



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIA DA  
BIOMASSA

ANALICE FERREIRA DA SILVA

**TOLERÂNCIA DE MUDAS CLONAIAS DE EUCALIPTOA DIFERNTES  
CONDIÇÕES HÍDRICAS**

RIO LARGO  
2016

ANALICE FERREIRA DA SILVA

**TOLERÂNCIA DE MUDAS CLONAIS DE EUCALIPTOS A DIFERENTES  
CONDIÇÕES HÍDRICAS**

Dissertação de Mestrado apresentado a Programa de Pós-Graduação em Energia da Biomassa da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Energia da biomassa.

Orientador: Prof. Hugo Henrique Costa do Nascimento.

RIO LARGO

2016

**Folha de Aprovação**

ANALICE FERREIRA DA SILVA

**TOLERÂNCIA DE MUDAS CLONAIS DE EUCALIPTO A DIFERENTES  
CONDