentais, uma em Aracruz e outra em Montezuma, em dois períodos, período 1 (A) e período 2 (B).....	103
Figura 9 – Transpiração (E) de dez clones de eucalipto, média diária de cada clone, crescendo em duas áreas experimentais, uma em Aracruz e outra em Montezuma, em dois períodos, período 1 (A) e período 2 (B).....	105
Figura 10 – Eficiência do uso da água (EUA) de dez clones de eucalipto, média diária de cada clone, crescendo em duas áreas experimentais, uma em Aracruz e outra em Montezuma, em dois períodos, período 1 (A) e período 2 (B).....	107
Figura 11 – Potencial hídrico foliar (Ψ) de dez clones de eucalipto, média diária de cada clone, crescendo em duas áreas experimentais, uma em Aracruz e outra em Montezuma, em dois períodos, período 1 (A) e período 2 (B).....	109
Figura 12 – Fotossíntese líquida (A) no período 1 e 2, condutância estomática (Gs) no período 1 e transpiração (E) no período 2, realizado às 8:00 horas em dez clones de eucalipto crescendo nas áreas experimentais de Aracruz (ARA) e Montezuma (MTZ).....	111

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	6
GENERAL ABSTRACT	8
1. INTRODUÇÃO GERAL	17
2. REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1 O Eucalipto.....	19
2.2 Status hídrico das plantas	20
2.2.1 Potencial hídrico foliar	21
2.3 Trocas gasosas	22
2.3.1 Fotossíntese	23
2.3.2 Transpiração	24
2.3.3 Condutância estomática	25
2.4 Característica de crescimento	27
2.5 Variáveis climáticas	29
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31
CAPÍTULO I	35
RESUMO.....	35
ABSTRACT	37
1. INTRODUÇÃO	39
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	41
2.1 Material vegetal e características da área de estudo	41
2.2 Instalação das parcelas e delineamento experimental.....	43
2.3 Medidas de crescimento dos clones.....	43
2.4 Variáveis climáticas e do teor de água no solo	46
3. RESULTADO E DISCUSSÃO	48

3.1 Caracterizações edafoclimáticas.....	48
3.2 Avaliação das medidas de biomassa	52
3.3 Avaliação das medidas biométricas	65
4. CONCLUSÕES	72
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
CAPÍTULO II	77
RESUMO.....	77
ABSTRACT	79
1. INTRODUÇÃO	81
2. MATERIAL E MÉTODOS	83
2.1 Material vegetal e características da área de estudo	83
2.2 Instalação das parcelas e delineamento experimental	84
2.3 Medidas de trocas gasosas.....	85
2.4 Variáveis microclimáticas e do teor de água no solo.....	88
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	89
3.1 Trocas gasosas e potencial hídrico foliar, análise geral entre as áreas experimentais e os horários de medição.....	89
3.2 Análise dos dez clones estudados para os dados de trocas gasosas e potencial hídrico foliar.....	99
3.3 Análise comparativa entre os dois períodos na área experimental de Aracruz e Montezuma.....	110
4. CONCLUSÕES	113
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	115

1. INTRODUÇÃO GERAL

O *Eucalyptus* é um gênero que pertence à família Myrtaceae, esta família compreende cerca de 130 gêneros e aproximadamente 4000 espécies, apresentando dois grandes centros de dispersão, nas Américas e na Austrália. O gênero *Eucalyptus* apresenta mais de 600 espécies, nativas em sua maioria da Austrália, onde ocorre do nível do mar até 2000 metros de altitude (JOLY, 2002; SOUZA; LORENZI, 2005; QUEIROZ; BARRICHELO, 2007).

Este gênero nativo da Austrália foi introduzido no Brasil com êxito. Possui diversas espécies de crescimento rápido, cultivadas principalmente para obtenção de madeira, sendo utilizada para produção de mourões, postes e carvão, produção de celulose e papel, extração de essências e ornamentação (PAIVA; VITAL, 2008). O gênero *Eucalyptus*, caracteriza-se por apresentar folhas alternas e fruto seco, se destacando no ponto de vista econômico (JOLY, 2002; SOUZA; LORENZI, 2005).

Com a exceção de algumas regiões, o Brasil é superior em relação ao potencial produtivo das florestas plantadas quando comparado a outras regiões tropicais. Essa superioridade se deve as condições ambientais favoráveis e a eficiência da tecnologia empregada. A melhoria no manejo florestal e o melhoramento genético possibilitaram ganhos na produtividade, mas mediante as incertezas climáticas, a restrição da base genética atribuída por esta prática torna a silvicultura uma atividade de risco (RIBEIRO, 2009).

O crescimento e o desenvolvimento das plantas dependem de vários fatores, entre eles da disponibilidade de água no solo. A água é o principal constituinte dos vegetais, sendo assim uma pequena diminuição no teor de água no solo pode causar danos drásticos no metabolismo da planta (LARCHER, 2006; TAIZ; ZEIGER, 2004).

A redução da precipitação é a causa primária da deficiência de umidade no solo. Os danos causados podem levar as plantas à morte ou a uma redução do crescimento. Os danos se acentuam quando as condições favorecem a evaporação e a

transpiração, como dias claros, altas temperaturas, baixa umidade relativa do ar e ventos fortes (SOARES; BATISTA, 2004).

Avaliações das trocas gasosas e medidas de crescimento em plantas de eucalipto têm sido utilizadas como ferramenta para avaliar, em nível pontual, as respostas da produtividade primária deste gênero diante das variações climáticas e/ou sazonais, Mielke (1997), Chaves (2001), Tatagiba (2007), Marrichi (2009). Desta forma clones mais resistente podem ser indicados para diferentes condições climáticas regionais, adequados principalmente a deficiência hídrica.

Segundo Gomes et al. (2002), tem havido aumento na demanda de produtos originados do eucalipto, tornando-se necessário elevar a produtividade da cultura. Martins (2007) salienta a importância de analisar as respostas das plantas e seus mecanismos de defesa ao déficit hídrico no solo. No entanto a quantificação do impacto da disponibilidade de água no solo sobre o crescimento e desenvolvimento vegetal tem recebido pouca atenção.

O comportamento dos clones de eucalipto em relação às trocas gasosas, e as medidas biométricas podem ajudar na tomada de decisões, no uso e recomendações de clones para áreas de estresse, levando a uma maior produção, reduzindo custos e aumentando a eficiência no uso da água. Neste sentido este trabalho teve por objetivo avaliar a influência do regime hídrico, sobre o crescimento e desenvolvimento de diversos materiais genéticos de eucalipto, avaliando as respostas ecofisiológicas, em áreas sob diferentes condições climáticas e em duas épocas do ano.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O Eucalipto

Este gênero australiano há aproximadamente 100 anos, foi selecionado e trazido para o Brasil com o intuito de produzir lenha para construção das vias férreas brasileiras. A escolha foi bem-sucedida, o que se reafirmou nas décadas seguintes, quando se encontrou novos empregos para a sua madeira (HASSE, 2006; PAIVA; VITAL, 2008).

De acordo com Coppen (2002), provavelmente já em 1600, colonizadores Portugueses trouxeram sementes de eucalipto para serem plantadas no Brasil. Atualmente o Brasil é considerado como país possuidor das florestas homogêneas mais produtivas e eficientes, apresentando já em 1950 a maior área plantada com eucalipto no mundo (QUEIROZ; BARRICHELO, 2007).

Atualmente existem 18 milhões de hectares plantados com eucalipto no mundo e 3,5 milhões de hectares desta cobertura estão no Brasil, consistindo em 0,41% do território brasileiro, concentrando-se principalmente nos estados de Minas Gerais, São Paulo e Bahia (SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA - SBS, 2000; QUEIROZ; BARRICHELO, 2007). Esse valor é bem inferior às áreas cultivadas com soja, milho, cana-de-açúcar e pastagens no Brasil. Trata-se de uma cultura menos extensa e de ciclo mais longo que várias outras implantadas em diferentes regiões do Brasil (ARACRUZ CELULOSE, acesso em 23 mar. 2009).

Segundo Alfenas et al. (2004), tem ocorrido expansão dos plantios de eucalipto para suprir o aumento da demanda de matéria-prima para a produção de celulose e papel, carvão vegetal, madeira para serraria, postes de eletricidade, óleos essenciais dentre outras aplicações.

Queiroz e Barrichelo (2007), afirmam que o híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla* (“urograndis”), é a espécie mais cultivada atualmente no Brasil, e que um indivíduo adulto desta espécie, absorve menos água do solo quando comparado a muitas

espécies nativas no Brasil. Esse gênero tem sido recomendado para recuperar solos erodidos e degradados como os de pastos e campos que perderam sua cobertura vegetal há muitos anos.

2.2 Status hídrico das plantas

A célula fisiologicamente funcional precisa de um ambiente interno com 80 a 95% de água. As taxas de transpiração e a umidade do ar e do solo determinam a variação da quantidade de água na planta. Sua falta prejudica o crescimento celular e as atividades metabólicas. A água desempenha diversas funções na planta, como por exemplo, a constituição do protoplasma, manutenção de estrutura molecular, reagente e produto, solvente de substâncias, turgescência e termorregulação (MARENCO; LOPES, 2007).

O crescimento e a reprodução das plantas são frequentemente influenciadas pela sazonalidade e pela quantidade de chuva. O estresse hídrico é um fator ecológico que pode alterar a fenologia da folha, da flor e do fruto, nas mais diversas espécies variando de acordo com a sazonalidade. Mesmo assim muitas espécies desenvolvem mecanismos para suportar a seca nas épocas de estiagem (MULKEY et al., 1996).

O déficit hídrico é apontado como um dos principais agentes abióticos causadores de injúrias no eucalipto (ALFENAS, 2004). A água viabiliza o transporte dos nutrientes através da planta e constitui a matriz e o meio onde ocorrem a maioria dos processos bioquímicos essenciais à vida. As plantas absorvem e perdem água continuamente e a maioria da água perdida pela planta evapora da folha à medida que o CO₂ necessário à fotossíntese é absorvido da atmosfera. (SOARES; BATISTA, 2004; TAIZ; ZEIGER, 2004).

Para que uma planta esteja sob estresse hídrico, ou o solo não contém água disponível ou existe água, porém a planta não é capaz de absorver em quantidade e velocidade satisfatória para atender o poder evaporante do ar (PEREIRA et al., 1997).

2.2.1 Potencial hídrico foliar

O potencial hídrico é habitualmente utilizado como uma medida do status hídrico de uma planta. Devido à eliminação da água no processo transpiratório, as plantas raramente estão com plena hidratação. O crescimento celular, a fotossíntese, e a produtividade de cultivos são todos intensamente influenciados pelo potencial hídrico (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Normalmente, todos os processos vitais são afetados pelo decréscimo do potencial hídrico, e a primeira resposta ao déficit hídrico é a diminuição do turgor, comprometendo assim o crescimento da planta (LARCHER, 2006; TAIZ; ZEIGER, 2004). A conservação da turgescência da folha é essencial para não comprometer a atividade metabólica do mesófilo durante a seca. A primeira ação contra a perda da turgescência é o fechamento dos estômatos em resposta ao ar seco, reduzindo o potencial hídrico foliar (MULKEY et al., 1996).

Folhas desidratadas significam potencial hídrico mais negativo e uma redução na taxa fotossintética. O potencial hídrico foliar interage com outros fatores como a transpiração, o déficit de pressão de vapor e o controle estomático (KOZLOWSKI; PALLARDY, 1996).

O potencial hídrico mede o grau de hidratação de uma planta, sendo assim, disponibiliza um índice relativo do estresse hídrico ao qual a planta está submetida. De acordo com Taiz e Zeiger (2004) o crescimento celular é o mais afetado pelo estresse hídrico, podendo ocorrer inibição da síntese de proteína, inibição da divisão celular, acúmulo de solutos, fechamento estomático, e inibição da fotossíntese.

No geral, os estômatos são sensíveis a mudanças no potencial hídrico foliar, a não ser que este valor fique aproximadamente entre -5 e -18 bar, e não seja excedido. Se o potencial apresentar valores mais negativos, os estômatos fecham rapidamente e às vezes completamente, independentemente da taxa de fotossíntese (MOHR; SCHOPFER, 1994).

2.3 Trocas gasosas

O metabolismo do carbono no interior da célula está relacionado com a circulação de gases atmosféricos por meio das trocas gasosas. A difusão ou fluxo de massa é o processo no qual ocorrem trocas gasosas entre a atmosfera e as células, portanto, acontecem trocas de CO_2 e O_2 entre o interior da planta e a atmosfera que a envolve, como por exemplo durante a fotossíntese, quando a planta fixa CO_2 e libera O_2 (LARCHER, 2006).

Sob condições de baixa disponibilidade de água, reduções da condutância estomática constituem uma das primeiras estratégias usadas pelas plantas para diminuir a taxa de transpiração e manter a turgescência. Sob uma lenta perda de vapor de água pode ocorrer o processo de fechamento estomático, reduzindo a absorção de gás carbônico (CO_2), e, por conseguinte, a fotossíntese (LIBERATO et al., 2006).

A água está intimamente ligada às trocas gasosas, tanto nos processos fotossintéticos, quanto na própria regulação estomática. Os processos de fotossíntese e de respiração influenciam diretamente no crescimento vegetal, reflexo do balanço de carbono na planta, os quais, por sua vez, dependem de uma complexa série de fatores ambientais, como por exemplo a disponibilidade de água (ANGELOCCI, 2002).

Segundo Marenco e Lopes (2007), em dias de radiação solar intensa, ao meio-dia ocorre um fenômeno chamado depressão do meio-dia, a esse fenômeno está associado uma queda na fotossíntese, fotoinibição e fechamento parcial dos estômatos. Com o estresse hídrico, além de ocorrer um agravamento no fenômeno descrito acima, este, se restringe a taxa de síntese de clorofila e afeta o desenvolvimento funcional e estrutural dos cloroplastos.

De acordo com Larcher (2006), a eficiência do uso da água (EUA), é mais uma importante variável fisiológica, obtido a partir da razão entre a taxa fotossintética e a taxa de transpiração. A EUA pode variar entre e dentro das espécies vegetais, e

expressa quantitativamente o desempenho momentâneo das trocas gasosas na folha.

2.3.1 Fotossíntese

A fotossíntese é um processo complexo pelo qual plantas e algumas bactérias produzem compostos orgânicos a partir de matéria-prima inorgânica na presença de luz solar. O sol é a fonte primária de toda a energia metabólica e a fotossíntese é fundamental para o crescimento e manutenção de todas as formas de vida existentes (Hall; Rao, 1980; Marengo; Lopes, 2007).

A atividade fotossintética possibilita a conversão da energia solar sob cada superfície foliar. Essa energia é absorvida por pigmentos e convertidas em potencial eletroquímico que procede de vários passos, tal como transporte de elétrons, transporte de prótons, reações redox e transferência de fosfato (MOHR; SCHOPFER, 1994). Diferenças morfológicas das espécies em relação à fotossíntese são importantes, visto que as propriedades anatômicas das folhas estão relacionadas diretamente com a energia radiante convertida (LANDSBERG, 1986).

Segundo Kozlowski et al. (1991), os valores de fotossíntese variam amplamente entre as espécies e entre o local onde a planta está inserida. Num mesmo indivíduo ocorre variação entre folhas de sol e folhas de sombra, durante o curso do dia e durante as estações do ano. Essas variações são resultado da interação de vários fatores, como idade da folha, formação do dossel, condutância estomática e os fatores ambientais, como intensidade de luz, temperatura, disponibilidade de água entre outro.

Plantas terrestres desenvolveram adaptações fisiológicas durante a evolução em diferentes ambientes, necessitando de diversas estratégias para sobreviver. Foram desenvolvidas muitas estratégias para sobrevivência, principalmente nas espécies viventes em locais climaticamente extremos. Neste processo o aparato fotossintético foi aperfeiçoado rigorosamente para trabalhar com eficiência sob determinada condição ambiental. (MOHR; SCHOPFER, 1994).

A produtividade florestal pode ser reduzida pela falta de alguns recursos, como por exemplo, nutrientes, luz e disponibilidade de águas. Nas plantas crescendo em condições naturais, entretanto, a fotossíntese e a partição de assimilados são constantemente afetadas pela carência desses recursos, causando um estresse ambiental. (KOZLOWSKI; PALLARDY, 1996).

Os fatores ambientais normalmente não exercem de forma isolada suas influências numa floresta. A fotossíntese responde diferentemente quando sob influência de vários fatores ou apenas um fator ambiental, como exemplo, as respostas a alterações desencadeadas por um conjunto de fatores climáticos. Por tanto, os resultados de um estudo executado em campo, quando comparado a um trabalho realizado em laboratório, tem chances de explicar com maior eficácia a realidade da influencia desses fatores no que diz respeito às trocas gasosas do vegetal. (CHAVES et al.,2002; LARCHER, 2006).

2.3.2 Transpiração

A transpiração é o processo no qual as plantas eliminam água na forma de vapor, geralmente esse processo acontece nas folhas, mas pode ocorrer também nas lenticelas de plantas lenhosas. Nas folhas, a evaporação sucede a partir das paredes celulares em direção aos espaços intercelulares de ar, ocorrendo então difusão, por meio dos estômatos, para a atmosfera. Os estômatos são essenciais na regulação da taxa transpiratória, ao lado da camada de ar adjacente à folha (PEREIRA et.al., 2002).

O processo transpiratório pode ocorrer de três maneiras, envolvendo a transpiração estomática, onde passam mais de 90% do CO₂ e da água transpirada, e a transpiração cuticular e peridérmica, na qual é perdido o restante da água existente, já que apenas 1% da água absorvida pela planta é utilizada na fixação do carbono (MARENCO; LOPES, 2007).

A transpiração é de grande importância, pois impede que as folhas sofram superaquecimento pela incidência direta da radiação solar (PEREIRA et al., 1997).

Como a energia do sol é necessária para realização da fotossíntese, a planta deve expor o máximo de sua superfície ao sol, criando ao mesmo tempo uma grande superfície de transpiração (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2001).

Segundo Marengo e Lopes (2007), mesmo havendo água disponível no solo, em dias quentes de radiação solar intensa, a quantidade de água transpirada nas folhas é superior a quantidade absorvida pelas raízes e transportada pelo xilema, causando assim um estresse hídrico temporário. Com o estresse os estômatos tendem a se fechar, reduzindo a entrada de CO₂ na folha e a fotossíntese.

O déficit de pressão de vapor (DPV) é a força que impulsiona o movimento da água de dentro da folha para o ambiente. Quanto maior o DPV maior a liberação de água pela folha. Deste modo, os estômatos devem ajustar sua abertura para impedir a desidratação. Se esta liberação de vapor de água é alta e a estrutura vascular da planta não consegue suprir esta demanda, a folha e a planta inteira podem entrar em uma situação de estresse hídrico. (STRECK, 2003).

De acordo com Pereira et al. (2006), o eucalipto apresenta altas taxas de crescimento, e portanto altos valores de transpiração, ou seja, há um aumento na taxa de consumo de água, mas em contrapartida, espécies do gênero apresentam altos valores de eficiência do uso da água. Desta forma o autor ressalta a importância de pesquisas no campo com eucalipto sob diferentes regimes hídricos, visando o melhor entendimento deste processo.

2.3.3 Condutância estomática

A epiderme desempenha um papel essencial nas trocas gasosas com a atmosfera, pois pequenos poros na superfície das plantas, os estômatos, regularizam o fluxo de gases para dentro e para fora da planta (POWLES et al. 2006). Os estômatos podem ocorrer tanto em ambas as faces da folha quanto em uma única face, mas também podem ocorrer em flores, frutos e caules. Há uma grande variação de número de estômatos por área entre as espécies, o que influencia na regulação das

trocas gasosas, além de se adaptarem às mudanças globais e locais (ANGELOCCI, 2002; HETHERINGTON; WOODWARD, 2003).

Os estômatos são estruturas que permitem a comunicação entre a parte interna da planta e a atmosfera, por eles fluem vapor d'água, gás carbônico e oxigênio. Através dos estômatos, toda a água usada nos diversos processos metabólicos necessários ao crescimento e desenvolvimento dos vegetais é evaporada, esse mecanismo é chamado de transpiração (PEREIRA et al., 1997). De acordo com Soares e Almeida (2001) o eucalipto durante a estação seca desempenha controle estomático eficiente sobre a transpiração.

Por meio da modificação da abertura estomática, a planta controla a entrada e saída de CO_2 na folha. Em uma folha, nem todos os estômatos estão com mesma abertura, ao mesmo tempo. Deve-se perceber que, neste processo, as células responsáveis pelo fechamento movimentam-se constantemente e que o poro estomático oscila: abrindo e fechando (LARCHER, 2006). Os principais fatores ambientais que ocasionam variações na condutância estomática são a umidade tanto do solo quanto do ar, bem como a radiação solar (LANDSBERG, 1986).

O sistema que regula a abertura estomática funciona como uma válvula de segurança para transpiração, e o hormônio ácido abscísico (ABA) é muito importante nessa regulação, pois transmitem sinais as células-guarda que rapidamente fecham os estômatos (MOHR; SCHOPFER, 1994).

De acordo com Raven; Evert e Eichhorn (2001), durante períodos de estresse hídrico, em muitas plantas ocorre um aumento acentuado no nível de ABA. O ABA pode ser sintetizado nas células do mesófilo e atingir os estômatos advertindo que as células do mesófilo estão passando por um estresse hídrico. Na presença de solo seco, ABA extra é produzido pelas raízes e conduzido para as folhas, causando o fechamento dos estômatos.

Segundo Marengo e Lopes (2007), a abertura e fechamento dos estômatos dependem do movimento de íons nas células-guarda. A saída dos íons K^+ , principalmente, promove a saída de água e conseqüentemente o fechamento dos estômatos. Já o acúmulo de K^+ , Cl^- e malato²⁻ nas células-guarda, promove a

diminuição do potencial osmótico, sendo assim as células absorvem água e ficam túrgidas, gerando a abertura do estômato.

Em trabalho realizado por Carneiro et al. (2008), com híbridos de “urograndis” sob regimes irrigados e não irrigados, verificando o efeito da variação sazonal das variáveis ambientais, demonstraram que quando as condições ambientais foram iguais, a umidade do solo foi o fator predominante no controle da condutância estomática. Observaram também que a condutância estomática de plantios jovens apresentou variação sazonal entre o período úmido e o período seco.

2.4 Característica de crescimento

Segundo Larcher (2006), 60% ou mais da matéria seca vegetal, são formadas em grande parte por carboidratos. Com o objetivo de preencher as necessidades dos órgãos do vegetal, os carboidratos produzidos pela assimilação do CO₂ devem ser lançados para toda a planta de forma sistemática, mas flexível. A distribuição desse carboidrato produzido é controlada pela demanda, seja para, manutenção, estoque ou crescimento.

O crescimento e a produtividade florestal dependem da interceptação da radiação solar e da alocação dos compostos de carbono. O aumento da matéria seca da planta ocorre quando, o carbono que não é consumido pela respiração é aplicado para o crescimento ou reserva. A taxa de crescimento aumenta com um maior proveito de CO₂ e, assim sendo, está correlacionada com a capacidade fotossintética (KOZLOWSKI; PALLARDY, 1996; LARCHER, 2006).

Na maioria dos casos, o estresse provocado pelo déficit hídrico, medeia à relação de sobrevivência entre plantas, que pode ser medida pelo processo primário de assimilação do CO₂, pela produtividade, ou pela acumulação de matéria seca, que estão relacionados com o crescimento geral das plantas (TAIZ; ZEIGER, 2004). Neste sentido quando as espécies de eucaliptos são cultivadas em condições adequadas de abastecimento de água e nutrientes, a eficiência e a produtividade são elevadas (BARTON, 2007).

O déficit hídrico pode causar diversas lesões na planta. No campo, a seca ou morte de árvores de eucalipto pode ocorrer em reboleiras, ou em plantas esparsas no talhão. Até os três anos de idade, as plantas podem apresentar encarquilhamento foliar, lesões foliares em forma de “V” invertido e seca de ponteiros de galhos e da haste principal no terço superior ou em toda a planta (ALFENAS et al., 2004). O déficit hídrico restringe a fotossíntese pelo fechamento dos estômatos, diminuindo a eficiência do processo de fixação de carbono, suprimindo a formação e expansão foliar, podendo induzir a queda das folhas (KOZLOWSKI E PALLARDY, 1996).

Em estudos realizados com o intuito de estimar a produção de biomassa de diferentes genótipos de eucalipto, para diferentes regiões do Brasil, avaliando o efeito de características climáticas sobre a produtividade do eucalipto, foi observado que a produção de biomassa foi menor nas regiões com baixa disponibilidade de água (SOARES; LEITE, 2000; SANTANA et al., 2008).

Vellini et al. (2008), avaliando o desempenho de 18 clones de eucalipto, verificou que os híbridos *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* apresentaram os maiores crescimentos relativos em área foliar. Esses clones foram capazes de usar a água de forma mais eficiente que os demais, permitindo o maior crescimento mesmo sob menor disponibilidade hídrica.

Visando o ajuste de modelos para determinação de biomassa seca de compartimentos aéreos (lenho, casca, folha e galhos), em árvores de *Eucalyptus benthamii*, Silva et al. (2004), verificaram que aos 12 meses de idade o compartimento folha apresentou maior percentual de biomassa, e a partir dos 24 meses, o compartimento que obteve maior acúmulo de biomassa foi o lenho.

A extensão do sistema radicular representa tanto a profundidade quanto da distância em que se distribui lateralmente, e este depende de alguns fatores como, temperatura, umidade e composição do solo. As raízes finas são as mais envolvidas na absorção de água e sais minerais, e normalmente ocorrem nos primeiros 15 cm do solo. O crescimento de muitas raízes aparentemente é um processo contínuo, que pode ser interrompido apenas sob condições adversas, como secas ou baixas temperaturas (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2001).

Por meio das células da raiz, a água penetra nos elementos condutores da planta e sai através das folhas, sob a forma de vapor d' água. Este transporte de água e também minerais ocorre nos elementos condutores do xilema, ao longo da planta, que se estendem da raiz às folhas (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2001).

2.5 Variáveis climáticas

A escolha de espécies de eucalipto potencialmente aptas para o plantio no Brasil tem se baseado, primeiramente, em critérios climáticos (BARROS et al., 1990). Segundo Ribeiro (2009) as adversidades climáticas são o maior desafio para conservar a alta produtividade alcançada pelas empresas florestais no Brasil.

A água disponível as plantas, representa a quantidade de água que um solo poderia reter ou armazenar. Em estudos sobre disponibilidade de água no solo, é de grande importância o conhecimento da umidade do solo, pois influencia intimamente no volume de água nele armazenado (BERNARDO et al., 2006).

A disponibilidade hídrica dos solos é influenciada pelas condições térmicas e pela distribuição das precipitações no espaço e no tempo. O balanço hídrico pode ser entendido como a contabilização dos ganhos e perdas de água, em determinado volume de solo. Os ganhos são constituídos basicamente pela precipitação pluvial, enquanto as perdas são provenientes de evapotranspiração, percolação profunda, escoamento superficial e subsuperficial de saída. O volume de solo é definido pela profundidade efetiva do sistema radicular, onde se observa a absorção de água pelas raízes (SOUZA et al, 2006).

A copa da floresta consiste em um sistema de captação de gotículas de água. Sendo assim, uma floresta plantada ou nativa colabora para o acréscimo da precipitação sobre a superfície, especialmente quando está localizada em áreas ao longo da costa e áreas montanhosas (LIMA, 1996).

Uma variável microclimática importante é a distribuição da radiação na cobertura vegetal. A cada profundidade da cobertura, a radiação que adentra é interceptada e

aproveitada gradativamente, e próximo à superfície do solo já foi quase completamente absorvida. Em folhas com o ápice voltado para baixo como, pode ocorrer em espécies do gênero *Eucalyptus*, há uma interceptação da radiação em um ângulo agudo. Desse modo nessa posição, folhas se protegem de injúrias causadas pela intensidade de radiação excessiva e pelo superaquecimento (LARCHER, 2006).

Temperaturas dentro da faixa normal (10° a 25°C) têm pouco efeito no desempenho dos estômatos, as temperaturas maiores que 35°C podem levar ao fechamento dos estômatos. O motivo real do fechamento dos estômatos em respostas ao calor pode ser conseqüência de um aumento na concentração intracelular de CO₂. A cada acréscimo de 10°C da temperatura, a velocidade da evaporação da água duplica. Contudo, uma vez que a transpiração resfria a superfície foliar, sua temperatura não sobe tão bruscamente como a do ar (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2001).

A evapotranspiração pode ser apontada como a transferência de água para a atmosfera por transpiração e por evaporação. Isto inclui a evaporação da água, do solo, a evaporação da chuva ou orvalho na superfície das folhas, inclui ainda a água utilizada na irrigação e a transpiração vegetal (PEREIRA et al., 2002; BERNARDO et al., 2006). A evapotranspiração pode ser expressa em valores totais, médios ou diários, em lâminas de água ou em volume por unidade de área e, deste modo, ela depende, sobretudo, da quantidade de energia solar incidente (BERNARDO et al., 2006).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFENAS, A. C.; et al. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa: UFV, 2004. p.
- ANGELOCCI, L. R. **Água na planta e trocas gasosas/energéticas com a atmosfera: introdução ao tratamento biofísico**. Piracicaba: Edição do autor, 2002. p. 1-53.
- Aracruz celulose. Disponível em: <<http://www.aracruz.com.br/eucalipto/pt/aracruz.html>>. Acesso em: 23 mar. 2009.
- BARROS, N. F.; et al. Algumas relações solo-espécie de eucalipto em suas condições naturais. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. de. **Relação solo-eucalipto**. Viçosa: Editora folha de Viçosa, 1990. p. 1-24.
- BARTON, M. K. Making Holes in Leaves: Promoting Cell State Transitions in Stomatal Development. **The Plant Cell**, v.19, n.4, p.1140–1143, 2007.
- BERNARDO, S.; et al. **Manual de irrigação**. Viçosa: Ed. UFV, 2006. p. 15-44.
- CARNEIRO, R. L. C., et al. Consumo de água em plantios de eucalipto: parte 1 determinação da condutância estomática em tratamentos irrigado e não-irrigado. **Revista Árvore**, Viçosa, v.32, n.1, p.1-10, 2008.
- CHAVES, J.H. **Crescimento, fotossíntese e relações hídricas de clones de eucalipto sob diferentes regimes hídricos**. Viçosa: UFV, 2001. 106 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.
- CHAVES, M. M. et al. How plants cope with water stress in the field. Photosynthesis and growth. **Annals of botany**. v. 89, p. 907-916, 2002.
- COPPEN, J. J. W. **Eucalyptus the genus *Eucalyptus***. London: Ed. Taylor & Francis, 2002. p. 1-50.
- GOMES, J. M.; et al. Variáveis morfofisiológicas na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista árvore**, v. 26, n. 6, p. 655-664, 2002.
- HALL, D.O.; RAO, K.K. **Fotossíntese**. São Paulo: EPU, 1980. p. 1-7.
- HASSE, G. **Eucalipto: História de um imigrante vegetal**. Poto Alegre: JÁ Editores, 2006. p. 13-20.
- HETHERINGTON, A. M.; WOODWARD, F. I. The role of stomata in sensing and driving environmental change. **Nature**, v. 424, n. 6951, p. 901-908, 2003.
- JOLY, A. B. **Botânica: introdução à taxonomia vegetal**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2002. p. 505-509.

KOSLOWSKI, T. T., PALLARDY, S. G. **Physiology of woody plants**. 2 ed. San Diego: Academic Press. p. 46-117, 1996.

KOZLOWSKI, T. T.; KRAMER, P.J.; PALLARDY, S.G. **The physiological ecology of woody plants**. London: Academic Press, 1990. p. 32 – 66.

LANDSBERG, J.J. **Physiological ecology of forest production**. London: Academic Press, p. 198. 1986

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. 3 ed. São Carlos: Rima, 2006.

LIBERATO, M. A. R.; et al. Leaf water potential, gas exchange and chlorophyll a fluorescence in acariquara seedlings (*Minquartia guianensis* Aubl.) under water stress and recovery. **Braz. J. Plant Physiol.**, V.18, n. 2, p.315-323, 2006.

LIMA, W. P. **Impacto Ambiental do Eucalipto**. 2 ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1996. p. 51-67.

MARENCO, R. A. e LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa: UFV, 2007. p. 47-247.

MARRICHI, A. H. C. **Caracterização da capacidade fotossintética e da condutância estomática em sete clones comerciais de *Eucalyptus* e seus padrões de resposta ao déficit de pressão de vapor**. 2009. 104 f. Dissertação. (Mestrado em Recursos Florestais) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Florestais, Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2009.

MARTINS, F. B. **Desenvolvimento e estresse hídrico em mudas de *Eucalyptus grandis* (Hill ex Maiden) e *Eucalyptus saligna* (Smith)**. 2007. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

MIELKE, M.S. **Regulação fisiológica e ambiental das trocas gasosas num plantio clonal de híbridos de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden**. 1997. 92 f. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

MOHR, H.; SCHOPFER, P. **Plant physiology**. Berlin: Springer, 1994. 149-185.

MULKEY, S.S.; CHAZDON, R.L.; SMITH, A.P. **Tropical forest plant ecophysiology**. New York: Chapman & Hall, 1996. p. 188 – 196.

PAIVA, H.N. de; VITAL, B.R. **Escolha da espécie florestal**. Viçosa: Editora UFV. 2008. p. 10-20.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: ed. Agropecuária, 2002. p. 247-267.

PEREIRA, A. R.; VILLA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. p. 19-72.

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.

POWLES, J. E. et al. Dynamics of stomatal water relations following leaf excision. **Plant, Cell and Environment**, v. 29, n.5, 2006.

QUEIROZ, L. R. S.; BARRICHELO, L. E. G. O eucalipto: um século no Brasil. 1ª Ed. São Paulo: Antônio Bellini Editora & Cultura, 2007.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. p. 720-732.

RIBEIRO, A. Monitorando o tempo e o clima a favor da silvicultura. **Revista opiniões**. Ribeirão Preto. Dez/2008 - Fev/2009, p. 14-16, 2009. Disponível em: <<http://www.revistaopinioes.com.br/cp/materia.php?id=520>>. Acesso em: 30 mar. 2009.

SANTANA, R. C. et al. Estimativa de biomassa de plantios de eucalipto no Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.32, n.4, p.697-706, 2008.

SILVA, A. M. **Banco de dados de curvas de retenção de água de solos brasileiros**. 2005. Dissertação. (Mestrado em Geotecnia) – Pós-graduação em Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos (EESC), Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

SILVA, H. D.; FERREIRA, C. A.; CORRÊA, R. S.; BELLOTE, A. F. J.; TUSSOLINE, E. L. Alocação de biomassa e ajuste de equações para estimativa de biomassa em compartimentos aéreos de *Eucalyptus benthamii*. **Boletim de pesquisa florestal**. Colombo, n. 49, p. 83-95, 2004.

SOARES, J. V.; ALMEIDA, A. C. Modeling the water balance and soil water fluxes in a fast growing *Eucalyptus* plantation in Brazil. **Journal of Hydrology**. Amsterdam, v. 253, p. 130-147, 2001.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Meteorologia e climatologia florestal**. Curitiba: Editor, 2004.

SOARES, C. P. B.; LEITE, H. G. Predição da produção de madeira de eucalipto em regiões com alta variabilidade pluviométrica. **Scientia Forestalis**, n. 58, p. 41-48, 2000.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. **Área plantada com pinus e eucaliptos no Brasil (ha) – 2000**. Disponível em: <http://www.sbs.org.br/area_plantada.htm>. Acesso em: 10 março 2009.

SOUZA, M. J. H. de et al. Relação entre disponibilidade hídrica e produtividade do eucalipto em diferentes idades, em Guanhães, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.3, p.629–638, 2006.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2005. p. 260-266.

STRECK, N. A. Stomatal response to water vapor pressure deficit: an unsolved issue - a review. **Revista Brasileira de Agrociência**, Brasília, v. 9, n. 4, p. 317-322, 2003.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Piracicaba: Ed. Artmed, 3° ed., 2004.

TATAGIBA, S. D. **Crescimento inicial, trocas gasosas e status hídrico de clones de eucalipto sob diferentes regimes de irrigação**. 2007. 128 f. Dissertação. (Mestrado em Produção Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2007.

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

CAPÍTULO I

CRESCIMENTO INICIAL DE CLONES DE EUCALIPTO EM ÁREAS COM DIFERENTES CONDIÇÕES CLIMÁTICAS

RESUMO

Lopes, Tatiana da Silva, M.Sc., Universidade Federal do Espírito Santo, Agosto de 2009. **Crescimento inicial de clones de eucalipto em áreas com diferentes condições climáticas.** Orientador: José Eduardo Macedo Pezzopane. Co-orientador: Rodolfo Araujo Loos.

O presente estudo avaliou a influência das condições climáticas, sobre o crescimento inicial de dez clones de eucaliptos, na tentativa de subsidiar a seleção de materiais genéticos resistentes as condições climáticas de duas áreas, localizadas no município de Aracruz – ES e em Montezuma – MG, e em duas épocas do ano. Foram utilizados dez clones de *Eucalyptus grandis* e híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, produzidos pela Aracruz Celulose S/A, na unidade Barra do Riacho, Aracruz, Espírito Santo. Em outubro de 2008 foi realizada a primeira campanha, denominada período 1, e entre abril e maio de 2009 foi realizada a segunda campanha (período 2). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso contendo três repetições, estabeleceu-se um esquema fatorial de 10 (clones) x 2 (áreas) no período seco e no período chuvoso. Foi realizada a análise de variância (ANOVA) seguida do teste de média Tukey a 5% de probabilidade. As variáveis de medição realizadas nas duas áreas foram às seguintes: altura total da planta, diâmetro na altura do peito (DAP), área foliar e matéria seca de galhos, caule, folhas e raízes. Foram avaliadas algumas variáveis climáticas durante todo o período experimental, a fim de determinar a condição no ambiente em estudo. Na área experimental de Aracruz os clones apresentaram os maiores valores de biomassa seca da parte aérea, principalmente no compartimento caule. Os clones em Aracruz, em geral, alocaram mais carbono do que os clones

plantados na área de Montezuma. Mesmo tendo os clones em Aracruz, no início do experimento, apresentado maior quantidade de folhas, os clones em Montezuma durante o período 2, recuperaram-se em matéria seca de folhas, superando os clones do experimento em Aracruz. Através dos dados de incremento foi possível visualizar esta diferença, além de poder verificar que o clone que obteve o maior incremento em folha foi o 4. Este material apresentou boa recuperação, podendo ser recomendado para ambas às áreas de estudo. As folhas no início do experimento (período 1) foram as que mais colaboraram para o acúmulo de biomassa em quase todos os clones avaliados, já no período 2, o caule contribuiu mais para o acúmulo de biomassa. Os clones que se destacaram em Aracruz foram o 3 e 4, apresentando os maiores valores no compartimento caule, na altura e no DAP, em ambas as campanhas. Em Montezuma um clone que se destaca é o 7, com maiores valores em altura e biomassa seca da parte aérea. Em ambos os sítios os clones 9 e 10 não obtiveram bom desempenho, revelando menores valores para os compartimentos da parte aérea, entretanto, com maior investimento em raiz, o que pode ser comprovado pela presença de raízes mais profundas.

Palavras-chave: Biomassa. Variáveis climáticas. Déficit hídrico. Incremento.

ABSTRACT

Lopes, Tatiana da Silva, M.Sc., Universidade Federal do Espírito Santo, August, 2009. **Initial growth of eucalyptus clones in areas with different climatic conditions.** Adviser: José Eduardo Macedo Pezzopane. Co-adviser: Rodolfo Araújo Loos.

The present study evaluated the influence of climatic conditions on the initial growth of ten clones of eucalyptus, in the attempt of subsidizing the selection of resistant genetic materials to the climatic conditions of two areas, located in the Aracruz city - ES and in Montezuma - MG, and in two periods of the year. Ten clones of *Eucalyptus grandis* were used and hybrid of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, produced by Aracruz Celulose S/A, in the unit Barra do Riacho, Aracruz, Espírito Santo. In October of 2008 (period 1) the first campaign was accomplished, and between April and May of 2009 the second campaign was accomplished (period 2). The used experimental delineation was entirely at random containing three repetitions, and it was settled down a factorial outline of 10 (clones) x 2 (areas) in the dry period and in the rainy period. The variance analysis was accomplished (ANOVA) followed by the average test Tukey to 5% of probability. The measurement variables accomplished in the two areas were the following ones: total height of the plant, diameter at the chest height (DAP), foliate area and dry matter of leaves, branches, stem and roots. There were evaluated some climatic variables during the whole experimental period, in order to determine the condition in the study's environment. In the experimental area of Aracruz the clones presented the largest dry biomass values of the aerial part, mainly in the stem's compartment. The clones in Aracruz, in general, allocated more carbon than the clones planted in the area of Montezuma. Despite the fact the clones in Aracruz, in the beginning of the experiment, presented larger amount of leaves, the clones in Montezuma during the period 2, recovered in dry matter of leaves, overcoming the clones of the experiment in Aracruz. Through the increment data it was possible to visualize this difference, besides could verify that the clone that obtained the largest increment in leaf was the 4. This material presented good recovery, could be recommended for both to study areas. The leaves in the beginning of the experiment (period 1) were what more collaborated for the biomass accumulation in almost all of the appraised clones, already in the period 2,

the stem contributed more to the biomass accumulation. The clones that stood out in Aracruz were 3 and 4, presenting the largest values in the compartment stem, in the height and in DAP, in both campaigns. In Montezuma a clone that distinguishes is the 7, with larger values in height and dry biomass of the aerial part. In both fields the clones 9 and 10 didn't obtain good performance, revealing smaller values for the compartments of the aerial part, however, with larger investment in root, what can be proven for the presence of deeper roots.

Word-key: Biomass. Climatic variables. Hydric deficiency. Increment.

1. INTRODUÇÃO

Para as condições de estresse ambiental, tanto a quantificação da biomassa da parte aérea, quanto a do sistema radicular são indispensáveis na compreensão do processo de crescimento e alocação de nutrientes e de carbono nos diferentes componentes das árvores (MELLO; GONÇALVES, 2008).

O resultado da interação entre disponibilidade de recursos do ambiente, processos fisiológicos e constituição genética, mostra o quanto o crescimento vegetal é complexo. Dentre os fatores ambientais que influenciam o crescimento da planta, destacam-se a quantidade de radiação fotossinteticamente ativa, a temperatura, a disponibilidade de nutrientes, e especialmente a umidade, tanto do solo quanto do ar (MARRICHI, 2009).

Além dos fatores ambientais que influenciam no crescimento das plantas, tanto a fotossíntese, relacionada com a captura de carbono, quanto à transpiração, relacionada com a perda de água pela planta, são processos que governam o crescimento, e que tem evidências por ocorrerem em nível de folha (LARCHER, 2006).

Determinadas plantas desenvolvem mecanismos de adaptação, sendo assim, a tolerância ao estresse hídrico pode variar com a espécie. Essas adaptações ocorrem na parte aérea da planta, como por exemplo, rápido fechamento dos estômatos, adequação da área foliar e manutenção de uma reduzida temperatura foliar, além do desenvolvimento de um amplo e profundo sistema radicular que torna mais eficiente a absorção de água do solo (CHAVES et al., 2004).

Segundo Santos e Carlesso (1998), a sensibilidade do desenvolvimento das folhas ao déficit hídrico pode mudar em relação às distintas estações do ano e até mesmo no decorrer do dia, contudo a limitação da ampliação da área foliar pode ser entendida como uma primeira reação das plantas ao déficit. Taiz e Zeiger (2004) afirmaram que a redução em área foliar de plantas mantidas sob estresse hídrico severo é uma resposta precoce e adaptativa ao déficit hídrico, devido à abscisão foliar, ou seja, o déficit hídrico estimula a abscisão foliar.

Segundo Stape; Binkley e Ryan (2004) é complexo a escolha de indivíduos resistentes, já que a cultura do *Eucalyptus* se encontra difundida por quase todo o território nacional, sendo que uma ampla parte da área de cultivo proporciona limitações ao desenvolvimento das plantas devido a diversos níveis de estresse hídrico. Torna-se assim necessário identificar genótipos mais promissores para cada situação.

Deste modo, na tentativa de subsidiar a seleção de materiais genéticos resistentes as condições climáticas de cada área de estudo, este trabalho avaliou a influência das condições climáticas, sobre o crescimento e desenvolvimento de dez clones de eucaliptos, em áreas localizadas nos municípios de Aracruz – ES e Montezuma – MG, em duas épocas do ano.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material vegetal e características das áreas de estudo

O experimento foi conduzido em duas áreas de plantio comercial da Aracruz Celulose S/A. Uma localiza-se no município de Aracruz, ao norte do Estado do Espírito Santo, na latitude 19°49'37"S e longitude 40°05'38"W, com altitude de 20 metros. A outra área experimental está localizada no município de Montezuma, norte do Estado de Minas Gerais, na latitude 15°08'790"S e longitude 42°23'031"W, com altitude de 938 m.

Essas áreas foram selecionadas por apresentarem significativas diferenças climáticas, principalmente em relação à precipitação, sendo a média histórica anual de Montezuma igual a 700 mm/ano, e a de Aracruz correspondente a 1300 mm/ano.

Foram avaliados dez clones comerciais de *Eucalyptus grandis* e híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, produzidos pela empresa Aracruz Celulose S/A, na unidade Barra do Riacho, pertencente ao município de Aracruz, Espírito Santo. Esses clones foram denominados 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10.

De acordo com a análise granulométrica a classificação textural do solo, da área em Aracruz corresponde a solo franco-argiloso, e o solo da área em Montezuma é classificado como argiloso, tendo sido analisado amostra composta na profundidade de 0 a 100 cm, nas duas áreas experimentais o terreno é considerado plano. As análises físicas do solo foram realizadas com amostra composta nas profundidades de 0 a 20, 20 a 40, 40 a 60, 60 a 80 e 80 a 100 cm (Tabela 1), no Laboratório da Física de Solo do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES).

Na área localizada no município de Aracruz, foi realizada a subsolagem com fosfato natural, e procedida a aplicação de cinco toneladas de cinza como corretivo em toda a área (1,14 hectares). Em cada cova antes da alocação das mudas, foi aplicado o

hidrogel - Stockosorb 660 micro, após 15 dias de plantio foram distribuídas 100 gramas de NPK, na proporção de 6 - 30 - 6, em cada cova.

Tabela 1 - Análise granulométrica das proporções existentes de cada fração no substrato, em g/kg, na profundidade de 0 a 20, 20 a 40, 40 a 60, 60 a 80 e 80 a 100 cm, na área experimental de Aracruz.

Profundidade	Areia grossa (0,201mm)	Areia fina (0,053mm)	Areia Total	Argila (<0,002mm)	Silte
	(g/kg)	(g/kg)	(g/kg)	(g/kg)	(g/kg)
0 - 20	550,6	178,5	729,1	254,6	16,2
20 - 40	371,9	221,8	593,6	381,7	24,6
40 - 60	416,6	234,4	651,0	325,0	24,1
60 - 80	420,4	178,4	598,8	389,2	12,0
80 - 100	346,7	174,0	520,8	471,1	8,1

Tabela 2 - Análise granulométrica das proporções existentes de cada fração no substrato, em g/kg, na profundidade de 0 a 20, 20 a 40, 40 a 60, 60 a 80 e 80 a 100 cm, na área experimental de Montezuma.

Profundidade	Areia grossa (0,201mm)	Areia fina (0,053mm)	Areia Total	Argila (<0,002mm)	Silte
	(g/kg)	(g/kg)	(g/kg)	(g/kg)	(g/kg)
0 - 20	291,4	284,9	576,3	399,7	24,0
20 - 40	320,8	237,2	557,9	409,6	32,4
40 - 60	277,9	272,4	550,3	373,4	76,3
60 - 80	262,9	280,0	542,9	444,9	12,2
80 - 100	253,7	283,5	537,2	479,2	16,4

Em Montezuma, antes do plantio ocorreu aplicação de duas toneladas por hectare de calcário dolomítico, e a incorporação do calcário foi realizada através de gradagem pesada. A marcação e o coveamento foram manuais, aplicando-se por cova 300 g de fosfato; 220 g de N P K +B +Zn +Cu; 44,6% de sulfato de amônia; 44,6% de cloreto de potássio e 10,8% de borogran. No momento do plantio, com auxílio de plantadeira manual, aplicou-se 500 ml de solução de Hydroplan (gel Hydroplan na proporção de 1 kg em 400 litros de água). Cinco dias após o plantio, fez-se a primeira irrigação (2,5 litros de água/cova), mais três irrigações ocorreram de quinze em quinze dias após a primeira.

As mudas foram produzidas por estaquia de minicepas, de acordo com o sistema de manejo utilizado pela empresa Aracruz Celulose S.A., sendo posteriormente preparadas e levadas para cada área experimental.

2.2. Instalação das parcelas e delineamento experimental

Nas duas áreas experimentais o espaçamento utilizado foi o de 3 x 3 m entre as árvores. Foram alocadas parcelas fixas de 10 indivíduos, e cada clone apresentava três repetições (três parcelas), sendo assim, cada área possuía um total de 30 parcelas e 300 indivíduos.

Em outubro de 2008 (final do período seco) foram realizadas as primeiras medições de crescimento, denominadas de período 1, no qual o experimento em Aracruz apresentava aproximadamente 9 meses (Figura 1), e em Montezuma 11 meses (Figura 2). A segunda campanha, denominada de período 2, ocorreu no final do período chuvoso, no mês de maio em Aracruz e no mês de Abril em Montezuma, quando os clones estavam com 16 e 17 meses de idade, respectivamente.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso contendo três repetições, após ter sido feito o teste de testemunhas intercalares e comprovado o controle local. Estabelecendo um esquema fatorial de 10 (clones) x 2 (áreas) no período 1 e no período 2. Foi realizada a análise de variância (ANOVA) seguida do teste de média Tukey a 5% de probabilidade. Para a ANOVA e teste Tukey foi utilizado o *software* Statistica 8 (StatSoft, Copyright, 2008), e para as testemunhas intercalares foi utilizado o *software* Genes (CRUZ, C. D., 2006).

2.3. Medidas de crescimento dos clones

As variáveis de medição realizadas nas duas áreas foram às seguintes: altura total da planta, diâmetro na altura do peito (DAP), área foliar e matéria seca de galhos, caule, folhas e raízes. As medidas de altura e diâmetro foram tomadas com auxílio de fita métrica e régua milimetrada na primeira campanha, já na segunda campanha a altura foi obtida com o auxílio do hipsômetro Forestor Vertex III, do fabricante Haglöf.



Figura 1 - Aspecto geral do experimento em Aracruz – ES, no período de outubro de 2008 (A) e no período de maio de 2009 (B).



Figura 2 - Aspecto geral do experimento em Montezuma – MG, no período de outubro de 2008 (A) e em abril de 2009 (B).

A partir das medidas de altura e DAP, foram escolhidas três plantas, representativas da média geral e dos desvios, de cada clone para a realização das análises de biomassa, sendo abatidas no total 30 árvores em cada área. Após a retirada de cada

planta foi mensurada a CAP (circunferência a altura do peito) e a altura total. Para essas medições utilizou-se fita métrica e trena (Figura 3). No campo ainda obteve-se a matéria úmida de galhos vivos, caule e folhas, depois da medição da matéria úmida total retirou-se uma sub-amostra de cada componente que também foi pesada.

A amostragem de raiz foi realizada com a planta média representativa de cada clone, totalizando dez árvores por área. Com auxílio de uma enxada as raízes foram retiradas a cada 20 cm até a profundidade onde eram encontradas. As raízes de cada camada foram divididas em raízes finas (0 a 2 mm), médias (2 a 5 mm) e grossas (> 5 mm), sendo pesadas no campo, e posteriormente em laboratório a partir da retirada de uma amostra.

As amostras foram encaminhadas para a Aracruz celulose S/A, na unidade Barra do Riacho, onde foram lavadas em água corrente e colocadas em uma estufa de circulação forçada a 60°C, obtendo após 72 horas pela pesagem a massa seca das amostras.



Figura 3 – Caracterização das medições de biomassa – altura total da árvore.

Para determinação da área foliar, foram extraídas 150 folhas por árvore, de diferentes partes da copa e mediu-se a massa desta amostra ainda no campo. Esta amostra foi mantida em área refrigerada e levada posteriormente para Aracruz Celulose S/A, na unidade Barra do Riacho, onde com o auxílio do medidor de área

foliar modelo LI - 3050C (Li-Cor Biosciences, Inc., Lincoln, NE) obteve-se os valores individuais de área foliar em cm^2 , das 150 folhas.

2.4. Variáveis climáticas e do teor de água no solo

Para a obtenção de dados meteorológicos foram instaladas duas estações meteorológicas automáticas, localizadas próximas a cada área experimental. Nas estações estavam acoplados sensores de temperatura e umidade relativa do ar modelo HMP45C (Campbell Scientific), e piranômetro, modelo SP-Lite (Kipp & Zonen), para medir a radiação solar global. A precipitação pluviométrica foi obtida por meio do sensor modelo CS700 (Hydrological) e a direção e velocidade do vento medida por meio do sensor modelo 03001 (R. M. Young). Ambas as estações estavam localizadas em campo aberto sob condição padrão, evitando interferência dos plantios de eucalipto na coleta dos dados de velocidade do vento, direção do vento e radiação solar global.

O déficit de pressão de vapor do ar (DPV) foi calculado a partir da pressão de saturação de vapor d' água (e_s) e pressão parcial de vapor (e_a), segundo Landsberg (1986). O déficit de pressão de vapor do ar (DPV) foi obtido pela diferença entre e_s e e_a .

O balanço hídrico climatológico (BHC) utilizado foi calculado por meio do método de Thornthwaite; Mather (1955, apud PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002, p. 253), na escala de tempo decenal, e é denominado BHC sequencial por determinar apenas o período da avaliação. Para sua elaboração, definiu-se o armazenamento máximo no solo, ou seja, a CAD – Capacidade de Água Disponível, através da equação:

$$\text{CAD} = 0,01 * (\text{CC}\% - \text{PMP}\%) * \text{D} * \text{Z}$$

Em que:

CC% é a capacidade de campo em porcentagem, na profundidade de 0 a 80 cm.

PMP% é o ponto de murcha permanente em porcentagem, na profundidade de 0 a 80 cm.

D é a densidade do solo, na profundidade de 0 a 80 cm.

Z é a profundidade do sistema radicular em mm. Como profundidade efetiva entende-se aquela em que se concentra cerca de 80% das raízes, desta forma adotou-se o valor de 800 mm para ambas as áreas experimentais.

A evapotranspiração potencial foi estimada pelo método de Penman-Monteith para cada área, além de obtidos os valores de precipitação. Com essas três informações básicas, CAD, evapotranspiração e precipitação, o BHC permite deduzir a evapotranspiração real, a deficiência ou o excedente hídrico, e o total de água retida no solo em cada período.

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

3.1 Caracterizações edafoclimáticas

A Figura 4 apresenta os valores mensais da precipitação pluviométrica, temperatura média do ar, umidade relativa média, radiação global e déficit de pressão de vapor (DPV) calculado. Os dados climáticos foram coletados na estação meteorológica automática localizada próxima a cada área experimental, de 01 de janeiro de 2008 a 15 de maio de 2009, em Aracruz, e de 20 de janeiro a 15 de maio, em Montezuma. Durante o período experimental, a precipitação total foi de 1.177 mm em Aracruz e de 815 mm em Montezuma. O período de maior escassez de chuvas ocorreu entre os meses de julho a setembro em Aracruz e de maio a outubro em Montezuma.

O valor médio encontrado, durante todo o período experimental, para temperatura média foi de 23,5 e 21,1°C para Aracruz e Montezuma respectivamente. O mês mais quente foi março de 2008 (25,7°C) e o mais frio foi julho (20,5°C) em Aracruz. A maior temperatura em Montezuma foi registrada em março de 2009 (23,5°C), enquanto que a menor foi verificada em julho (16,6°C). Em relação à umidade relativa, observou-se que o mês de menor umidade foi outubro (78,8%), e o mês mais úmido foi março de 2008 (85,4%), para a área de Aracruz. Na área de Montezuma encontrou-se uma umidade relativa de 57,6% e de 87,3%, para o mês menos úmido (outubro) e o mais úmido (abril de 2009).

Os maiores valores da radiação global incidente, com base em médias mensais, foi verificada no mês de fevereiro de 2008 com 27,78 MJ/m².dia⁻¹, e em outubro de 2008 com média de 25,5 MJ/m².dia⁻¹, em Aracruz e Montezuma respectivamente, e os menores valores em novembro (13,14 MJ/m².dia⁻¹) e maio de 2009 (13,9 MJ/m².dia⁻¹), em Aracruz e Montezuma respectivamente.

Em relação ao déficit de pressão de vapor (DPV), os valores mais altos encontrados foram no mês de outubro, tanto para Aracruz (7,06 mbar) quanto para Montezuma

Aracruz - ES

Montezuma - MG

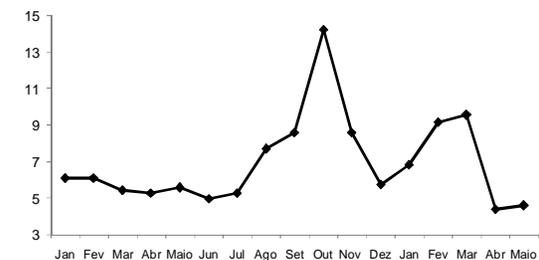
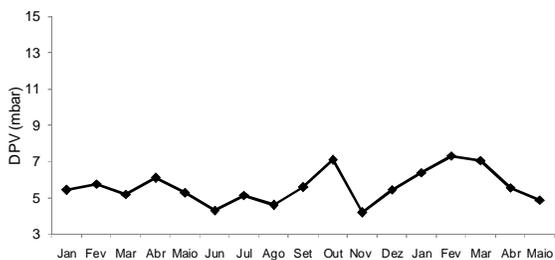
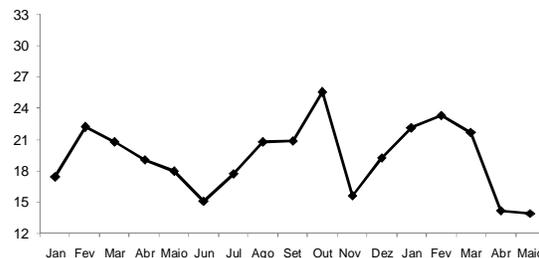
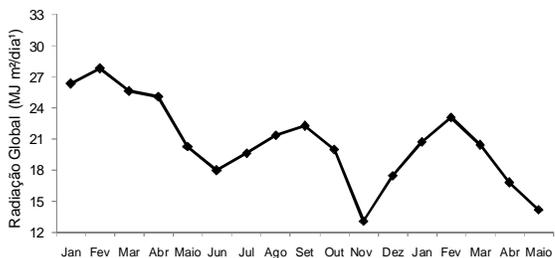
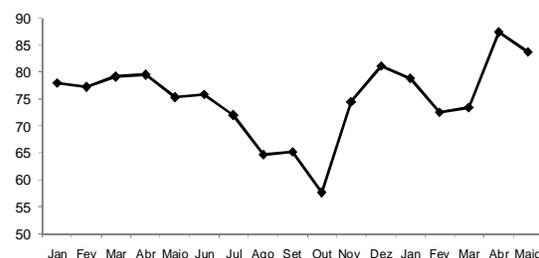
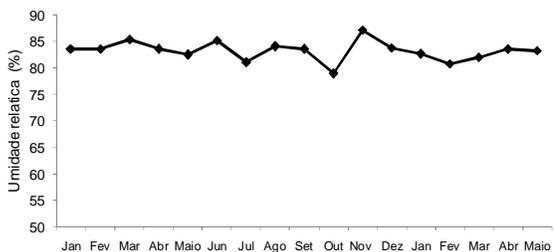
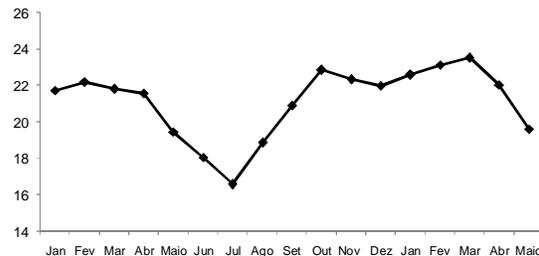
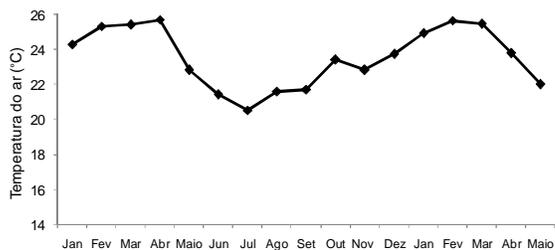
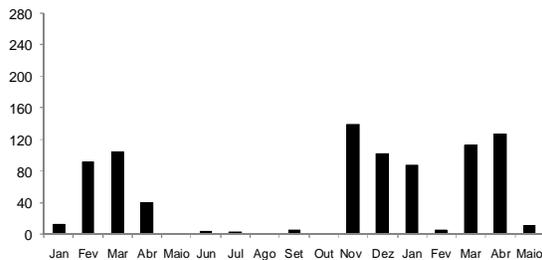
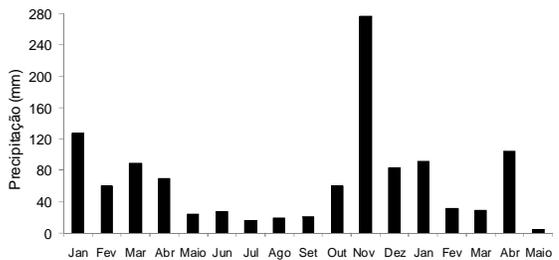


Figura 4 - Valores mensais da precipitação pluviométrica, temperatura média do ar, umidade relativamédia, radiação global e déficit de pressão de vapor (DPV), nas áreas experimentais de Aracruz-ES e Montezuma-MG, entre janeiro de 2008 a maio de 2009.

(14,2 mbar). Já o mês com o menor valor de DPV em Aracruz foi novembro com 4,16 mbar e em Montezuma foi abril de 2009 com 4,4 mbar.

A Figura 5 representa o balanço hídrico climatológico sequencial, realizado na escala de tempo decenal, para as áreas experimentais de Aracruz e Montezuma. Adotou-se a capacidade de água disponível no solo (CAD) para Aracruz de 100 mm, nota-se a típica variação da disponibilidade hídrica do solo ao longo do período experimental, com excedentes apenas em alguns meses do verão. O mês que apresentou o menor armazenamento de água do solo foi outubro e os meses de janeiro e novembro de 2008 e janeiro de 2009 apresentaram o armazenamento igual à CAD.

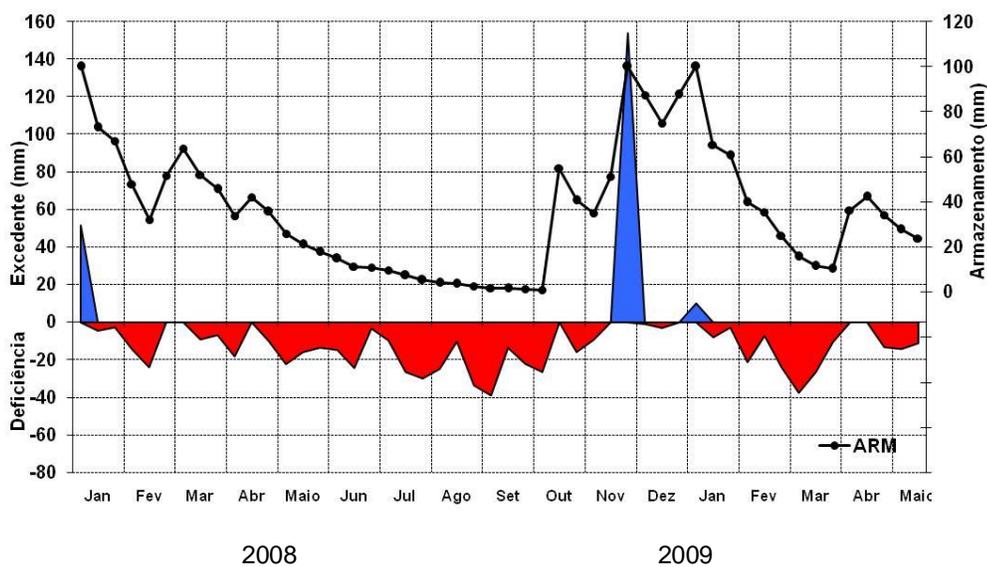
Na área experimental de Montezuma, o balanço hídrico climatológico sequencial, também foi realizado na escala de tempo decenal, sendo que a capacidade de água disponível no solo adotada foi de 115 mm. Nota-se que a deficiência nesta área experimental é mais acentuada, com excedente apenas no mês de abril de 2009. O mês que apresentou o menor armazenamento de água do solo foi outubro e o único mês que o armazenamento se igualou a CAD foi em abril de 2009. Sendo que outubro de 2008 e abril de 2009 foram os meses onde ocorreram a primeira e a segunda campanha.

Do início do experimento, janeiro de 2008, até a data da primeira campanha, outubro de 2008, em Aracruz foi registrado uma deficiência hídrica total de 394 mm, já de outubro até a data da segunda campanha (maio de 2009) este déficit caiu para 232 mm. Em Montezuma foram registrados déficits superiores, de janeiro até outubro de 2008 havia um déficit total de 569 mm e da primeira campanha até a segunda (abril 2009), o déficit foi de 421 mm (Tabela 3).

Montezuma, mesmo obtendo uma precipitação mais baixa em relação à Aracruz, apresentou valores de evapotranspiração potencial mais altos, provocando assim um déficit hídrico superior a Aracruz. Durante o período 1 (final do período seco) Montezuma não obteve excedente hídrico no solo, no período 2 (final do período

chuvoso) houve excedente, porém muito inferior ao encontrado em Aracruz, mostrando as condições desfavoráveis para o desenvolvimento das plantas.

Aracruz-ES



Montezuma-MG

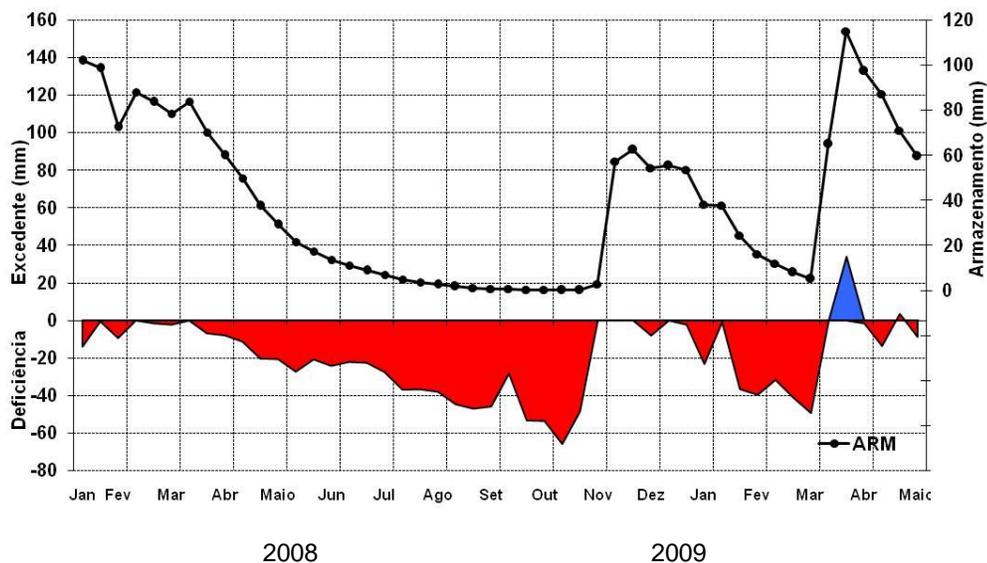


Figura 5 - Balanço hídrico climatológico realizado através do método de Thornthwaite & Mather (1955) para o período de Janeiro de 2008 a maio de 2009, na área experimental de Aracruz-ES, com capacidade de água disponível no solo (CAD) de 100 mm, e Montezuma-MG com CAD de 115 mm, respectivamente.

Tabela 3 – Valores de precipitação (P), evapotranspiração potencial (ETP), evapotranspiração real (ETR), deficiência (DEF) e excedente hídrico (EXC), nas áreas experimentais de Aracruz-ES e Montezuma-MG, no período 1 (final do período seco) e período 2 (final do período chuvoso).

	Período 1		Período 2	
	Aracruz	Montezuma	Aracruz	Montezuma
P	450	259	728	556
ETP	891	930	774	884
ETR	497	361	541	463
DEF	394	569	232	421
EXC	52	0	164	34

3.2. Avaliação das medidas de biomassa

Na Figura 6, analisando a matéria seca do caule dos 10 clones em estudo, tanto na primeira, quanto na segunda campanha, os clones nas determinadas áreas de estudo apresentaram diferença significativa, sendo em geral os clones em Aracruz superior aos de Montezuma em ambas as campanhas. No período 2 é possível verificar o grande acréscimo de caule, principalmente nos clones em Aracruz, destacando ainda mais a diferença entre as áreas. Segundo Larcher (2006), o aumento a matéria seca da planta ocorre quando o carbono que não é consumido pela respiração é aplicado para o crescimento ou reserva, sendo assim, em geral, os clones em Aracruz alocaram mais carbono.

Comparando os clones, em relação ao caule, na primeira campanha existiu diferença havendo formação de grupos pelo teste de médias, o clone 3 se destacou entre os demais, sendo considerado o de maior produção de caule, já o clone 10 obteve o menor resultado. No período chuvoso, verifica-se o acréscimo de caule para todos os clones, não existindo assim diferença estatística entre eles (Figura 7).

De acordo com Taiz e Zeiger (2004), geralmente, o estresse provocado pelo déficit hídrico, intercede à relação de sobrevivência entre plantas, que pode ser medida pela produtividade, pelo crescimento ou acúmulo de biomassa, e pelo processo primário de assimilação do CO₂, que estão relacionados com o crescimento geral das plantas.

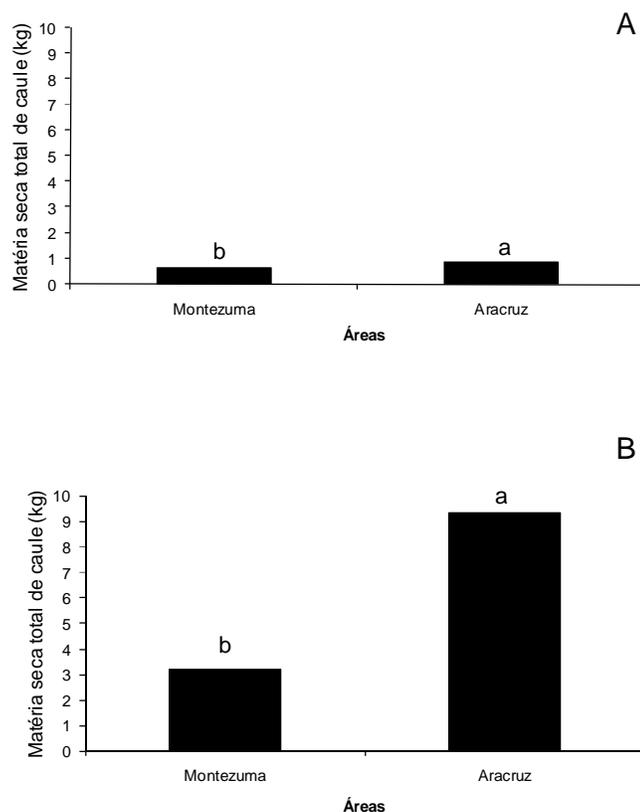


Figura 6 - Massa seca total de caule (kg), obtido através da média de dez clones de eucalipto, avaliados em duas áreas experimentais distintas, uma localizada no município de Aracruz-ES e outra no município de Montezuma-MG. As avaliações foram realizadas no período 1 (A) e no período 2 (B).

Em estudo visando estimar a produção de biomassa de eucalipto, para diferentes regiões do Brasil, a partir de dados climáticos, foi observado que nas regiões com menor disponibilidade de água a produção de biomassa foi menor. A proporção de copa em relação ao tronco diminuiu com a idade da plantação, de maneira marcante até a idade de 3,6 anos, e de modo mais lento a partir desta idade (SANTANA et al., 2008).

Os resultados descritos a seguir, referem-se ao incremento de matéria seca total de caule, ou seja, representa o desenvolvimento dos clones ao longo do período estudado, podendo assim demonstrar qual clone e qual área apresentou maior taxa de assimilação, ou maior incremento. Já que demonstrou-se dados de incremento

entre dois períodos, 1 e 2, é importante evidenciar a recuperação dos clones para as determinadas áreas de estudo.

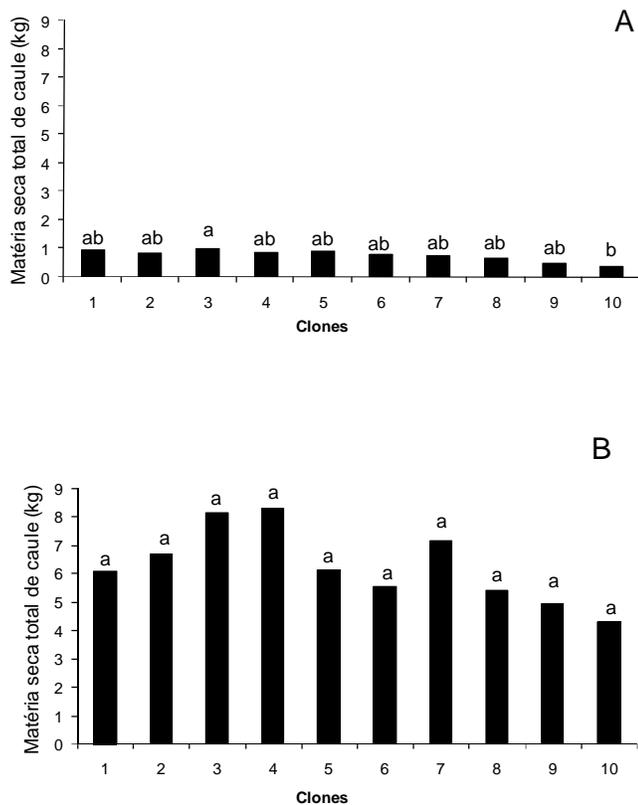


Figura 7 - Massa seca total de caule (kg), de dez clones de eucalipto, as avaliações foram realizadas no período 1 (A) e no período 2 (B).

Para o incremento em caule, é possível observar por meio da Figura 8, que houve diferença estatística entre a média dos 10 clones para cada área, mas entre os clones esta diferença não foi detectada pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Na área experimental de Aracruz, os clones apresentaram crescimento três vezes maior do que os clones em Montezuma, ou seja, em geral os clones apresentaram ampla capacidade de sobrevivência e retomada de crescimento após o período de seca. Quando as espécies de eucaliptos são cultivadas em condições adequadas de abastecimento de água e de nutrientes, há uma maior eficiência no crescimento, tornando a produtividade elevada (BARTON, 2007).

Através do balanço hídrico climatológico, foi possível verificar que o déficit hídrico ocorrido entre a primeira campanha e a segunda, foi duas vezes maior em Montezuma do que em Aracruz, tendo Aracruz uma maior disponibilidade de água no solo, durante a época avaliada, o que favoreceu a alocação de biomassa no caule. E sendo o caule o compartimento mais importante para as empresas interessadas no eucalipto, o município de Aracruz é mais propício para maior rendimento em menor tempo de produção. Wimmer, Downes e Evans (2002), avaliando uma espécie de *Eucalyptus*, observaram que a disponibilidade de água no solo é o principal fator que controla a qualidade e a quantidade de madeira.

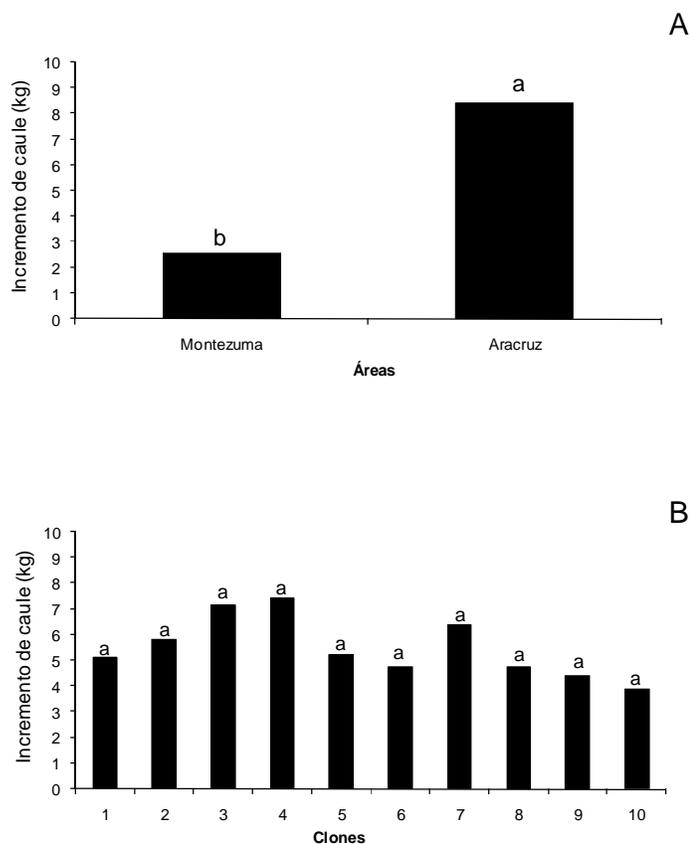


Figura 8 – Incremento de caule (kg), obtido através da média de dez clones de eucalipto, avaliados em duas áreas experimentais distintas, Aracruz-ES e Montezuma-MG (A), e dados obtidos de cada clone de eucalipto, média das duas áreas experimentais (B).

Segundo Souza et al., (2006), a produtividade de madeira de clones de eucalipto, crescendo em três regiões localizadas na Bacia do Rio Doce - MG, foi influenciada

pela precipitação total durante a estação chuvosa. Os maiores valores de incremento periódico mensal (IPM) foram observados nos anos antecidos de estação chuvosa, e os menores valores de IPM foram observados nos anos precedidos de estações secas ou muito secas.

As folhas no início do experimento (período 1) foram as que mais colaboraram para o acúmulo de biomassa em quase todos os clones avaliados. Chaves (2001) e Tatajiba (2007) também verificaram que, no início dos experimentos realizados o compartimento folha foi o que mais contribuiu para o acúmulo de matéria seca total. Analisando a média dos dez clones para cada área, verificou-se que não houve diferença significativa, no compartimento folhas.

Na Figura 9 verifica-se que os clones diferiram apenas no período 1, onde é possível observar a presença de três grupos, os clones 2 e 5 se encaixaram no grupo mais produtivo e o clone 10 pertence ao grupo que menos contribuiu no compartimento folha. Na segunda campanha, os clones não diferiram estatisticamente entre si, ou seja, após o período chuvoso os clones de baixa produtividade obtiveram recuperação a ponto de não existir diferença estatística entre eles. O crescimento e a reprodução das plantas são frequentemente influenciadas pela sazonalidade e pela quantidade de chuva. Mesmo assim muitas espécies desenvolvem mecanismos para suportar a seca nas épocas de estiagem (MULKEY et al., 1996).

Por meio da análise de variância ficou constatado que para o incremento em folha, as áreas, os clones e a interação entre as áreas e os clones são estatisticamente diferentes. Entre as áreas observa-se que os clones em Montezuma obtiveram um acréscimo em folhas, isso significa maior área fotossinteticamente ativa. Mesmo os clones em Aracruz no início do experimento tendo apresentado maior quantidade de folhas, os de Montezuma durante o período 2, recuperaram-se e superaram os clones de Aracruz em matéria seca de folhas (Figura 10). De acordo com Oliveira et al. (2008), há uma alta correlação entre quantidade de folhas e a área foliar, e estudando a área foliar de plantas intactas e de brotações de eucaliptos observou que quanto maior a área foliar maior é a taxa fotossintética.

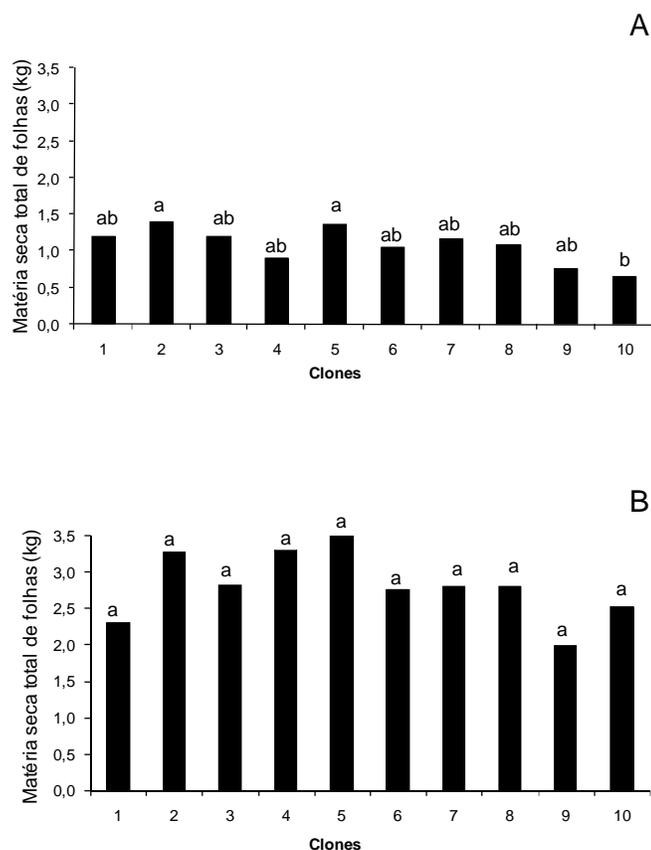


Figura 9 - Massa seca total de folhas (kg), de dez clones de eucalipto, as avaliações foram realizadas no período 1 (A) e no período 2 (B).

Na avaliação realizada entre os clones pode-se verificar que o clone que obteve o maior incremento em matéria seca de folha foi o 4, este material mostrou ter boa recuperação, podendo ser recomendado para ambas às áreas de estudo. O clone 1 obteve os menores valores, este clone inicialmente apresentou bom desenvolvimento, mas não teve boa recuperação. Destaca-se o clone 10, dentre o grupo intermediário, pois este obteve na primeira campanha os menores valores para todos os compartimentos da parte aérea, mas após o período chuvoso recuperou-se.

A interação entre as áreas e os clones também foi significativa, mostrando que o clone 5 em Montezuma foi o que apresentou maior recuperação, porém em Aracruz sua recuperação não foi acentuada, mostrando que este clone pode ser indicado para áreas de baixa precipitação, que passa por períodos de seca severos. Os

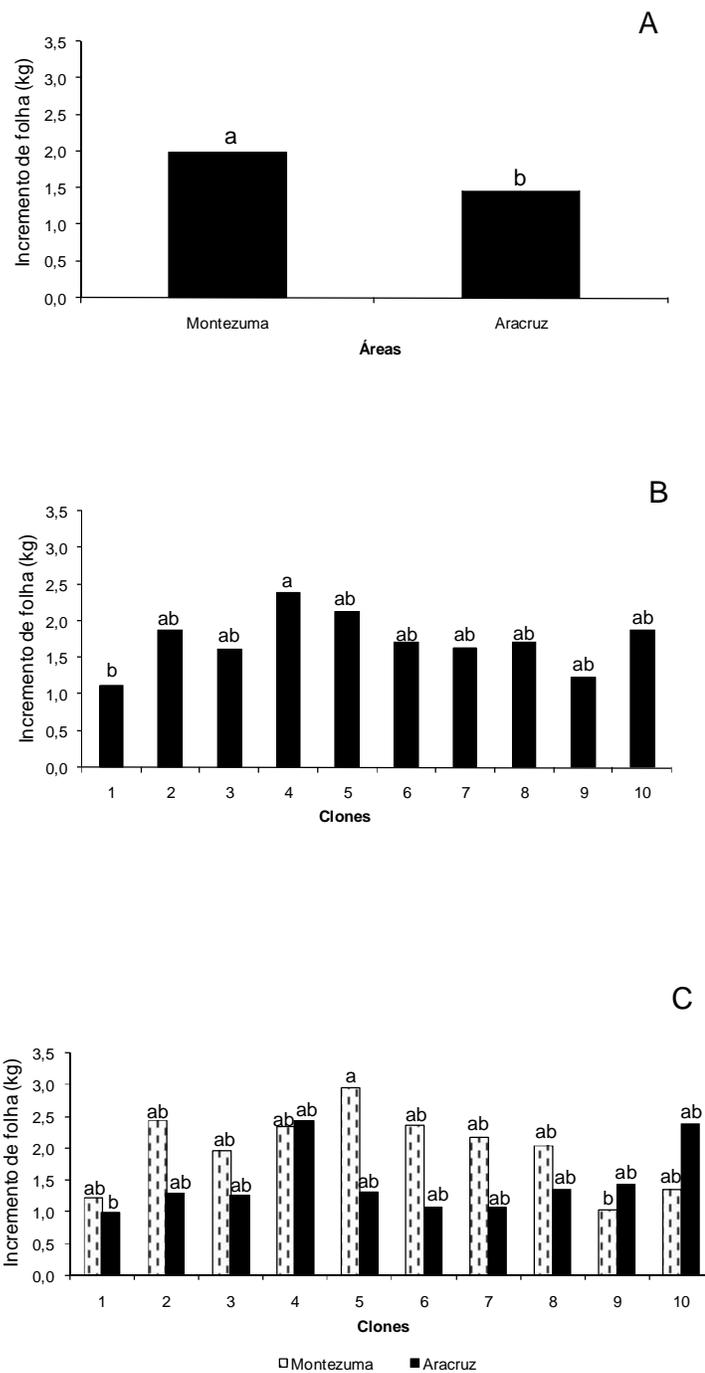


Figura 10 – Incremento de folhas (kg), análise entre as duas áreas experimentais Aracruz-ES e Montezuma-MG (A), entre os de dez clones de eucalipto estudados (B), e a interação entre as áreas e os clones (C).

genótipos que obtiveram os resultados menos satisfatórios foram o 1 em Aracruz e o 9 em Montezuma. O clone que mostrou um crescimento mais uniforme entre as duas áreas foi o 4, aparentando ser um genótipo resistente as adversidades climáticas.

Segundo Reis et al. (2006), em condições de campo, a espécie *E. camaldulensis* apresentou tolerância a desidratação, pois sob acentuado déficit hídrico esta espécie tendeu a perder área foliar, porém em condições favoráveis do ambiente conseguiu se recompor. Isso pode ter ocorrido em Montezuma, quando os clones estavam sob severo déficit hídrico, houve uma menor produção de folhas, em consequência menor área foliar, porém quando as condições do ambiente se tornaram favoráveis esta situação se inverteu.

Para o compartimento galhos, na primeira campanha, existiu diferença estatística entre as áreas, sendo que os clones em geral na área experimental de Aracruz foram superiores em relação aos de Montezuma. Na segunda campanha, a diferença entre as áreas não foi detectada pela análise estatística, portanto os clones em geral se desenvolveram bem em Montezuma (Figura 11).

O compartimento galhos se comportou de forma semelhante ao caule e as folhas, sendo que no período seco houve diferença entre os clones, estando estes divididos em três grupos, o que obteve os melhores resultados tem como representante os clones 1, 2 e 5, e o grupo representado pelo clone 10 obteve valores inferiores aos demais. Na segunda campanha entende-se que os clones pelas melhores condições do ambiente, tiveram a possibilidade de acelerar o crescimento, estando os clones numa diferença pequena a ponto do teste estatístico não detectar esta diferença (Figura 12).

Os compartimentos galhos e folhas, foram os que menos contrinuíram para o valor de biomassa seca total. O mesmo foi encontrado por Leles et al., (2001), em que para *E. camaldulensis* obteve-se os valores de 76,1% para madeira, 8,8% para galhos e 7,7 % para folhas.

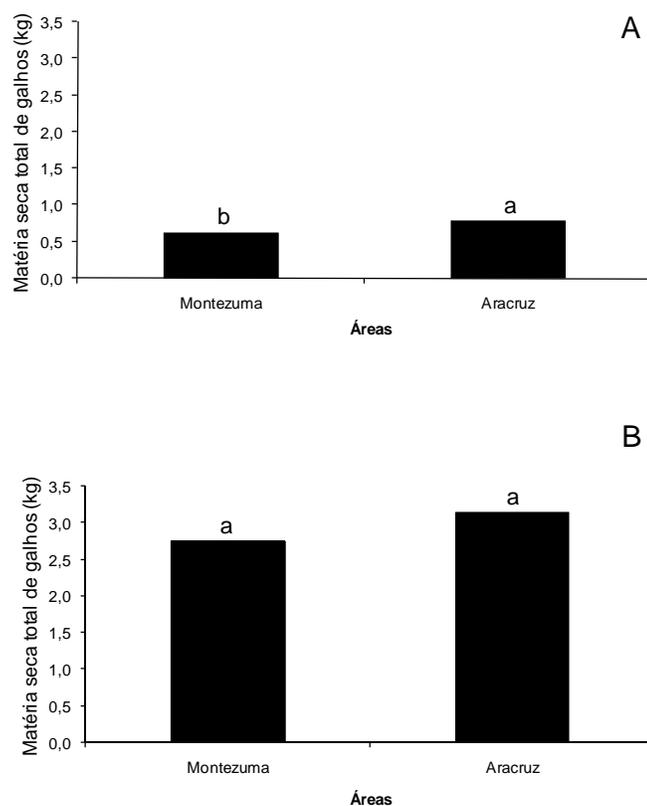


Figura 11 - Massa seca total de galhos (kg), obtido através da média de dez clones de eucalipto, avaliados em duas áreas experimentais distintas, uma localizada no município de Aracruz (ES) e outra no município de Montezuma (MG). As avaliações foram realizadas no período 1 (A) e no período 2 (B).

Nas análises realizadas para incremento em galho, verificou-se que tanto entre as áreas, quanto entre os clones, não houve diferença significativa, portanto o desenvolvimento dos clones, durante o período experimental, em relação ao compartimento galho foi semelhante.

Caracterizando o crescimento e desenvolvimento dos clones de eucalipto estudados, observou-se que, em Aracruz, todas as características de crescimento mencionadas, obtiveram valores superiores em relação à Montezuma. Na primeira campanha a quantidade total de matéria seca da parte aérea encontrada, ou seja, o somatório das 30 árvores abatidas foi de 83 Kg em Aracruz e de 68 kg em Montezuma. Na segunda avaliação esses valores aumentaram principalmente em Aracruz, apresentando 450 kg de biomassa da parte aérea e Montezuma um valor

de 263 kg. Segundo Gholz; Ewel e Teskey (1990), a disponibilidade de água controla a abertura estomática das plantas, afetando o crescimento, ou seja, a produção de biomassa seca.

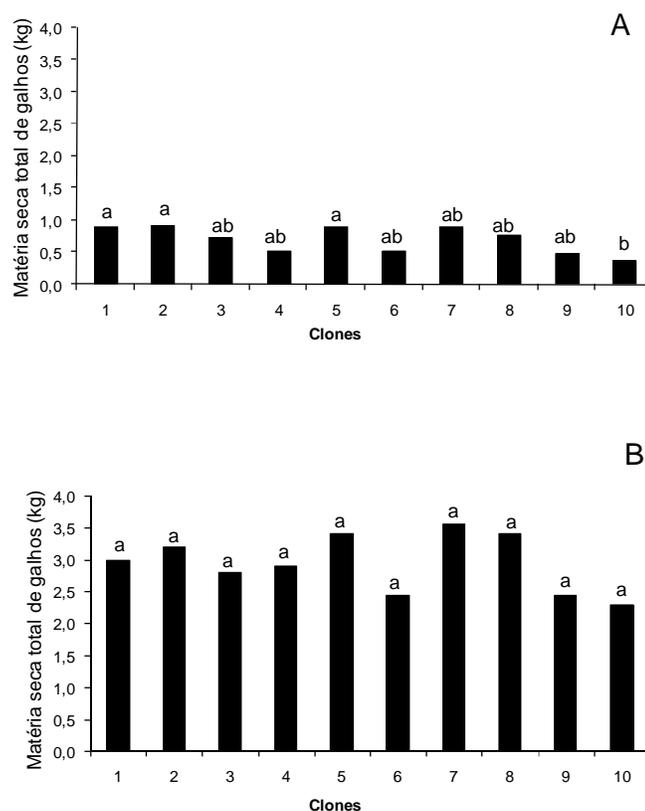


Figura 12 - Massa seca total de galhos (kg), de dez clones de eucalipto, as avaliações foram realizadas no período 1 (A) e no período 2 (B).

Comparando as duas áreas Aracruz-ES e Montezuma-MG é possível observar que os clones responderam de forma diferente, mas os clones 9 e 10 não apresentaram bons resultados, em ambos os locais, e em quase todos os parâmetros. Como exemplo, o clone 6 em Montezuma, apresentou valores relativamente altos para biomassa, já em Aracruz quando comparado com os demais clones, percebe-se baixos ganhos. É possível observar também clones que apresentaram recuperação após o período de seca (período 1), como o 4 em Aracruz e o clone 7 em Montezuma.

Em biomassa total quem se destaca é o clone 4, tendo um crescimento rápido e constante em relação aos demais materiais genéticos, em Aracruz. Este incremento tende a diminuir com a idade, como observado por Marrichi (2009), onde clones com 16 meses apresentaram altas taxas de incremento, já aos 36 meses essas taxas diminuíram.

Caracterizando a matéria seca total das folhas, em relação aos compartimentos caule, galhos e raiz, no início do experimento (período 1) foi o órgão que mais contribuiu para o acúmulo da matéria seca total em quase todos os clones, com exceção do clone 9 em Montezuma e do 10 em ambas as áreas, na qual o valor de raiz foi superior (Figuras 13).

Na primeira avaliação foi encontrado uma matéria seca total de folhas em Aracruz de 33 kg, e Montezuma apresentou um total de 30 kg, já na segunda campanha encontrou-se 77 e 90 kg de folhas para Aracruz e Montezuma respectivamente. Seis meses após a primeira avaliação (período 2) o órgão que se destaca é o caule, principalmente em Aracruz, 279 kg comparados com os 95 kg encontrados em Montezuma. Essa diferença ocorreu, pois, os clones em Aracruz sofreram menos déficit hídrico do que os clones em Montezuma.

De acordo com Silva et al (2004), em estudo desenvolvido com *Eucalyptus benthamii*, as árvores avaliadas aos 12 meses apresentaram maior biomassa seca de folhas, dentre os compartimentos, madeira, casca, galhos e folhas. Já aos 36 meses se acentuaram os valores de madeira dentre os outros compartimentos. O mesmo pode ser observado neste experimento, onde na medida em que a quantidade de madeira ou lenho cresceu a de folhas diminuiu.

Em Aracruz quem se sobressaiu foi o clone 3 em biomassa total, sendo que a soma das médias de cada compartimento foi de 4,79 kg, e em Montezuma foi o clone 1, com 4,44 kg no período 1. Os dados do período 2 demonstraram que, o clone que obteve valores mais altos para biomassa total em Aracruz foi o clone 4 apresentando 25,19 kg, e em Montezuma foi o 7, obtendo o valor de 14,33 kg. O maior incremento para Aracruz, foi em relação ao caule, e para Montezuma foram as folhas. Evidenciando que os clones se desenvolveram rapidamente em Aracruz, apesar de serem um pouco mais jovens do que os clones de Montezuma.

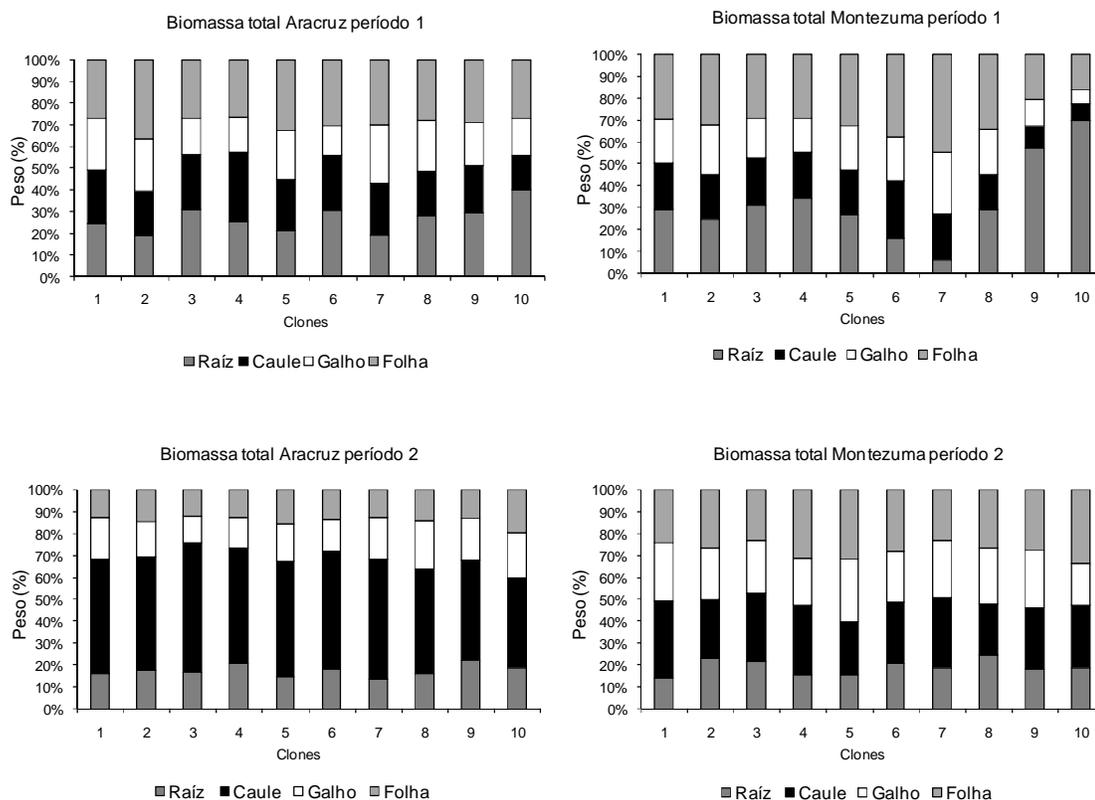


Figura 13 – Biomassa seca total (%) de raiz, caule, galhos e folhas, de dez clones de eucalipto, nos municípios de Montezuma e Aracruz, no período 1 e 2.

Na Figura 14 observa-se a matéria seca total de raízes para os dez clones, em cada área experimental e cada época, tendo 4,89 kg em Aracruz e 3,98 kg em Montezuma, no período 1. No período 2 encontrou-se 31,96 kg e 21,41 para Aracruz e Montezuma respectivamente.

No período 1 havia uma porcentagem maior de raízes finas e médias, e no período 2, principalmente em Montezuma, esse incremento diminuiu consideravelmente. As raízes finas são as mais envolvidas na absorção de água e sais minerais, e normalmente ocorrem nos primeiros 15 cm do solo. O crescimento de muitas raízes aparentemente é um processo contínuo, que pode ser interrompido apenas sob condições adversas, como seca ou baixas temperaturas (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2001).

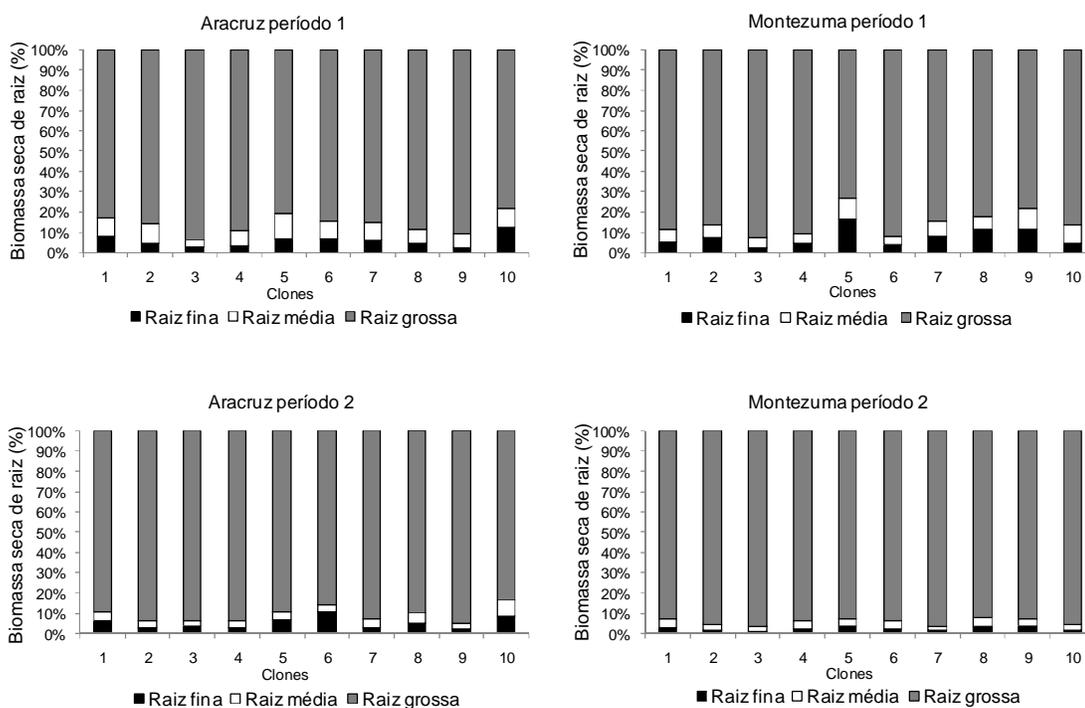


Figura 14 – Massa seca total de raiz (%) de plantas de dez clones de eucalipto, nos municípios de Montezuma e Aracruz, no período 1 e 2.

As raízes foram removidas por extrato até a profundidade onde foram encontradas. No período 1 a profundidade média entre os dez clones, para Aracruz e Montezuma respectivamente, foi de 86 e 100 cm. Já no período 2, encontrou-se os valores de 73 e 167 cm para Aracruz e Montezuma. Percebe-se que Montezuma por ser a área de menor precipitação, apresentou raízes mais profundas e menores ganho em matéria seca total. Em relação a matéria total das raízes, em ambas as áreas estudadas, 85% estavam na profundidade de 0 a 60 cm.

Reis et al. (2006) avaliando cinco genótipos híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus camaldulensis* x *Eucalyptus* spp, submetidos a dois regimes de irrigação no campo, apontou que quanto maior a profundidade das raízes em ambientes sujeitos a longos períodos de déficit hídrico, maior as chances de sobrevivência do clone.

Tanto no período seco quanto no período chuvoso, os clones em geral apresentaram raízes mais profundas em Montezuma, região de menor precipitação, indicando que um maior alongamento radicular em condições de baixa

disponibilidade hídrica é uma estratégia de tolerância ao déficit hídrico. Segundo Pereira; Angelocci e Sentelhas (2002), se o solo é profundo e a demanda atmosférica é alta, as raízes se aprofundam na procura de mais água para atender a demanda.

3.3. Avaliação das medidas biométricas

Verifica-se que tanto no período 1 quanto no período 2, os clones em geral obtiveram maiores valores de altura no município de Aracruz, a média geral encontrada em Aracruz foi de 3,39 m e em Montezuma de 2,83 m, no período 1. No período 2 essa diferença se tornou ainda maior, tendo Aracruz um valor de 10,17 e Montezuma uma altura média de 6,42 m.

Na Figura 15 é possível observar a diferença significativa entre as duas áreas experimentais, para a característica de crescimento altura, com auxílio do teste Tukey a 5% de probabilidade. Pode-se observar que em geral os clones em Aracruz apresentaram os maiores valores em ambas as campanhas.

De acordo com a Figura 16, em que avaliou-se os clones separadamente, para cada período, foi possível verificar que também existe diferença significativa entre eles. Na primeira campanha, quase todos os clones obtiveram altura semelhante, com exceção do clone 10. Este clone continua obtendo os menores valores na segunda campanha, porém os clones 3 e 7 se sobressaíram em relação aos demais, apresentando maior crescimento pela melhor condição do ambiente.

Através destes resultados é possível dizer que o clone 10 mesmo após o período de chuva não conseguiu acompanhar o crescimento em altura, em relação aos outros clones. O genótipo 7 que se encontrava entre o grupo de clones intermediários no período 1 apresentou recuperação, se encaixando no grupo de clones mais eficientes no período 2. Reis et al. (1991) não encontraram diferenças na capacidade de retomada de crescimento em mudas de *E. grandis* e *E. camaldulensis*, submetidas a déficit hídrico, evidenciando uma resposta diferenciada para cada material genético.

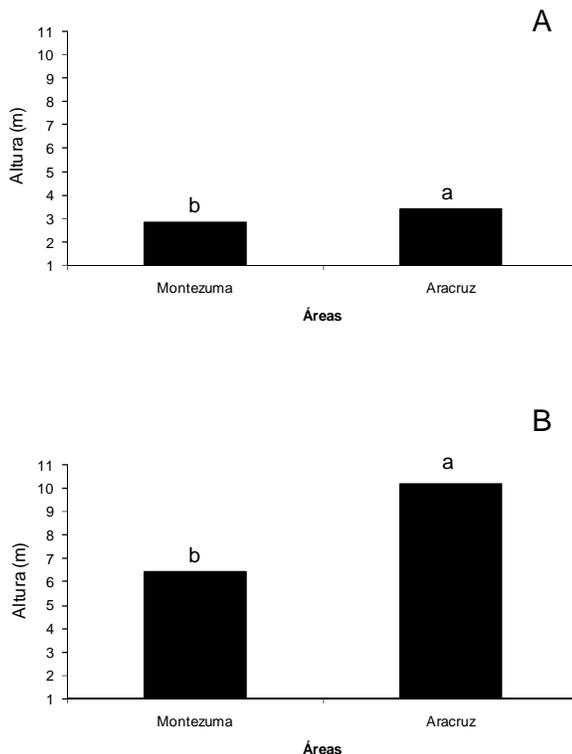


Figura 15 - Altura total (m), obtido através da média de dez clones de eucalipto, avaliados em duas áreas experimentais distintas, uma localizada no município de Aracruz (ES) e outra no município de Montezuma (MG). As avaliações foram realizadas no período 1 (A) e no período 2 (B).

Avaliando-se a interação entre os clones e as áreas experimentais, somente a interação no período 1 foi significativa. Na figura 17 é possível observar que, em Aracruz os clones cresceram de forma mais uniforme, dando destaque para os genótipos 2, 3, 4, 5 e 7. Em Montezuma os clones 9 e 10 apresentaram o pior desempenho e os clones 1 e 6 obtiveram os melhores resultados. Observando cada clone em ambas as áreas, é possível verificar que os clones 8, 9 e 10, apresentaram os menores valores para altura.

Em Aracruz pela proximidade com o mar, proporcionou uma demanda evaporativa da atmosfera relativamente baixa, além da precipitação ser maior do que em Montezuma. Essas condições ambientais favorecem espécies de rápido crescimento.

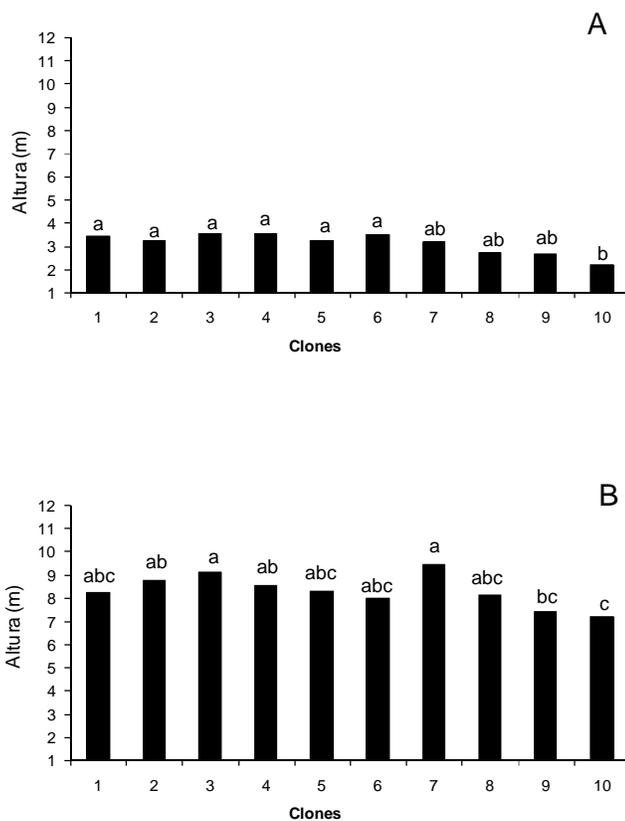


Figura 16 - Altura total (m), de dez clones de eucalipto, as avaliações foram realizadas no período 1 (A) e no período 2 (B).

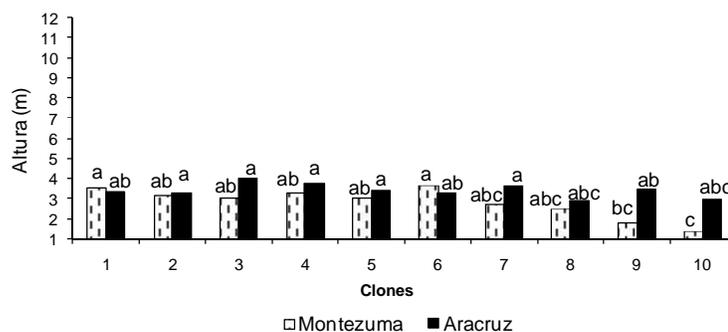


Figura 17 - Altura total (m), de dez clones de eucalipto, avaliados em duas áreas experimentais distintas, uma localizada no município de Aracruz (ES) e outra no município de Montezuma (MG). As avaliações foram realizadas no período 1.

Figueiredo (2007) avaliando mudas de dois clones de eucaliptos, em quatro localidades, verificou que aos 12 meses após o plantio, havia ainda diferenças no

crescimento de altura e diâmetro a altura do peito. Para ambos os clones, a diferença no comportamento dos tratamentos entre as áreas experimentais mostrou a influência direta das características do ambiente.

Em relação ao diâmetro a altura do peito (DAP), tanto na primeira campanha quanto na segunda, houve diferença significativa entre os clones nas áreas estudadas. Assim como para os dados de altura, em DAP Aracruz também obteve os maiores valores, em ambas as épocas (Figura 18). Representando que de modo geral os clones cresceram mais em Aracruz do que em Montezuma, provavelmente por apresentar uma maior disponibilidade hídrica para as plantas.

Na Figura 19, verificou-se que os clones obtiveram valores diferentes somente no período 1, já no período 2 todos os clones são estatisticamente iguais, indicando que durante o período de chuvas a diferença entre os clones diminui. No período 1 formaram três grupos, o grupo que obteve os melhores resultados é formado pelos clones 1 e 3, já o grupo que obteve o pior desempenho é formado pelo clone 10.

Chaves (2001); Tatagiba (2007), não encontraram diferença significativa, para diâmetro, entre os clones de eucaliptos em crescimento inicial, sob diferentes regimes de irrigação, mesmo sob déficit hídrico esta variável não diferiu. Desta forma o diâmetro não é uma variável eficiente na identificação de material genético para reflorestamento em áreas com diferenças na disponibilidade hídrica. Porém, no campo, o comportamento da árvore se distingue, devido ao seu grande porte, à competição pelos recursos naturais tais como água, luz e nutrientes, e também por estar sujeita a condições adversas que conduzam ao déficit hídrico, como elevadas temperaturas ou baixa umidade relativa do ar (LARCHER, 2006).

Para interação clones e áreas, não existiu diferença significativa, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação à área foliar, não existiu diferença estatística entre a média dos clones nas áreas de Montezuma e Aracruz, em ambos os períodos, o mesmo ocorreu com a massa seca de folhas, porém no período 1 o valor de área foliar foi inferior comparado com os valores obtidos no período 2. Em diversos trabalhos, têm sido

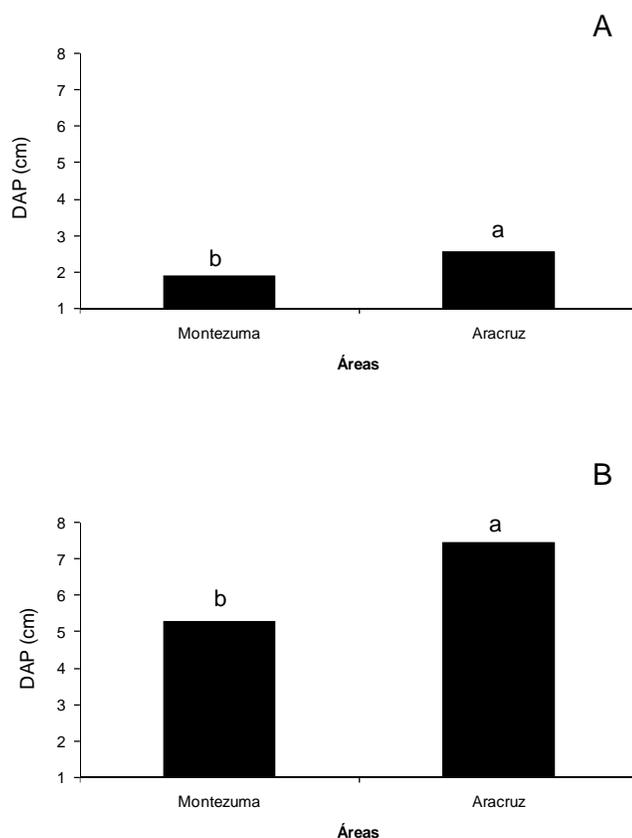


Figura 18 – Diâmetro a altura do peito (DAP) total (cm), obtido através da média de dez clones de eucalipto, avaliados em duas áreas experimentais distintas, uma localizada no município de Aracruz (ES) e outra no município de Montezuma (MG). As avaliações foram realizadas no período 1 (A) e no período 2 (B).

analisadas reduções na área foliar de mudas em diferentes espécies do gênero *Eucalyptus*, submetidas ao déficit hídrico, sob diferentes condições ambientais (CHAVES, 2001).

Analisando os clones, foi observado através do teste de médias Tukey a 5% de probabilidade, que houve diferença tanto na primeira campanha quanto na segunda (Figura 20). Na primeira campanha, os clones 1, 2, 3 e 5 não diferiram estatisticamente entre si para a área foliar, pertencendo todos ao grupo de melhor desempenho. O outro grupo formado pelo clone 10 apresentou o menor valor em área foliar, assim como para altura e DAP. Segundo Tatagiba, Pezzopane e Reis (2007), as folhas que crescem durante o período de déficit hídrico não são apenas

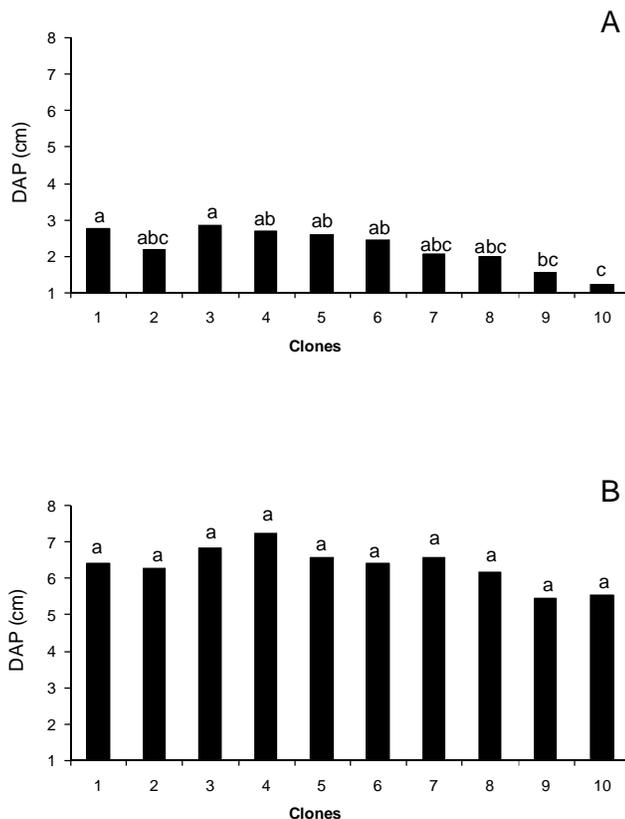


Figura 19 – Diâmetro a altura do peito (DAP) total (cm), de dez clones de eucalipto, as avaliações foram realizadas no período 1 (A) e no período 2 (B).

menores, obtendo menor área foliar, mas podem apresentar condutância estomática baixa, mesmo quando a disponibilidade de água for restabelecida.

Na segunda campanha os clones também foram divididos em três grupos, o que apresentou os maiores valores de área foliar, foi representado pelo clone 5, e o grupo formado pelo clone 9, obteve os valores mais inferiores. Por meio desta figura, foi possível observar que o clone 5 apresentou bom desempenho em ambos os períodos tendo um crescimento contínuo, o clone 10 após o período de chuvas obteve ligeira recuperação se encaixando no grupo intermediário na segunda campanha, e que o genótipo 9 não alcançou boa recuperação.

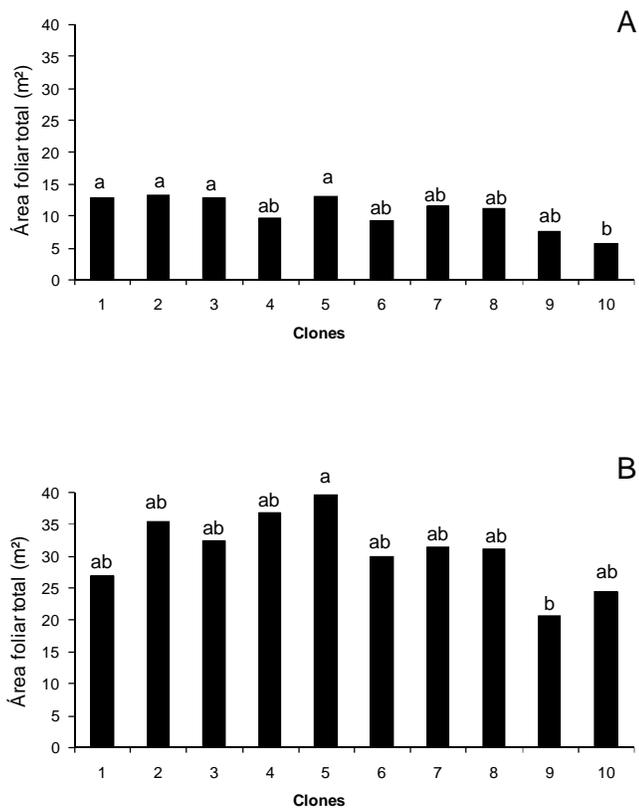


Figura 20 – Área foliar total (m²), de dez clones de eucalypto, as avaliações foram realizadas no período 1 (A) e no período 2 (B).

Kozlowski et al. (1991) afirmam que a sazonalidade interfere muito em algumas espécies, e essas mudanças afetam a área foliar e conseqüentemente a capacidade fotossintética, e que mesmo em espécies perenes essa diferença ocorre.

Na interação clones e áreas, não houve diferenças significativas, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

4. CONCLUSÕES

Existiu diferença significativa entre a média dos clones nas áreas experimentais de Aracruz e Montezuma. As variáveis que representaram esta diferença foram o caule tanto no período 1 quanto no período 2, galho no período 1, altura e DAP em ambos os períodos, além do incremento em caule e folhas.

A área experimental de Aracruz, por apresentar maior disponibilidade hídrica durante o período de avaliação, obteve os maiores valores de biomassa seca da parte aérea, principalmente no compartimento caule, onde os clones na área experimental de Aracruz apresentaram crescimento três vezes maior do que os em Montezuma analisando a primeira campanha em relação à segunda.

O aumento da matéria seca da planta pode ter ocorrido quando o carbono que não foi consumido pela respiração foi aplicado para o crescimento ou reserva, sendo assim, em geral os clones em Aracruz alocaram mais carbono do que os clones plantados na área de Montezuma.

As folhas no início do experimento (período 1) foram as que mais colaboraram para o acúmulo de biomassa em quase todos os clones avaliados, já no período 2, o caule contribuiu mais para o acúmulo de biomassa, em ambas as áreas. O clone 5 revelou maiores valores no compartimento folha e na área foliar, e o 1 obteve os menores valores de incremento, apresentando desenvolvimento expressivo, porém, não constituindo uma boa recuperação.

Os clones que se destacaram em Aracruz foram o 3 e o 4, apresentando os maiores valores no compartimento caule, na altura e no DAP, em ambas as campanhas. Em Montezuma o clone que se destaca é o 7, com maiores valores em altura e biomassa seca da parte aérea. Em ambos os sítios os clones 9 e 10 não obtiveram bom desempenho, revelando menores valores para os compartimentos da parte aérea, entretanto, com maior investimento em raiz, o que pode ser comprovado pela presença de raízes mais profundas.

Ao fim do experimento é possível perceber que a média dos clones nas duas áreas experimentais possuem valores estatisticamente iguais de massa seca de galho, folhas e áreas foliar. Deste modo, em geral os clones em Aracruz e Montezuma possuem uma mesma área fotossintética ativa, porém as plantas cultivadas em Aracruz apresentaram maior matéria seca de caule, em função da maior disponibilidade hídrica.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARTON, M. K. Making Holes in Leaves: Promoting Cell State Transitions in Stomatal Development. **The Plant Cell**, v.19, n.4, p.1140–1143, 2007.

CENTURION, J.F.; ANDREOLI, I. Regime hídrico de alguns solos de Jaboticabal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.701-709, 2000.

CHAVES, J.H. **Crescimento, fotossíntese e relações hídricas de clones de eucalipto sob diferentes regimes hídricos**. Viçosa: UFV, 2001. 106 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

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**, v. 28, n. 3, p. 333-341, 2004.

CRUZ, C.D. **Programa Genes: Estatística experimental e matrizes**. Editora UFV. Viçosa (MG). 285p. 2006.

DARDENGO, M. C. J. D. **Influência da disponibilidade hídrica no crescimento inicial do cafeeiro conilon**. 2006. 57 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2006.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. Centro Nacional de pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro. 1997. 212p.

FALEIRO, F. G. et al. Comparação do blocos casualizados e testemunhas intercalares na estimação de variáveis genéticas em feijoeiro. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 37, n. 12, p. 1675-1680, 2002.

FIGUEIREDO, F. A. M. M. A. **Variações biométricas de mudas de eucalipto sobre o crescimento pós-plantio**. 2007. 78 f. Dissertação. (Mestrado em Produção Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2007.

GHOLZ, H. L.; EWEL, K. C.; TESKEY, R. O. Water and forest productivity. **Forest Ecological Management**, Amsterdam, v. 30, p.1-18, 1990.

KOZLOWSKI, T. T.; KRAMER, P.J.; PALLARDY, S.G. **The physiological ecology of woody plants**. London: Academic Press, 1990. p. 32 – 66.

LANDSBERG, J.J. **Physiological ecology of forest production**. London: Academic Press, p. 198. 1986

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. 3 ed. São Carlos: Rima, 2006.

MARRICHI, A. H. C. **Caracterização da capacidade fotossintética e da condutância estomática em sete clones comerciais de *Eucalyptus* e seus padrões de resposta ao déficit de pressão de vapor.** 2009. 104 f. Dissertação. (Mestrado em Recursos Florestais) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Florestais, Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2009.

MELLO, S. L. DE M.; GONÇALVES, J. L. DE M. Equações para estimar a biomassa da parte aérea e do sistema radicular em povoamentos de *eucalyptus grandis* em sítios com produtividades distintas. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.32, n.1, p.101-111, 2008.

MULKEY, S.S.; CHAZDON, R.L.; SMITH, A.P. **Tropical forest plant ecophysiology.** New York: Chapman & Hall, 1996. p. 188 – 196.

OLIVEIRA, C. H. R. de et al. Área foliar e biomassa de plantas intactas e de brotações de plantas jovens de clone de eucalipto em sistemas agrossilvipastoris. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.32, n.1, p.59-68, 2008.

ORTIZ, et al. Relações espaciais entre o potencial produtivo de um povoamento de eucalipto e atributos do solo e do relevo. **Scientia Forestalis**, n. 72, p. 67-79, 2006.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas.** Guaíba: ed. Agropecuária, 2002. p. 247-267.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal.** 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. p. 720-732.

REIS, G. G. dos 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-MG, v. 30, n. 6, p. 921-931, 2006.

REIS, G. G. dos et al. Efeito do tempo de estocagem de mudas de *Eucalyptus* produzidas em tubetes sobre produção de biomassa após o transplântio. **Revista Árvore**, v.15, n.2, p.103-111, 1991.

SANTANA, R. C. et al. Estimativa de biomassa de plantios de eucalipto no Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.32, n.4, p.697-706, 2008.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológicos das plantas. **Revista Bras. de Engenharia Agrícola e Ambiental.** Campina Grande-PB, v.2, n.3, p.287-294, 1998.

SILVA, H. D.; FERREIRA, C. A.; CORRÊA, R. S.; BELLOTE, A. F. J.; TUSSOLINE, E. L. Alocação de biomassa e ajuste de equações para estimativa de biomassa em compartimentos aéreos de *Eucalyptus benthamii*. **Boletim de pesquisa florestal.** Colombo, n. 49, p. 83-95, 2004.

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

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**, v. 193, p. 17-31, 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Piracicaba: Ed. Artmed, 3° ed., 2004.

TATAGIBA, S. D. **Crescimento inicial, trocas gasosas e status hídrico de clones de eucalipto sob diferentes regimes de irrigação**. 2007. 128 f. Dissertação. (Mestrado em Produção Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2007.

VAN GENUCHTEN, M.T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.41, p.892-898,1980.

WIMMER, R.; DOWNES G. M.; EVANS R. High-resolution analysis of radial growth and wood density in *Eucalyptus nitens*, grown under different irrigation regimes. **Ann. For. Sci.** v. 59, p. 519–524, 2002.

CAPÍTULO II

TROCAS GASOSAS E POTENCIAL HÍDRICO FOLIAR DE CLONES DE EUCALIPTOS EM ÁREAS SOB DIFERENTES CONDIÇÕES CLIMÁTICAS: ARACRUZ-ES E MONTEZUMA-MG

RESUMO

Lopes, Tatiana da Silva, M.Sc., Universidade Federal do Espírito Santo, Agosto de 2009. **Trocas gasosas e potencial hídrico foliar de clones de eucaliptos em áreas sob diferentes condições climáticas: Aracruz-ES e Montezuma-MG.** Orientador: José Eduardo Macedo Pezzopane. Co-orientados: Rodolfo Araujo Loos.

De modo a viabilizar a seleção de genótipos para plantio em ambientes com diferenciada disponibilidade de água no solo, estudou-se o comportamento das trocas gasosas e do potencial hídrico foliar de dez clones de eucaliptos desenvolvendo-se em duas áreas experimentais, uma em Aracruz-ES e a outra em Montezuma-MG, sob diferentes condições climáticas e em duas épocas do ano. Foram utilizados dez clones de *Eucalyptus grandis* e híbridos *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, produzidos pela Aracruz Celulose S/A, na unidade Barra do Riacho, pertencente ao município de Aracruz, Espírito Santo. Em outubro de 2008 foi realizada a primeira campanha, denominada período 1, e entre abril e maio de 2009 foi realizada a segunda campanha (período 2). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso contendo 3 repetições. Para as medidas fisiológicas utilizou-se a análise fatorial com medidas repetidas no tempo. Foi realizada a análise de variância (ANOVA) seguida do teste de média de Skott Knott e Tukey a 5% de probabilidade. Durante as campanhas, foram realizadas na superfície de folhas, totalmente expandida na parte externa do terço médio da copa, a fotossíntese líquida, a condutância estomática, e a transpiração, com auxílio de um analisador de gases a infravermelho portátil (IRGA), modelo Li-6400 da LICOR. As leituras foram realizadas às 8:00, 12:00 e 16:00 horas. Para determinar o potencial

hídrico foliar, utilizou-se uma bomba de pressão PMS 1003 da PMS Instruments Co, segundo Sholander et al. (1965). As leituras ocorreram às 4:00, 8:00, 12:00 e 16:00 horas. As medições realizaram-se em três árvores por material genético, e ocorreram em três dias consecutivos, de condições climáticas semelhantes. Todas as variáveis fisiológicas analisadas obtiveram valores superiores no período 2. Em geral os clones em Montezuma, no período 1, obtiveram maior taxa fotossintética e maior potencial hídrico foliar. Por Montezuma apresentar um período de seca maior e uma maior deficiência hídrica durante o período experimental, esperou-se que a taxa fotossintética fosse menor. Porém nos dias de avaliação da primeira campanha, constatou que em Montezuma havia mais água no solo do que Aracruz, pois apresentou uma umidade do solo de 9,67 % em Aracruz e 12% em Montezuma. Na segunda campanha, em geral os clones na área de Aracruz apresentaram maior taxa fotossintética, maior transpiração e maior potencial hídrico foliar, provavelmente porque entre a primeira campanha e a segunda obteve déficit hídrico duas vezes menor que Montezuma. No período 1 os clones 1 e 4, na maioria das variáveis analisadas, obtiveram valores superiores em relação os demais clones em ambas as áreas, isso indica que mesmo crescendo sob deficiência hídrica, são clones competitivos e que provavelmente possuem uma estratégia de sobrevivência independente do local onde esteja se desenvolvendo.

Palavras-chave: Trocas gasosas. Déficit hídrico. Eucalipto. Variáveis climáticas.

ABSTRACT

Lopes, Tatiana da Silva, M.Sc., Universidade Federal do Espírito Santo, August, 2009. **Gaseous changes and leaf potential water of eucalyptus clones in areas under different climatic conditions: Aracruz-ES and Montezuma-MG.** Adviser: José Eduardo Macedo Pezzopane. Co-advisers: Rodolfo Araújo Loos.

In a way to make possible the selection of genotypes for planting in environment with differentiated availability of water in the soil, it was studied the behavior of the gaseous changes and the leaf potential water of ten eucalyptus clones growing in two experimental areas, one in Aracruz-ES and the other in Montezuma-MG, under different climatic conditions and in two periods of the year. It had been used ten clones of *Eucalyptus grandis* and hybrid *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, produced by Aracruz Celulose S/A, in the unit Barra do Riacho, belonging to the Aracruz city, Espírito Santo. In October of 2008 (period 1) the first campaign was accomplished, and between April and May of 2009 the second campaign was accomplished (period 2). The used experimental delineation was entirely at random containing 3 repetitions. For the physiologic measures the factorial analysis was used with repeated measures in the time. The variance analysis was accomplished (ANOVA) followed by the test of average of Skott Knott and Tukey to 5% of probability. During the campaigns, it was accomplished in the surface of leaves, totally expanded in the external part of the medium third of the cup, the liquid photosynthesis, stomatal conductance and transpiration, with aid of an infrared portable gases the analyzer (IRGA), model LIQUEUR Li-6400. The readings were accomplished at the 8:00, 12:00 and 16:00 hours. To determine the leaf potential water, a pressure bomb PMS 1003 of PMS Instruments Co was used, according to Sholander et al. (1965). The readings happened to the 4:00, 8:00, 12:00 and 16:00 hours. The measurements took place in three trees for genetic material, and they happened in three consecutive days of similar climatic conditions. All the analyzed physiologic variables obtained superior values in the period 2. In general the clones in Montezuma, in the period 1, obtained larger photosynthesis rate and adult leaf potential water. In order that Montezuma presents a larger drought period and a larger hydric deficiency during the experimental period, it was expected that the photosynthesis rate went smaller. However in the days of evaluation of the first

campaign, it was verified that in Montezuma there was more water in the soil than Aracruz, because it presented a soil humidity of 9,67% in Aracruz and 12% in Montezuma. In the second campaign, in general the clones in the area of Aracruz presented larger photosynthesis rate, larger transpiration and large adult leaf potential water, probably because between the first campaign and the second campaign obtained hydric deficit twice times smaller than in Montezuma. In the period 1 the clones 1 and 4, in most of the analyzed variables, obtained superior values related with the other clones in both areas, what indicates that even growing under hydric deficiency, they are competitive clones and that probably possess a strategy of an independent survival of the place where they are growing.

Word-key: Gaseous changes. Hydric deficit. Eucalyptus. Climatic variables.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento vegetal é influenciado pela disponibilidade hídrica, e estudos ecofisiológicos representam uma ferramenta para aperfeiçoar as técnicas de manejo florestal, e otimizar a utilização da água para aumento da produtividade florestal (ALMEIDA et al., 2007). Sob diferentes condições ambientais, o conhecimento das respostas ecofisiológicas das plantas, como condutância estomática e fotossíntese, torna-se importante para auxiliar no esclarecimento da dinâmica de sucessão na floresta (PEZZOPANE et al., 2003).

Os eucaliptos, por serem plantas C_3 , abrem os estômatos de manhã e fecham quando o sol se põe, dessa forma normalmente ocorre à entrada de CO_2 e a eliminação de água durante o dia. Essa abertura e fechamento podem ser comprometidos devido a alguns fatores, como por exemplo, radiação solar excessiva, desencadeando o fechamento parcial ou total dos estômatos. Alterações na concentração de CO_2 na câmara subestomática também podem estimular a abertura e fechamento dos estômatos (MARENCO; LOPES, 2007).

A desidratação é a causa de retardos no crescimento e da morte de muitas plantas. Isso ocorre quando há transpiração excessiva, pois as plantas não possuem uma estrutura que seja ao mesmo tempo favorável a entrada de CO_2 e desfavorável à perda de vapor d' água (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2001). Deste modo, a seleção e o uso de clones de eucalipto capazes de se estabelecer e desenvolver em condições de deficiência hídrica no solo representa grande importância para o sucesso contínuo de um povoamento florestal (CHAVES, 2001).

A quantidade de água dos vegetais muda de acordo com o tipo de órgão ou tecido e com o balanço hídrico, mas sob condições normais ela é o principal constituinte dos órgãos vegetais. A água é reagente em processos metabólicos vegetais, como na fotossíntese, onde atua como fonte de prótons (H^+) na hidrólise do amido ou na redução de CO_2 à carboidratos (ANGELOCCI, 2002).

Segundo Marenco e Lopes, (2007) o potencial hídrico foliar é o fator preponderante no controle do movimento estomático. Mesmo em condições ótimas de temperatura,

luz e CO₂, quando o potencial hídrico foliar diminui até certo limite crucial, os estômatos fecham-se.

No estudo realizado por Pereira et al. (2006) com dois clones de eucalipto submetidos a estresse hídrico no tratamento com déficit, o clone com as maiores taxas de condutância estomática, potências de água na folha e transpiração, foi também o que apresentou menor taxa de matéria seca de parte aérea e maior taxa de matéria seca de raiz.

De modo a viabilizar a seleção de genótipos para plantio em ambientes com diferenciada disponibilidade de água no solo, estudou-se o comportamento das trocas gasosas e do potencial hídrico foliar de dez clones de eucaliptos desenvolvendo-se em duas áreas experimentais, uma em Aracruz-ES e a outra em Montezuma-MG, sob diferentes condições climáticas e em duas épocas do ano.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Material vegetal e características da área de estudo

O experimento foi conduzido em duas áreas de plantio comercial da Aracruz Celulose S/A. Uma localiza-se no município de Aracruz, norte do Estado do Espírito Santo, na latitude 19°49'37"S e longitude 40°05'38"W, com altitude de 20 m. A outra área experimental está localizada no município de Montezuma, norte do Estado de Minas Gerais, na latitude 15°08'790"S e longitude 42°23'031"W, com altitude de 938 m. As avaliações, em ambas as áreas, ocorreram em outubro de 2008 e em abril e maio de 2009.

Essas áreas foram selecionadas por apresentarem significativas diferenças climáticas, principalmente em relação à precipitação, na qual a precipitação média histórica anual de Montezuma é de cerca de 700 mm/ano, enquanto que em Aracruz é cerca de 1300 mm/ano.

Foram avaliados dez clones comerciais de *Eucalyptus grandis* e híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, produzidos pela empresa Aracruz Celulose S/A, na unidade Barra do Riacho, pertencente ao município de Aracruz, Espírito Santo. Esses clones foram denominados 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10.

De acordo com a análise granulométrica a classificação textural do solo, a área experimental de Aracruz corresponde a solo franco-argiloso, e o solo da área em Montezuma é classificado como argiloso, tendo sido analisado amostra composta na profundidade de 0 a 100 cm, nas duas áreas experimentais o terreno é considerado plano. As análises foram realizadas no Laboratório da Física de Solo do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES).

Na área localizada no município de Aracruz, foi realizada subsolagem com fosfato natural, e aplicação de 5 toneladas de cinza, como corretivo em toda a área. Em cada cova antes da alocação das mudas, foi aplicado o hidrogel - Stockosorb 660

micro, pós 15 dias de plantio foram distribuídas 100 gramas de NPK, na proporção de 6 - 30 - 6, em cada cova.

Em Montezuma antes do plantio ocorreu aplicação de duas toneladas por hectare de calcário dolomítico, e a incorporação do calcário foi realizada através de gradagem pesada. A marcação e o coveamento foram manuais, aplicando-se por cova 300 g de fosfato Heringer eucalipto; 220 g de N P K +B +Zn +Cu; 44,6% de sulfato de amônia; 44,6% de Cloreto de potássio e 10,8% de borogran. No momento do plantio com auxílio de plantadeira manual, aplicou-se 500 ml de solução de Hydroplan (gel Hydroplan na proporção de 1 kg de HYB – M em 400 litros de Água). Cinco dias após o plantio, fez-se a primeira irrigação (2,5 litros de água/cova), mais três irrigações ocorreram de quinze em quinze dias após a realização da primeira.

As mudas foram produzidas por estaquia de minicepas, de acordo com o sistema de manejo utilizado pela empresa Aracruz Celulose S.A., sendo posteriormente preparadas e levadas para cada área experimental.

2.2. Instalação das parcelas e delineamento experimental

Nas duas áreas experimentais o espaçamento utilizado foi o de 3 x 3 m entre as árvores. Foram alocadas parcelas fixas de 10 indivíduos, e cada clone apresentava três repetições (três parcelas), sendo assim, cada área possuía um total de 30 parcelas e 300 indivíduos.

Dentro de cada parcela foi medido a altura e a circunferência a altura do peito (CAP), que posteriormente foi transformado em diâmetro a altura do peito (DAP), depois de mensuradas escolheu-se a árvore média representativa de cada parcela para as medições ecofisiológicas. Todas as variáveis analisadas foram mensuradas em três dias consecutivos de condições climáticas semelhantes.

Em outubro de 2008 (final da época seca) foram realizadas as primeiras medições, denominada de período 1, época no qual o experimento em Aracruz apresentava aproximadamente 9 meses e Montezuma 11 meses. A segunda campanha,

denominada de período 2, ocorreu no final da época chuvosa, no mês de maio em Aracruz, e no mês de Abril em Montezuma, quando os clones estavam com 16 e 17 meses de idade, respectivamente.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso contendo três repetições, após ter sido feito o teste de testemunhas intercalares e comprovado o controle local. Para as medidas fisiológicas utilizou-se a análise fatorial com medidas repetidas no tempo. Foi realizada a análise de variância (ANOVA) seguida do teste de média de Skott Knott e Tukey a 5% de probabilidade. Para a ANOVA e teste Tukey foi utilizado o *software* Statistica 8 (StatSoft, Copyright, 2008), e para as testemunhas intercalares foi utilizado o *software* Genes (CRUZ, C. D., 2006).

Os dados experimentais das trocas gasosas no horário das 08:00 horas e do potencial hídrico foliar antemanhã (04:00 horas) foram submetidos à análise de variância, e quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste Tukey e de Scott Knott a 5% de probabilidade, utilizando os mesmos *softwares* indicados acima.

2.3 Medidas de trocas gasosas

A tomada de medidas para avaliação das trocas gasosas foram realizadas na superfície de folhas (voltada para o ponto onde o sol nasce), totalmente expandidas na parte externa do terço médio da copa. A fotossíntese líquida, a condutância estomática, e a transpiração, foram mensuradas com auxílio de um analisador de gases a infravermelho portátil (IRGA), modelo Li-6400 (Li-Cor Biosciences, Inc., 32 Lincoln, NE), utilizando uma fonte luminosa fixa em $1500 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ de intensidade de radiação fotossinteticamente ativa (Figura 1).

As leituras foram realizadas às 8:00, 12:00 e 16:00 horas. As medições incluíram três árvores por material genético (uma folha para cada árvore), e ocorreram em três dias consecutivos, de condições climáticas semelhantes, sendo assim cada clone apresenta nove medições totais. Deve-se ressaltar que as medidas sempre foram efetuadas em dias de pleno sol, em folhas maduras e saudáveis.

Na primeira campanha, devido à baixa estatura dos clones as medições ocorreram com o auxílio de uma escada, medindo-se uma árvore por parcela. Na segunda campanha, foi necessário proceder com a montagem de 10 torres (andaimes), e devido à uniformidade das parcelas, mediram-se três árvores de uma mesma parcela (Figura 2).

Para determinar o potencial hídrico foliar, utilizou-se uma bomba de pressão PMS 1003 da PMS Instruments Co, segundo Sholander et al. (1965) (Figura 3), avaliando-se três folhas totalmente expandidas por material genético, localizada na parte externa do terço médio do dossel. As medições ocorreram às 4:00, 8:00, 12:00 e 16:00 horas. Essas avaliações foram realizadas nos mesmos dias de análise das trocas gasosas.

Obteve-se a eficiência do uso da água (EUA) a partir da razão entre a taxa fotossintética e a taxa transpiratória. A EUA é uma variável fisiológica que se modifica entre e dentro das espécies vegetais, e que expressa quantitativamente o desempenho momentâneo das trocas gasosas na folha (Larcher 2006).



Figura 1 - IRGA modelo Li-6400 da LICOR, utilizado nas avaliações das trocas gasosas.



Figura 2 – Detalhe dos recursos usados para as medições de trocas gasosas, na primeira campanha (A) e na segunda campanha (B).

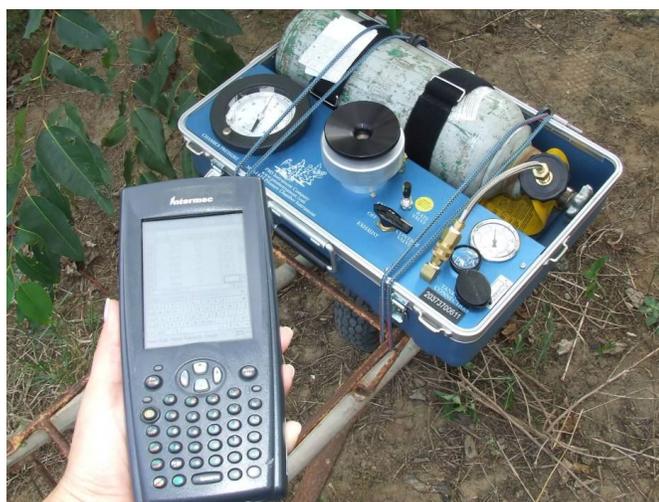


Figura 3 - Bomba de pressão PMS 1003 da PMS Instruments Co, e um coletor de dados, utilizados nas avaliações de potencial hídrico foliar.

2.4. Variáveis microclimáticas e do teor de água no solo

A obtenção das variáveis climáticas foi conseguida a partir dos dados gerados em duas estações meteorológicas automáticas, localizadas próximas a cada área experimental. Nas estações estão acoplados sensores de temperatura e umidade relativa do ar modelo HMP45C (Campbell Scientific), e piranômetro, modelo SP-Lite (Kipp & Zonen), para medir a radiação solar global. A precipitação pluviométrica foi obtida através do sensor modelo CS700 (Hydrological) e a direção e velocidade do vento medida por meio do sensor modelo 03001 (R. M. Young).

O déficit de pressão de vapor do ar (DPV) foi calculado a partir da pressão de saturação de vapor d' água (e_s) e pressão parcial de vapor (e_a), segundo Landsberg (1986). O déficit de pressão de vapor do ar (DPV) foi obtido pela diferença entre e_s e e_a . A pressão parcial de vapor (e_a) varia desde zero, para ar totalmente seco, até um valor máximo denominado pressão de saturação de vapor (e_s).

Para obtenção dos valores de umidade do solo, foram coletadas 10 amostras simples em cada área, com auxílio de um trado do tipo holandês, nas profundidades de 0 - 20 cm, 20 - 40 cm, 40 - 60 cm 60 - 80 cm e de 80 - 100 cm, na primeira e na segunda campanha. Essas amostras foram pesadas no campo e levadas para Aracruz celulose S/A, na unidade Barra do Riacho, e colocadas em estufa de circulação forçada, a 110 °C, depois de 24 horas obteve-se o peso seco do solo, com esses valores obteve-se a umidade do solo em porcentagem (%).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 – Trocas gasosas e potencial hídrico foliar, análise geral entre as áreas experimentais e os horários de medição

A figura 4 representa a fotossíntese líquida, a condutância estomática, a transpiração e a eficiência do uso da água as 8:00 horas, e o potencial hídrico foliar antemanhã. A escolha deste horário deveu-se ao fato de que a maioria das plantas apresentou maior eficiência na fixação de carbono pela manhã e ao fato do potencial hídrico foliar antemanhã, ser considerado um indicativo do estado hídrico das plantas, apresentando a maior turgescência possível para uma dada condição hídrica encontrada no solo. O teste estatístico utilizado neste caso foi o Tukey a 5% de probabilidade.

Para a taxa fotossintética observa-se que na primeira campanha os clones na área experimental de Montezuma obtiveram maior taxa. Por Montezuma apresentar um período de seca maior e uma maior deficiência hídrica durante o período experimental, esperava-se que a taxa fotossintética fosse menor. Através dos dados de umidade do solo constatou-se que Montezuma continha no dia da avaliação mais água no solo do que Aracruz, com umidade de 9,67% em Aracruz e 12% em Montezuma.

No período 2 os clones em Aracruz apresentaram maior taxa fotossintética, apesar de uma menor umidade de água no solo, 13,09 % em Aracruz e 16,88 % em Montezuma, provavelmente porque entre a primeira campanha e a segunda o déficit hídrico em Aracruz foi duas vezes menor quando comparado a Montezuma.

Nos gráficos que representam a condutância estomática, verifica-se que no período 1 em Montezuma, os clones mantiveram os estômatos abertos por mais tempo, apresentando assim maior condutância. Já no período 2 a diferença entre as áreas não foi detectada pelo teste estatístico. Segundo Landsberg (1986), os principais

fatores ambientais que ocasionam variações na condutância estomática são a umidade tanto do solo quanto do ar, bem como a luz.

Em trabalho realizado por Carneiro et al. (2008), com híbridos de “urograndis” sob regimes irrigados e não irrigados, verificando o efeito da variação sazonal das variáveis ambientais, demonstraram que quando as condições ambientais foram iguais, a umidade do solo foi o fator predominante no controle da condutância estomática.

A taxa transpiratória na primeira campanha foi semelhante nos clones de ambas as áreas, e na segunda campanha os clones em Aracruz atingiram maior taxa, provavelmente por apresentar maior radiação solar global, e/ou maior umidade relativa do ar e/ou menor déficit de pressão de vapor (DPV). Quanto à eficiência do uso da água (EUA), em ambas as épocas os clones em Montezuma foram mais eficientes, certamente por apresentar taxas fotossintéticas altas e menor transpiração, ou seja, liberou menos água na forma de vapor.

Para potencial hídrico foliar antemanhã, percebe-se que no período 1 os valores são mais negativos do que no período 2. Em Aracruz, os clones apresentaram valores mais negativos na primeira campanha, e na segunda, menores teores de água na folha foram observados para os clones em Montezuma. O crescimento celular, a fotossíntese, e a produtividade de cultivos são todos intensamente influenciados pelo potencial hídrico (TAIZ; ZEIGER, 2004).

A figura 5 representa os dados horários para as variáveis fotossíntese líquida, condutância estomática, transpiração, eficiência do uso da água e potencial hídrico foliar. Estes dados resultam da média de dez clones avaliados na área experimental de Aracruz e na área experimental de Montezuma, as 8:00, 12:00 e 16:00 horas, e para o potencial hídrico foliar antemanhã. Como essa avaliação foi realizada em três dias, escolheu-se o dia de maior radiação solar global para representar os dados horários. Na primeira campanha escolheu-se o dia 03 de outubro em Aracruz e 08 de outubro de 2008 em Montezuma, e na segunda campanha foram os dias 06 de maio em Aracruz e 15 de abril de 2009 em Montezuma.

Período 1

Período 2

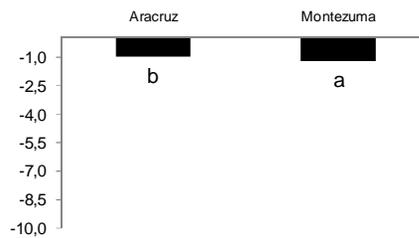
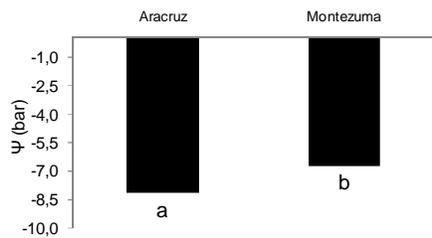
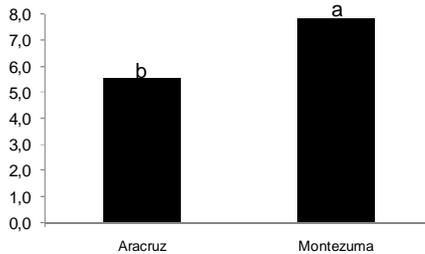
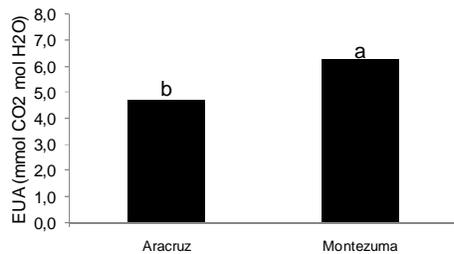
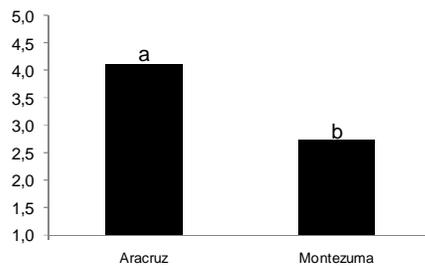
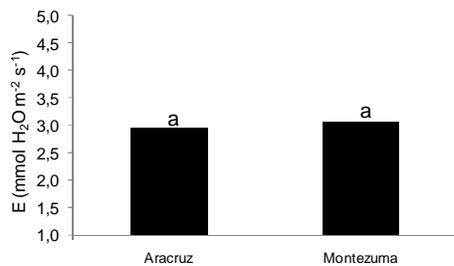
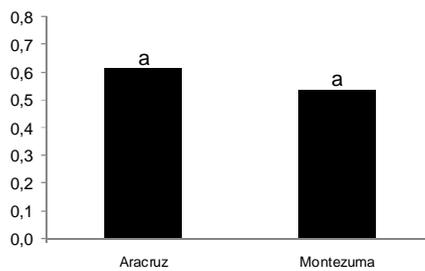
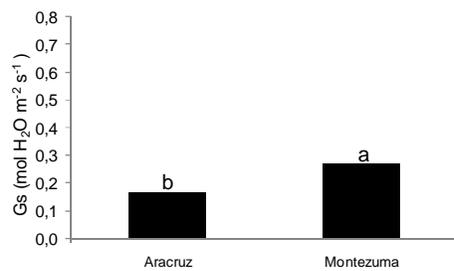
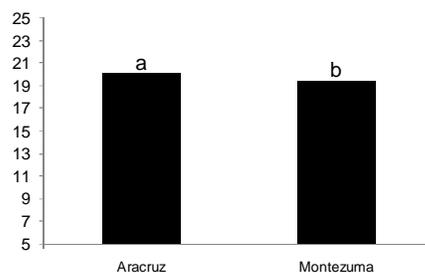
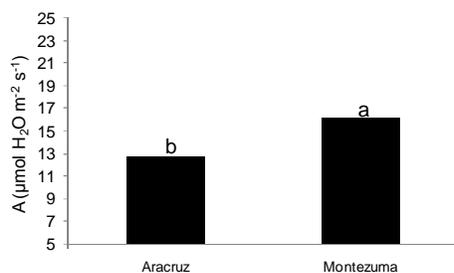


Figura 4 – Fotossíntese líquida (A), condutância estomática (Gs), transpiração (E) e eficiência do uso da água (EUA), as 8:00 horas e potencial hídrico foliar antemanhã (Ψ), média de dez clones de eucalipto crescendo nas áreas experimentais de Aracruz e Montezuma, em dois períodos, período 1 e período 2.

Nos dados de fotossíntese líquida, é possível observar que na primeira campanha, a taxa fotossintética varia de forma diferente comparando os clones em Aracruz e Montezuma. Em Aracruz os valores são menores em relação à Montezuma, tendo sido encontrado as 8:00 horas um valor médio de $10,13 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Ao meio dia ocorreu uma queda na taxa e as 16:00 houve uma recuperação. Em Montezuma os clones possuem taxas fotossintéticas maiores, ou seja, os clones nesta área fotossintetizaram mais nos dias de medição, encontrando-se $15,82 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ as 8:00 horas. Nos demais horários ocorreu uma queda contínua ao longo do dia. Em ambas as áreas o horário de maior taxa fotossintética foi as 8:00 horas, assim também observado por Tatagiba (2007).

Segundo Marenco e Lopes (2007), em dias de radiação solar intensa, ao meio-dia ocorre um fenômeno chamado depressão do meio-dia, a esse fenômeno está associado a uma queda na fotossíntese, fotoinibição e fechamento parcial dos estômatos. Com o estresse hídrico, acontece um agravamento deste fenômeno que ocorreu apenas em Aracruz no período 1.

No período 2, também demonstrada na Figura 5, as duas áreas se assemelham muito tendo os clones alta taxa fotossintética as 8:00 e 12:00 horas e uma queda as 16:00 h, os valores médios encontrados na primeira medição foram $18,89 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para Aracruz e $20,77 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para Montezuma. Isso significa que as plantas não estão passando por estresse, já que a taxa se mantém alta mesmo ao meio-dia, horário de maior radiação solar e temperatura.

Marrichi (2009) encontrou uma taxa fotossintética média ao longo do dia de $23,1 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ entre clones de eucalipto estudados, com idade de 16 meses, valor este superior ao encontrado neste trabalho no período 2. De acordo com Larcher (2006) os valores de fotossíntese em época chuvosa são considerados elevados, comparativamente a outras espécies arbóreas em diversas épocas do ano.

Na segunda campanha o armazenamento e a umidade do solo, em ambas as áreas, foram maiores por isso taxas mais altas de fotossíntese foram encontradas. Observa-se que os clones em Montezuma estavam resistindo bem a seca, já que mesmo com uma deficiência hídrica maior, durante o período experimental, estavam com altas taxas de fotossíntese nos dia de avaliação. Esse padrão provavelmente existiu por conter mais umidade no solo e apresentarem um sistema radicular mais profundo, pois se o solo é profundo e a demanda atmosférica é alta, as raízes se aprofundam na procura de mais água para atender a demanda, nesta situação as plantas investem em sistema radicular para garantir sua sobrevivência (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002).

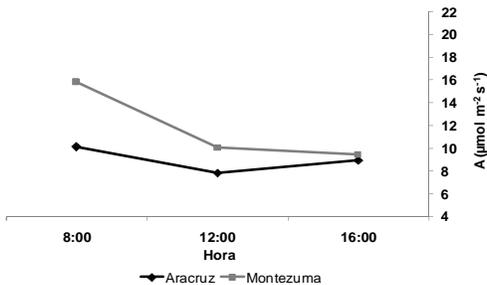
Em estudo realizado por Pereira et al. (2006) com dois clones de eucalipto submetidos a estresse hídrico, observaram que no tratamento com déficit, o clone com as maiores taxas de condutância estomática e transpiração, foi também o que apresentou menor taxa de matéria seca de parte aérea e maior taxa de matéria seca de raiz. Mesmo Montezuma tendo valores mais altos de fotossíntese líquida, os clones alocaram menos biomassa na parte aérea e investiram mais no sistema radicular, em Aracruz ocorreu o contrario.

Pode-se perceber que na primeira campanha, nos clones em Montezuma a condutância estomática é maior do que em Aracruz, média diária de $0,16 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para Aracruz e $0,29 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ em Montezuma. Segundo Marengo e Lopes (2007), na maioria das plantas lenhosas a condutância varia entre $0,16$ e $0,25 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, ou seja, em Montezuma a condutância estomática foi superior.

A condutância estomática seguiu o mesmo padrão da fotossíntese, os clones da área experimental de Aracruz a condutância foi maior as 8:00 horas, ao meio-dia houve uma queda e as 16:00 horas uma leve recuperação. Em Montezuma a maior condutância também foi verificada as 8:00 horas, porém há uma queda contínua ao longo do dia,

No período 2, os clones das duas áreas apresentaram valores maiores de condutância comparada com o período 1, $0,66 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ em Aracruz e $0,65 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ em Montezuma. Nos clones em Aracruz a condutância estomática é semelhante

Período 1



Período 2

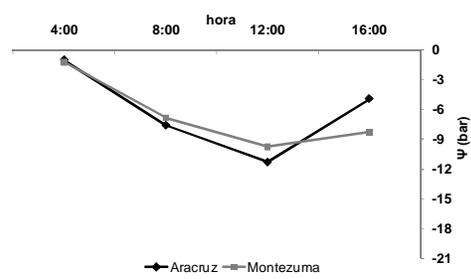
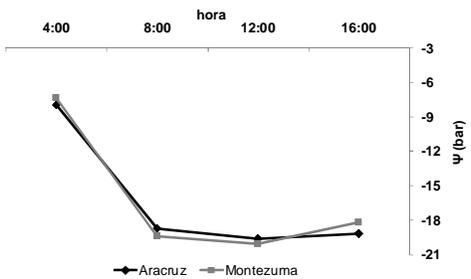
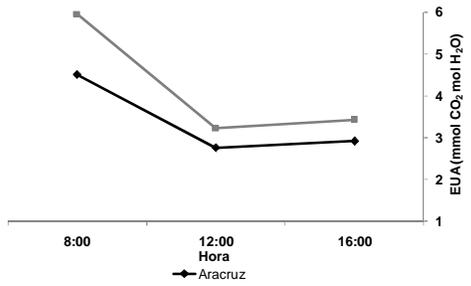
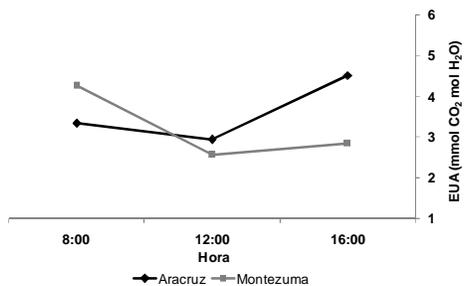
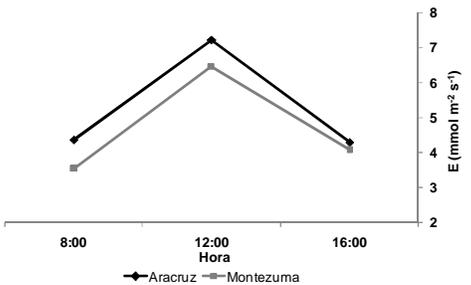
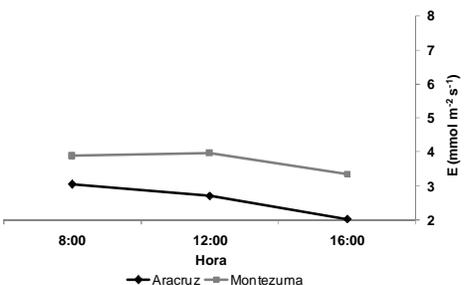
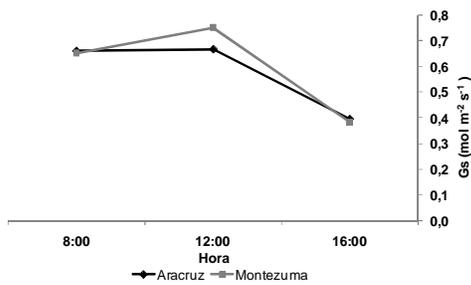
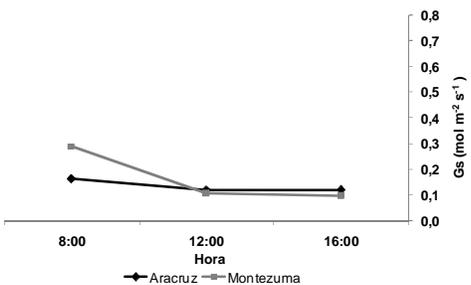
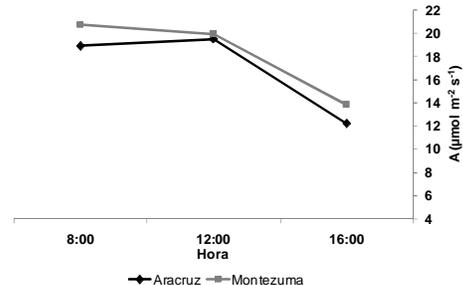


Figura 5 - Fotossíntese líquida (A), condutância estomática (Gs), transpiração (E), eficiência do uso da água (EUA) realizado às 8:00, 12:00 e 16:00 horas, e potencial hídrico foliar (PHF) realizado as 04:00, 8:00, 12:00 e 16:00 horas, média de dez clones de eucalipto crescendo em duas áreas experimentais, uma em Aracruz e outra em Montezuma, em dois períodos. Na primeira campanha escolheu-se o dia 03 de outubro em Aracruz e 08 de outubro de 2008 em Montezuma, e na segunda campanha foram os dias 06 de maio em Aracruz e 15 de abril de 2009 em Montezuma.

as 8:00 e as 12:00 horas, tendo uma queda as 16:00. Já nos clones em Montezuma o horário que apresentou maior condutância foi ao meio-dia, mostrando que o armazenamento de água no solo e a umidade do solo influenciaram nestes dados.

Uma das variáveis ambientais mais importantes à qual o estômato responde é o déficit de pressão de vapor (DPV). A resposta da condutância estomática em relação ao DPV é um importante fator que prediz à quantidade de água utilizada pelo eucalipto (MIELKE, 1997). Há um declínio relevante na condutância e, portanto na fotossíntese líquida sob altos valores de DPV.

Analisando os dados de transpiração, comparando a média geral dos clones nas duas áreas na primeira campanha observa-se que a maior transpiração, em Aracruz, ocorreu as 8:00 horas, horário onde os estômatos encontravam-se mais abertos, e as 16:00 foi o horário de menor transpiração. Em Montezuma não houve diferença entre os horários, mas percebe-se que os clones em Montezuma estão transpirando mais ao longo dia do que os em Aracruz.

Esses altos valores de transpiração no período 1, em Montezuma, podem ser decorrência de altos valores de déficit de pressão de vapor (DPV), pois em Aracruz os valores obtidos no período da análise foram de 7,06 mbar e em Montezuma o valor encontrado foi o dobro 14,2 mbar. Segundo Streck (2003), uma diminuição da condutância estomática, pode ser em consequência do aumento do VPD devido ao acréscimo na transpiração foliar, o que abaixa o potencial de água na folha.

Na segunda campanha a média diária dos clones na transpiração em Aracruz ($5,29 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) é superior em relação à primeira campanha ($2,60 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), já em Montezuma esta diferença não é tão acentuada, encontrando 3,73 e 4,68 $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ no período 1 e 2, respectivamente.

Tanto nos clones em Aracruz quanto em Montezuma o horário de maior transpiração foi ao meio-dia, também devido à abertura estomática. Sendo que em ambas as

áreas a transpiração no início do dia é mais baixa, tendo um aumento as 12:00 horas e caindo novamente as 16:00 horas. As taxas de transpiração e a umidade do ar e do solo determinam a variação da quantidade de água na planta. Sua falta prejudica o crescimento celular e as atividades metabólicas (MARENCO; LOPES, 2007).

Analisando a eficiência do uso da água, verificou-se que na primeira campanha em Aracruz os clones obtiveram baixos valores às 8:00 horas, uma queda da eficiência às 12:00 horas e uma recuperação às 16:00, horário de maior eficiência. Nos clones em Montezuma o horário de maior eficiência é às 8:00, após ocorre uma queda ao meio-dia e uma leve recuperação. A média diária encontrada para eficiência foi de 3,60 e 3,22 mmol CO₂ mol H₂O, para Aracruz e Montezuma respectivamente.

No período 2, o primeiro horário de avaliação é o de maior eficiência do uso da água em ambas as áreas, mas percebe-se que no geral nos clones em Aracruz a eficiência foi menor do que nos clones em Montezuma, 3,39 e 4,21 mmol CO₂ mol H₂O, respectivamente. Ao meio-dia e as 16:00 horas tanto em Aracruz quanto em Montezuma a eficiência não variou muito.

Silva et. al. (2004) indicaram que a EUA é uma característica das espécies, modificando pouco à medida que a disponibilidade de água no solo varia. Pois analisando as espécies *Eucalyptus citriodora* e *E. grandis* submetidas a três teores de água diferentes, percebeu que houve pouca variação.

É possível verificar que o potencial hídrico foliar dos clones foi mais negativo na primeira campanha, para ambas as áreas de estudo. Na primeira campanha os dados se comportaram de forma semelhante para as duas áreas, sendo que o potencial antemanhã é o mais próximo de zero ou menos negativo, -7,90 e -7,36 bar para os clones em Aracruz e Montezuma respectivamente, e ao meio-dia foram encontrados os valores mais negativos, -19,60 bar para Aracruz e -20,07 bar para Montezuma.

Na segunda campanha os valores apresentaram o mesmo comportamento que na primeira campanha, porém com valores menos negativos, devido à maior quantidade de água disponível no solo. Os valores encontrados para potencial hídrico foliar antemanhã foram -0,99 para os clones em Aracruz e -1,19 bar para os

em Montezuma, e ao meio dia a média encontrada entre os clones foi de -11,33 e -9,78 para Aracruz e Montezuma respectivamente.

No horário das 12:00 horas, no período 1, onde encontra-se valores mais negativos, ocorreu uma variação entre os clones de -22,2 a -14,1 bar e segundo Taiz e Zeiger (2004), plantas bem aguadas variam entre - 20 a - 10 bar, mas as folhas sob déficit alcançam valores menores que - 20 bar.

Valores próximos ao deste estudo foram observados por Mielke et al. (1999), em um plantio adulto de híbridos de *Eucalyptus grandis* no estado do Espírito Santo. Observaram que durante o período onde as plantas não sofreram déficit hídrico, o potencial hídrico antemanhã variou de -0,4 a -1,3 MPa, porém sob déficit os valores encontrados foram mais negativos.

Através da Figura 6 é possível verificar como as variáveis meteorológicas se comportam ao longo dos dias 03 de outubro em Aracruz e 08 de outubro de 2008 em Montezuma, e 06 de maio em Aracruz e 15 de abril de 2009 em Montezuma. Nas épocas estudadas percebe-se que as variáveis fisiológicas seguiram a demanda evaporativa da atmosfera. O aumento da temperatura do ar, do déficit de pressão de vapor, da radiação solar incidente e a queda da umidade relativa após o período da manhã, na primeira campanha, favoreceram a diminuição dos valores das trocas gasosas.

Sob déficit hídrico, ou seja, no período 1, ocorreu redução na condutância estomática e na transpiração. Deste modo a interação do déficit hídrico com outros fatores do ambiente, podem também contribuir para o fechamento parcial dos estômatos, fato ocorrido durante a campanha. Mesmo com diminuição da condutância e da transpiração, com a intenção de reduzir a saída de água da folha, o potencial hídrico foliar foi baixo.

Sob condições de baixa disponibilidade de água, reduções da condutância estomática constituem uma das primeiras estratégias usadas pelas plantas para diminuir a taxa de transpiração e manter a turgescência. Sob uma lenta perda de vapor de água pode ocorrer o processo de fechamento estomático, reduzindo a absorção de gás carbônico (CO₂), e, por conseguinte, a fotossíntese (LIBERATO et al., 2006).

Período 1

Período 2

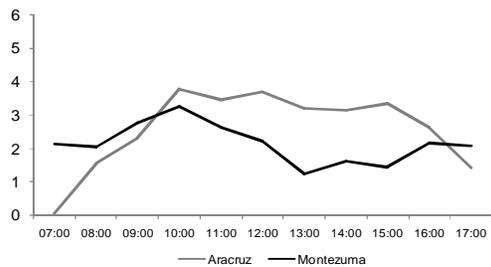
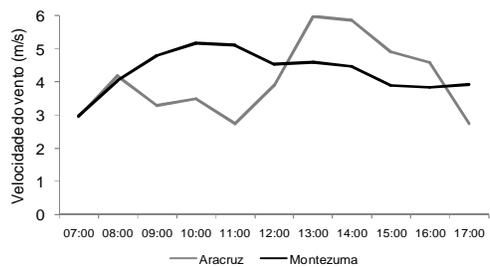
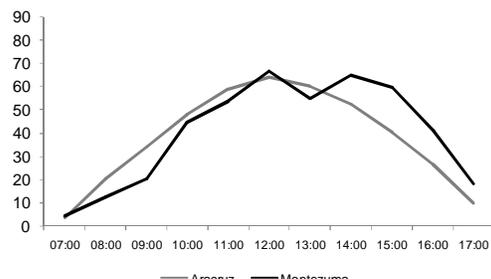
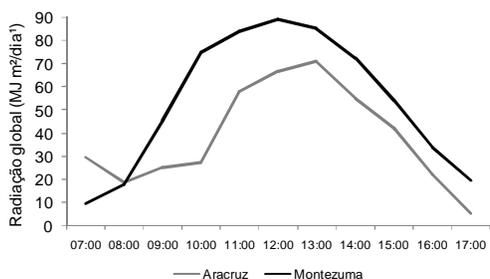
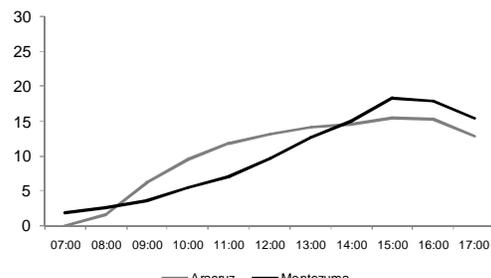
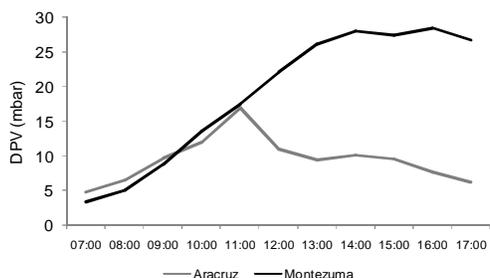
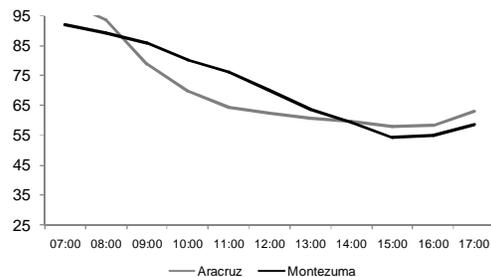
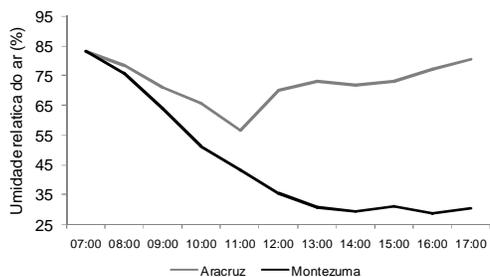
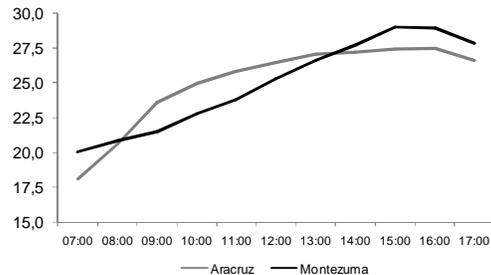
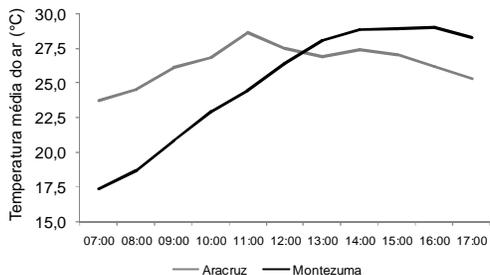


Figura 6 – Temperatura média do ar, umidade relativa do ar, déficit de pressão de vapor (DPV), radiação solar global e velocidade do vento, ao longo do dia 03 de outubro em Aracruz e 08 de outubro de 2008 em Montezuma na primeira campanha, e na segunda campanha nos dias 06 de maio e 15 de abril de 2009 em Aracruz e Montezuma, respectivamente.

O fato de Montezuma apresentar na época das avaliações, uma umidade de água no solo maior e uma temperatura do ar mais baixa até o meio dia, pode ter contribuído para que os clones resistissem por mais tempo com os estômatos abertos e manter uma fotossíntese mais elevada.

Os processos de fotossíntese e de respiração influenciam diretamente no crescimento vegetal, reflexo do balanço de carbono na planta, os quais, por sua vez, dependem de uma complexa série de fatores ambientais, como disponibilidade de água. (ANGELOCCI, 2002). Sob altas temperaturas, a solubilidade do O_2 é maior que a do CO_2 , portanto a fotorrespiração é estimulada e a fotossíntese é inibida (RENNENBERG et al., 2006).

Segundo Marengo e Lopes (2007), em geral à medida que o déficit de pressão de vapor (DPV) aumenta durante o dia, a condutância estomática diminui. Quanto maior o DPV maior quantidade de água sai da folha. Se esta difusão aumenta acima de uma taxa que não pode ser suprida pela estrutura vascular da planta, a folha e a planta inteira podem entrar em uma situação de estresse hídrico. Portanto, os estômatos devem regular sua abertura para evitar a desidratação à medida que o DPV aumenta (STRECK, 2003).

Uma variável microclimática importante é a distribuição da radiação na cobertura vegetal. Em folhas com o ápice voltado para baixo como, pode ocorrer em espécies do gênero *Eucalyptus*, a interceptação da radiação ocorre em um ângulo agudo. Desse modo nessa posição, folhas se protegem de injúrias causadas pela intensidade de radiação excessiva e pelo superaquecimento (LARCHER, 2006).

3.2. Análise dos dez clones estudados para os dados de trocas gasosas e potencial hídrico foliar.

Nas figuras a seguir serão apresentados os dados da média diária de cada clone, nas duas áreas experimentais em estudo, Aracruz e Montezuma, e nos dois períodos avaliadas, período 1 ou primeira campanha e período 2 ou segunda campanha. Sendo assim é possível observar qual clone obteve os melhores resultados nos parâmetros, fotossíntese líquida, condutância estomática, transpiração, eficiência do uso da água e potencial hídrico foliar. Os dados foram submetidos ao teste de médias de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Na Figura 7 estão representados os dados de fotossíntese líquida, e na primeira campanha formaram-se três grupos em Aracruz e dois em Montezuma. Os clones 1 e 4 obtiveram as maiores taxas fotossintéticas em Aracruz, e os clones 2, 3, 7, 8 e 9, os valores mais baixos. O clone 3 mesmo não obtendo altas taxas fotossintéticas, foi o que apresentou maior altura, maior DAP e maior biomassa seca de caule, entende-se que este clone mesmo num período de baixa disponibilidade hídrica, estava alocando mais biomassa que os demais clones.

Pinzón-Torres e Schiavinato (2008) avaliando o crescimento, a eficiência fotossintética e a eficiência no uso da água em quatro leguminosas arbóreas, verificaram que a espécie que apresentou os maiores valores quanto à taxa de crescimento relativo e área foliar específica, não apresentou a maior taxa fotossintética.

Em Montezuma, no período 1, os clones em geral apresentaram maiores taxas fotossintéticas em relação à Aracruz, mas os clones que se sobressaíram foram os 1, 3, 4, 7 e 9. Os clones 1 e 4 obtiveram valores satisfatórios em ambas as áreas, isso indica que mesmo crescendo sob deficiência hídrica, são clones competitivos e que provavelmente possuem uma estratégia de sobrevivência independente do local onde esteja se desenvolvendo.

Em relação aos dados do período 2, tanto os clones em Aracruz quanto os em Montezuma apresentaram taxas fotossintéticas superiores comparando com o período 1. Em Aracruz de acordo com o teste de Scott-Knott foram formados três grupos, os clones 6 e 8 não apresentaram diferença estatística entre si, formando o grupo que atingiu maior assimilação do CO₂. Esses dois genótipos mostraram ter boa recuperação, já que não obtiveram altas taxas fotossintéticas na primeira

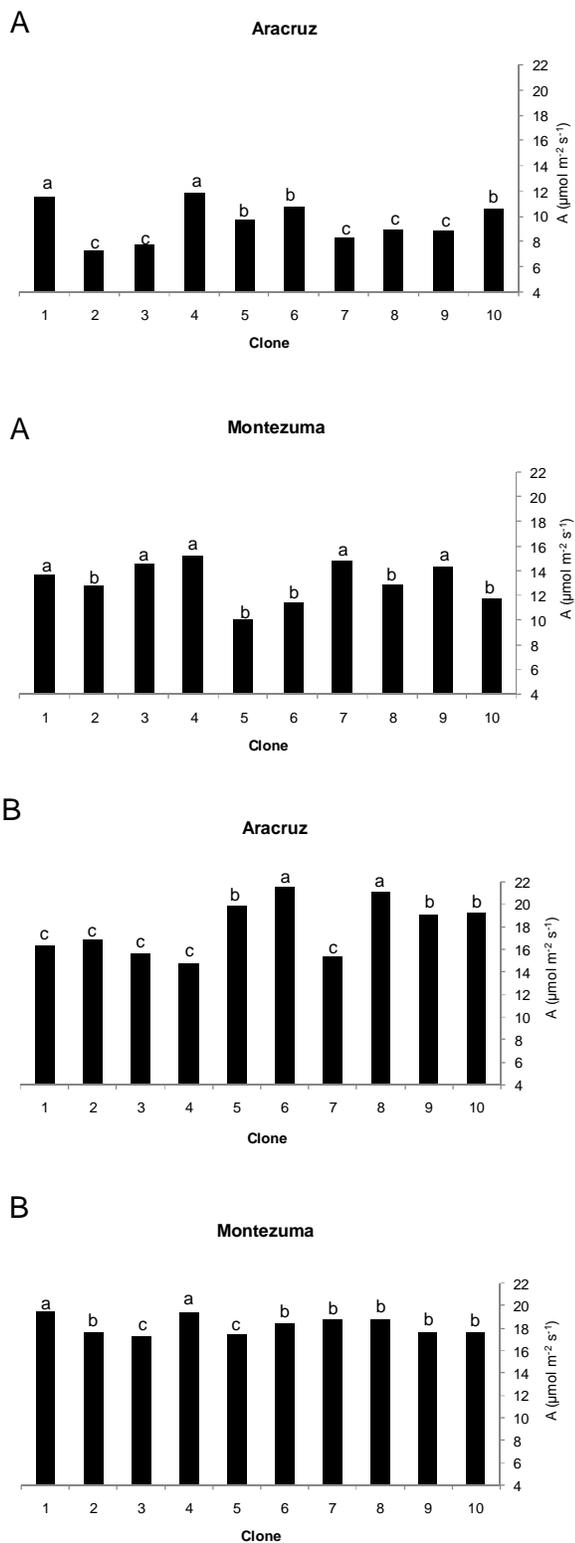


Figura 7 – Fotossíntese líquida (A) de dez clones de eucalipto, média diária de cada clone, crescendo em duas áreas experimentais, uma em Aracruz e outra em Montezuma, em dois períodos, período 2 (A) e período 2 (B).

campanha. Na área experimental de Montezuma os clones 1 e 4 continuaram se sobressaindo, e os que apresentaram os piores resultados foram os clones 3 e 5, porém no final do experimento os materiais que obtiveram maior altura, DAP e biomassa da parte aérea foram os 3 e 7.

No período 1 a fotossíntese dos clones estudados variaram de 4,02 a 14,5 e de 6,4 a 19,37 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, em Aracruz e Montezuma respectivamente. No período 2, em Aracruz, a fotossíntese variou de 9,34 a 24,06 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, e em Montezuma de 13,74 a 21,03 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Marrichi (2009), encontrou valores mais altos, 25,2 a 33,0 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, e Tatagiba et al. (2007) encontrou um valor mais próximo do obtido neste estudo, uma fotossíntese média de 24 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para clones de eucalipto na época chuvosa.

De acordo com a Figura 8, avaliando o comportamento dos clones em relação à condutância estomática, observa-se que para as duas áreas experimentais os maiores valores de condutância foram registrados na segunda campanha. Sem a deficiência hídrica os clones puderam permanecer com os estômatos abertos por mais tempo.

No período 1 em Aracruz formaram-se dois grupos, os clones 1, 4, 6 e 10 apresentam os mais altos valores de condutância estomática, com média entre eles de 0,15 $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, o que pode ter contribuído para as altas taxas fotossintéticas encontradas, e os demais clones pertencentes ao segundo grupo obtiveram média de 0,096 $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Na área de Montezuma formaram-se quatro grupos, sendo que o clone 10 pertence ao grupo que atingiu o maior valor de condutância e os materiais genéticos 1, 5 e 6 mostraram ser os de condutância mais baixa. De acordo com Kozlowski (2002), as espécies que apresentam um controle estomático mais eficiente terão maior possibilidade de crescer em ambientes com menor disponibilidade hídrica, o clone 10 mostrou não possuir bom controle estomático e consequentemente apresentou crescimento inferior em relação aos demais clones.

Assim como na fotossíntese os clones 5, 6 e 8 apresentam bom desempenho, com média entre eles de 0,66 $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, encontrando-se no grupo de maior condutância estomática, para a área de Aracruz na segunda campanha. Os demais clones pertencentes ao segundo grupo apresentaram média de 0,48 $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Nesta

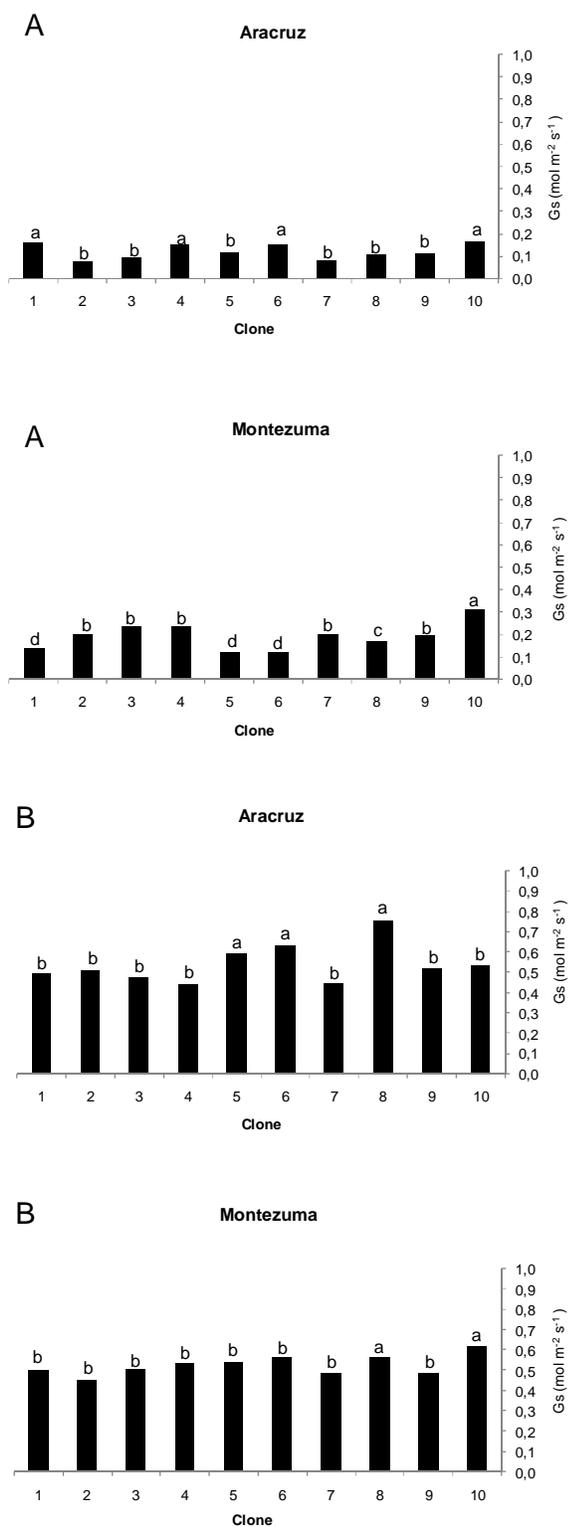


Figura 8 – Condutância estomática (Gs) de dez clones de eucalipto, média diária de cada clone, crescendo em duas áreas experimentais, uma em Aracruz e outra em Montezuma, em dois períodos, período 1 (A) e período 2 (B).

mesma época em Montezuma os clones 8 e 10 obtiveram os mais altos valores de condutância. Sob uma lenta perda de vapor de água pode ocorrer o processo de fechamento estomático, reduzindo a absorção de gás carbônico (CO_2), e, por conseguinte, a fotossíntese (LIBERATO et al., 2006).

Em estudo realizado em plantios de eucalipto com 2 anos de idade, em relação ao efeito da variação sazonal e das variáveis ambientais, nos tratamentos irrigado e não irrigado, verificaram que a condutância estomática sofreu alteração entre os períodos úmido e seco. Valores médios da condutância estomática variaram entre 0,41 e 0,22 mol $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ no plantio irrigado e entre 0,38 e 0,24 mol $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ no não-irrigado (CARNEIRO et al., 2008).

No trabalho conduzido por Tatagiba et al. (2007), devido a um excedente hídrico no solo, maiores valores de fotossíntese e condutância estomática foram encontrados na época chuvosa para dois clones de *Eucalyptus*. Déficits hídricos, tanto do solo quanto do ar, são os fatores mais importantes que limitam a fotossíntese e o crescimento, embora a alta luminosidade e alta temperatura também contribuam para a redução da aquisição de carbono.

Assim como nas demais variáveis já descritas, os clones transpiraram mais, tanto em Aracruz quanto em Montezuma, no período 2. Em Aracruz na primeira campanha, os clones que apresentaram maior transpiração foram os 1, 4, 6 e 10, seguindo a mesma tendência da condutância estomática e da fotossíntese. Os demais clones, estatisticamente iguais, se encaixam no grupo de menor transpiração (Figura 9).

Neste mesmo período, em Montezuma o clone 10 obteve a maior taxa transpiratória, ou seja, foi o genótipo que perdeu mais água na forma de vapor, 4,15 mmol $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$, e os clones de menor transpiração foram os 1, 2, 5, 6 e 8, com média entre eles de 2,47 mmol $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$. O clone 10 não apresentou um controle estomático muito bom, já que num período de seca ele mantém os estômatos abertos e apresenta alta taxa transpiratória.

Nas duas áreas de estudo no período 2, formaram-se dois grupos, em Aracruz o grupo formado pelos clones 6 e 8 atingiu as mais altas taxas transpiratórias, e em Montezuma a maioria dos clones encontram-se no grupo de maior taxa 3, 5, 6, 7, 8 e

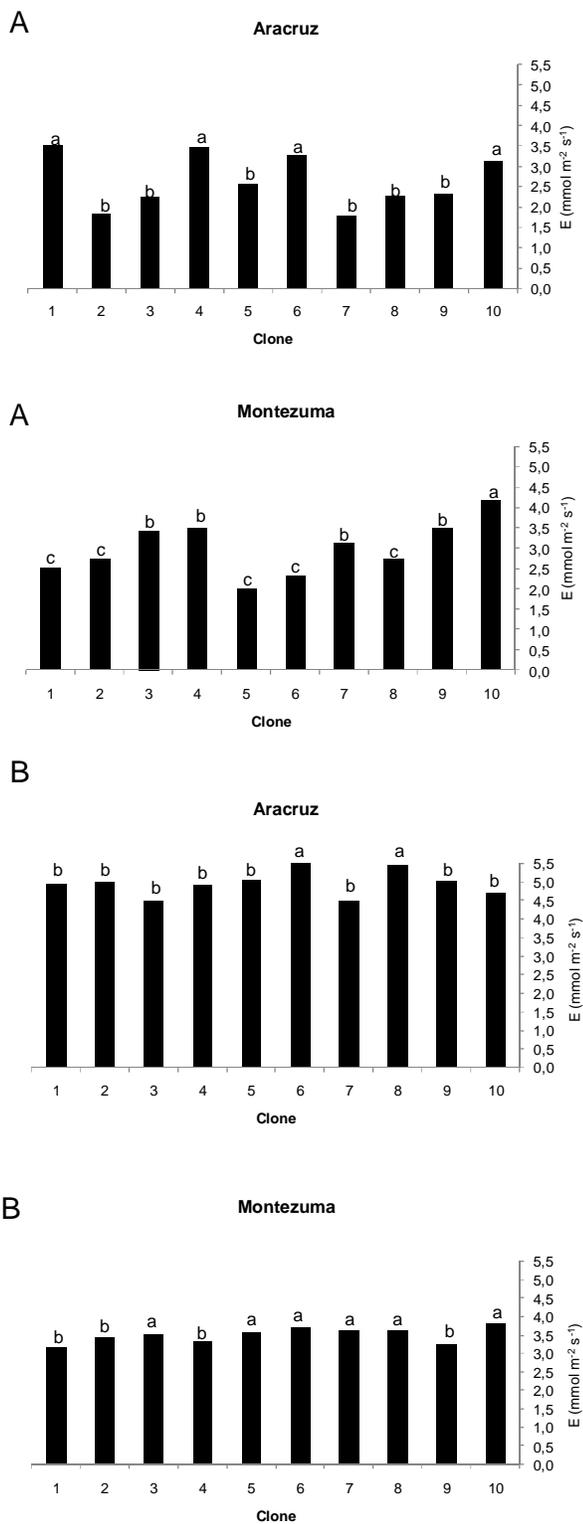


Figura 9 – Transpiração (E) de dez clones de eucalipto, média diária de cada clone, crescendo em duas áreas experimentais, uma em Aracruz e outra em Montezuma, em dois períodos, período 1 (A) e período 2 (B).

10. Observa-se que no período de maior disponibilidade de água no solo os clones estão transpirando mais. A taxa de transpiração pode variar entre espécies e dentre espécies, dependendo principalmente da área foliar, ou seja, da superfície evaporativa (MARENCO; LOPES 2007). No fim do experimento o clone que obteve maior área foliar foi o 5.

Segundo Vellini et al. (2008), analisando 18 clones de eucalipto, sob diferentes regimes de irrigação, verificou que sob condições não limitantes de água, os estômatos se mantiveram abertos, portanto as plantas transpiraram livremente e assimilaram mais carbono resultando em maior crescimento e acúmulo de biomassa.

Para a eficiência do uso da água, os clones não diferiram na área experimental de Aracruz no período 1, já em Montezuma formaram-se três grupos, sendo que os clones mais eficientes foram os 2, 3, 4, 6 e 7, com valor médio de 5,76 mmol CO₂ mol H₂O, e o clone que se encaixou no grupo de menor eficiência foi o clone 10 (Figura 10).

Isso ajuda a explicar os baixos valores de biomassa seca total para o clone 10, este clone mostrou não apresentar um bom controle estomático, pois permanece com os estômatos abertos mesmo passando por um período de estresse hídrico, obtendo uma alta transpiração. Além dos valores de fotossíntese líquida ser baixos, ou seja, os estômatos estão abertos a planta transpira muito, mas não assimila muito CO₂.

No período 2, em ambas as áreas os clones apresentaram diferença significativa, formando dois grupos. Em Aracruz o grupo de maior eficiência contém os clones 5 e 10, mostrando que o clone 10 é eficiente em ambientes com boa disponibilidade hídrica. Em Montezuma os clones que se sobressaíram foram os 1 e 4, são clones que apresentaram altas taxas de fotossíntese líquida e podem ser indicados para ambientes de baixa disponibilidade hídrica, já que apresentaram controle estomático no período 1 e uma reduzida eliminação de água na forma de vapor.

Segundo Lindroth e Cienciala (1995), a eficiência de uso da água é inversamente proporcional ao déficit de pressão de vapor d'água, e de grande importância pois permite avaliar os efeitos do manejo da água, do solo e da planta sobre o consumo de água e produção da cultura.

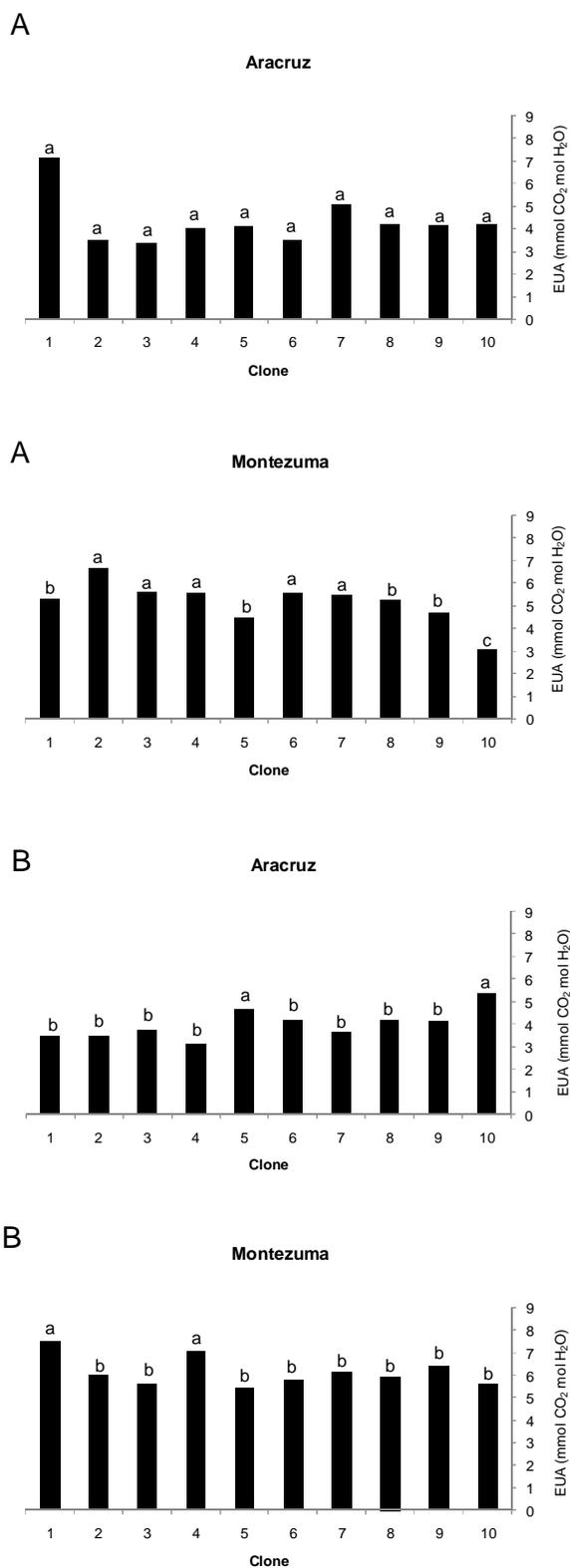


Figura 10 – Eficiência do uso da água (EUA) de dez clones de eucalipto, média diária de cada clone, crescendo em duas áreas experimentais, uma em Aracruz e outra em Montezuma, em dois períodos, período 1 (A) e período 2 (B).

De acordo com estudo realizado por Lima; Jarvis e Rhizopoulou (2003), cinco clones de eucaliptos foram submetidos a acréscimo de CO₂, e à interação deste com estresse hídrico resultou numa redução da condutância estomática, da fotossíntese e das taxas de transpiração em todas as espécies. Apesar dos efeitos positivos do aumento do CO₂ sobre a fotossíntese e a eficiência do uso da água, que se mantiveram por um período comparativamente mais longo

De acordo com a Figura 11, é possível visualizar que tanto nos clones em Aracruz quanto em Montezuma os valores de potencial hídrico foliar foram mais negativos no período 1 do que no período 2. Na primeira campanha foram formados dois grupos em Aracruz, e o que apresentou menores valores de potencial ao longo do dia foram os clones 1, 4, 5, 7 e 8, isto significa que possuem menores teores de água em suas folhas, por sua vez, sendo os clones menos hidratados.

O potencial hídrico foliar reflete as condições da dinâmica do processo do transporte no sistema solo-água-planta-atmosfera, constituindo o principal componente responsável pelo fluxo de água na planta. Pereira et al. (2006) evidenciaram que clones de eucalipto crescendo em ambientes com potencial de água no solo maior apresentam maiores potenciais hídricos na folha.

Já em Montezuma neste mesmo período, formaram-se três grupos, o que apresentou os menores valores foi representado pelos clones 1, 3, 5, 6, 7 e 8, e o clone que atingiu maior hidratação foi o 10 que também obteve os maiores valores em transpiração. Em Montezuma, no horário de meio-dia, os clones que obtiveram os valores mais negativos foram o 7 (-20,01 bar) e o clone 8 (-20,83 bar).

No período 2 ou segunda campanha, os clones que apresentaram resultados menos satisfatórios, ou seja, menor hidratação foliar em Aracruz foram os 1, 2, 3 e 9, e em Montezuma os materiais genéticos que obtiveram resultados mais satisfatórios para potencial hídrico foliar foram os 3 e 7, ambos que apresentaram baixa hidratação no período 1.

Em estudo realizado no município de São Mateus – ES, com dois clones produzidos pela Aracruz Celulose verificou que na época chuvosa os clones apresentaram maiores valores de fotossíntese, condutância estomática, transpiração e potencial

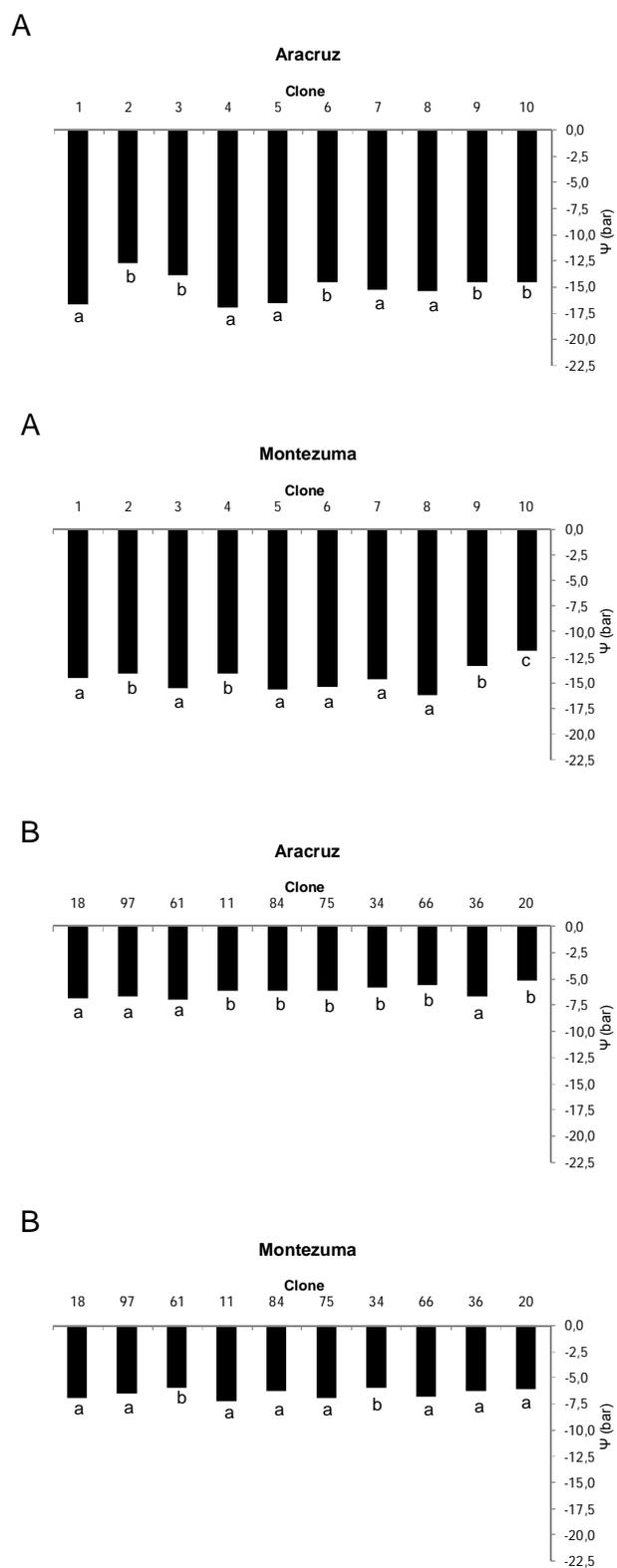


Figura 11 – Potencial hídrico foliar (Ψ) de dez clones de eucalipto, média diária de cada clone, crescendo em duas áreas experimentais, uma em Aracruz e outra em Montezuma, em dois períodos, período 1 (A) e período 2 (B).

hídrico foliar, em comparação com o período seco, em virtude do excedente hídrico encontrado no solo (Tatagiba et. al.; 2007).

3.3. Análise comparativa entre os dois períodos na área experimental de Aracruz e Montezuma

Foram selecionados os dados de trocas gasosas as 8:00 horas e de potencial hídrico foliar antemanhã as 4:00 horas, para uma comparação de cada período avaliado, nas áreas experimentais de Aracruz e Montezuma. Desta forma foi possível fazer uma comparação do comportamento de cada clone com as variações sazonais. Todos os dados foram submetidos ao teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. A partir deste teste as variáveis que apresentam diferenças significativas foram fotossíntese líquida tanto no período 1 quanto no período 2, condutância estomática no período 1 e transpiração no período 2.

Na Figura 12 estão apresentados os dados de fotossíntese líquida, condutância estomática e transpiração. Pode-se observar que no período 1 os clones fotossintetizaram mais em Montezuma, tendo destaque o clone 7. Por Montezuma apresentar um período de seca maior e uma maior deficiência hídrica durante o período experimental, esperava-se que a taxa fotossintética fosse menor. Através dos dados de umidade do solo constatou-se que Montezuma continha no dia da avaliação mais água no solo do que Aracruz. Stape; Gonçalves e Gonçalves (2001) constataram efeitos positivos na sobrevivência em condições adversas de campo com mudas de eucalipto fisiologicamente diferentes.

Todos os clones fotossintetizaram mais no período 2 em consequência de uma maior disponibilidade hídrica para tal, evidenciando o efeito negativo do estresse hídrico sobre cada característica fisiológica de cada clone de eucalipto estudado. No período 2 formaram-se quatro grupos, os clones 5, 6, 8 e 9 encontram-se no grupo de maior taxa fotossintética e todos na área experimental de Aracruz.

Segundo Lawlor (2002) um baixo conteúdo relativo de água na folha provoca uma diminuição progressiva do potencial fotossintético. Essa diminuição provavelmente

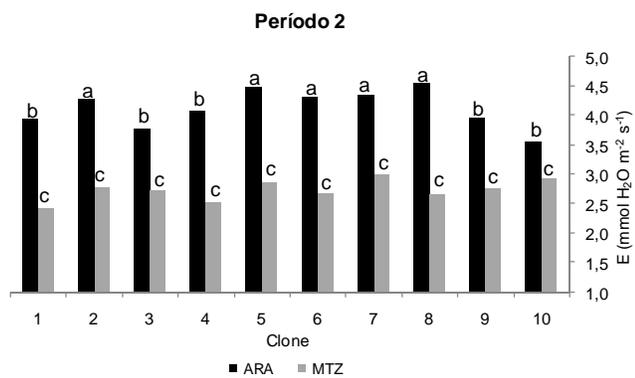
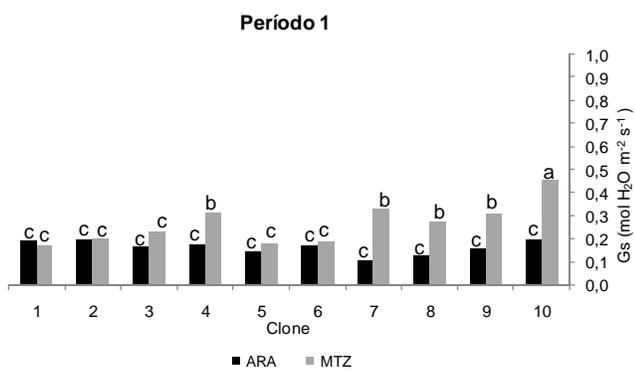
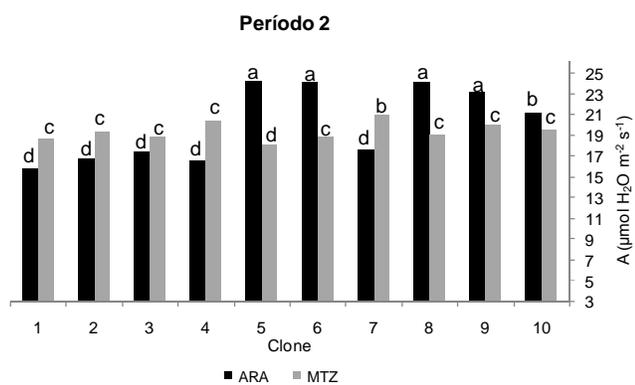
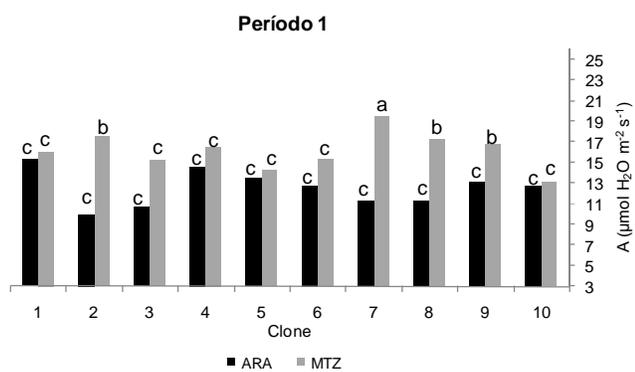


Figura 12 – Fotossíntese líquida (A) no período 1 e 2, condutância estomática (Gs) no período 1 e transpiração (E) no período 2, realizado às 8:00 horas em dez clones de eucalipto crescendo nas áreas experimentais de Aracruz (ARA) e Montezuma (MTZ).

ocorre devido a limitação da síntese da Rubisco a baixos conteúdos de água na folha.

Avaliando os dados de condutância estomática, verifica-se que formaram três grupos, sendo que o grupo de maior condutância é representado pelo clones 10 Montezuma. Em Aracruz os clones obtiveram menores valores de condutância, ou seja, durante o período de seca em geral os clones mostraram um sistema de regulação da condutância estomática, pois mantiveram os estômatos fechados por mais tempo evitando a morte por desidratação.

Para a variável transpiração, é possível verificar que os clones transpiraram mais em Aracruz do que em Montezuma no período 2, pelos estômatos permanecerem abertos por mais tempos, já que no período 2 as plantas dispunham de mais água no solo. Os clones 2, 5, 6, 7 e 8 foram os que obtiveram os maiores valores de transpiração.

4. CONCLUSÕES

Todas as variáveis fisiológicas analisadas representaram valores mais satisfatórios no período 2. Os clones em Montezuma no período 1 revelaram maior taxa fotossintética e maior potencial hídrico foliar. Em função de Montezuma apresentar um período de seca maior e uma maior deficiência hídrica durante o período experimental, esperava-se que a taxa fotossintética fosse menor. Porém nos dias de avaliação da primeira campanha, foi constatado que em Montezuma havia mais água no solo quando comparado a Aracruz, pois a umidade do solo em Aracruz era de 9,67 % e em Montezuma correspondeu a 12%.

No período 2, os clones em Aracruz apresentaram maior taxa fotossintética, maior transpiração e maior potencial hídrico foliar, apesar de uma menor umidade de água no solo, 13,09 % em Aracruz e 16,88 % em Montezuma. Estes resultados foram observados provavelmente porque entre a primeira campanha e a segunda, havia um déficit hídrico em Aracruz duas vezes menor em relação a Montezuma.

Os clones 1 e 4 de modo geral obtiveram valores satisfatórios em ambas as áreas no período 1, mesmo crescendo sob deficiência hídrica, são clones competitivos e que provavelmente possuem uma estratégia de sobrevivência independente do local onde estejam se desenvolvendo.

Em relação aos dados do período 2, em Aracruz os clones 6 e 8 não apresentaram diferença estatística entre si, formando o grupo que atingiu maior assimilação do CO₂. Esses dois genótipos mostraram ter boa recuperação pelas altas taxas fotossintéticas, mas de acordo com os dados de crescimento os clones que obtiveram maior altura, DAP e biomassa de caule foram os clones 3 e 4. Na área experimental de Montezuma os clones 1 e 4 continuaram se sobressaindo, porém no final do experimento os materiais que obtiveram maior altura, DAP e biomassa da parte aérea foram os clones 3 e 7. Esses resultados enfatizam que os dias de medição não representaram claramente o que realmente ocorreu ao longo de todo o período experimental.

O clone 10 não apresentou um bom controle estomático, já que num período de seca ele mantém os estômatos abertos e apresenta alta taxa transpiratória. Desta forma este clone obteve os menores valores nas variáveis de biomassa da parte aérea, provavelmente porque gastava mais fotoassimilados do que armazenava e investia em crescimento.

5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A. C.; et al. Growth and water balance of *Eucalyptus grandis* hybrid plantations in Brazil during a rotation for pulp production. **Forest Ecology and Management**. v. 251, p. 10–21, 2007.

ANGELOCCI, L. R. **Água na planta e trocas gasosas/energéticas com a atmosfera: introdução ao tratamento biofísico**. Piracicaba: Edição do autor, 2002. p. 1-53.

CARNEIRO, R. L. C., et al. Consumo de água em plantios de eucalipto: parte 1 determinação da condutância estomática em tratamentos irrigado e não-irrigado. **Revista Árvore**, Viçosa, v.32, n.1, p.1-10, 2008.

CHAVES, J.H. **Crescimento, fotossíntese e relações hídricas de clones de eucalipto sob diferentes regimes hídricos**. Viçosa: UFV, 2001. 106 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. Centro Nacional de pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro. 1997. 212p.

FALEIRO, F. G. et al. Comparação do blocos casualizados e testemunhas intercalares na estimação de variáveis genéticas em feijoeiro. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 37, n. 12, p. 1675-1680, 2002.

KOSLOWSKI, T. T. Acclimation and Adaptive Responses of Woody Plants to Environmental Stresses. **The Botanical Review**, v. 68, n. 2, p. 270-334, 2002.

LANDSBERG, J.J. **Physiological ecology of forest production**. London: Academic Press, p. 198. 1986

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. 3 ed. São Carlos: Rima, 2006.

LAWLOR, D. W. Limitation to photosynthesis in water-stressed leaves: Stomata vs. metabolism and the role of ATP. **Annals of botany**. v. 89, p. 871-885, 2002.

LIBERATO, M. A. R.; et al. Leaf water potential, gas exchange and chlorophyll a fluorescence in acariquara seedlings (*Minquartia guianensis* Aubl.) under water stress and recovery. **Braz. J. Plant Physiol.**, V.18, n. 2, p.315-323, 2006.

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

LINDROTH, A.; CIENCIALA E. Measuring water use efficiency of eucalypt trees with chambers and micrometeorological techniques – comment, a short communication. **Journal of Hydrology**, v. 164, p. 281-283, 1995.

MARENCO, R. A. e LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa: UFV, 2007. p. 47-247.

MARRICHI, A. H. C. **Caracterização da capacidade fotossintética e da condutância estomática em sete clones comerciais de *Eucalyptus* e seus padrões de resposta ao déficit de pressão de vapor**. 2009. 104 f. Dissertação. (Mestrado em Recursos Florestais) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Florestais, Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2009.

MIELKE, M.S. et al. Stomatal control of transpiration in the canopy of a clonal *Eucalyptus grandis* plantation. **Trees**. v. 13, p. 152-160, 1999.

MIELKE, M.S. **Regulação fisiológica e ambiental das trocas gasosas num plantio clonal de híbridos de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden**. 1997. 92 f. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: ed. Agropecuária, 2002. p. 247-267.

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.

PEZZOPANE, J. E. M. et al. Radiação luminosa e fotossíntese em quatro espécies lenhosas no interior de um fragmento de floresta secundária semidecidual. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 1, p. 48–57, 2003.

PINZÓN-TORRES, J. A.; SCHIAVINATO, M. A. Crescimento, eficiência fotossintética e eficiência do uso da água em quatro espécies de leguminosas arbóreas tropicais. **Hoehnea**, v.35, n.3, p.395-404, 2008.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. p. 720

RENNENBERG, H. et al. Physiological responses of forest trees to heat and drought. **Plant Biology**, Berlin, v. 8, p. 556-571, 2006.

SILVA, H. D.; FERREIRA, C. A.; CORRÊA, R. S.; BELLOTE, A. F. J.; TUSSOLINE, E. L. Alocação de biomassa e ajuste de equações para estimativa de biomassa em compartimentos aéreos de *Eucalyptus benthamii*. **Boletim de pesquisa florestal**. Colombo, n. 49, p. 83-95, 2004.

STAPE, J. L.; GONÇALVES, J. L. de M.; GONÇALVES, A. N. Relationships between nursery practices and field performance for *Eucalyptus* plantations in Brazil. **New Forests**, Netherlands, n. 22, p. 19-41, 2001.

STRECK, N. A. Stomatal response to water vapor pressure deficit: an unsolved issue - a review. **Revista Brasileira de Agrociência**, Brasília, v. 9, n. 4, p. 317-322, 2003.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Piracicaba: Ed. Artmed, 3º ed., 2004.

TATAGIBA, S. D. **Crescimento inicial, trocas gasosas e status hídrico de clones de eucalipto sob diferentes regimes de irrigação.** 2007. 128 f. Dissertação. (Mestrado em Produção Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2007.

TATAGIBA, S. D.; PEZZOPANE, J. E. M.; REIS, E. F. dos. Relações hídricas e trocas gasosas na seleção precoce de clones de eucalipto para ambientes com diferenciada disponibilidade de água no solo. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 2, p. 10-16. 2008.

TATAGIBA, S.D.; PEZZOPANE, J.E.M.; REIS, E.F.; DARDENGO, M.C.J.D.; EFFGEN, T.A.M. Comportamento fisiológico de dois clones de *Eucalyptus* na época seca e chuvosa. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 2, p. 149-159, 2007.

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

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)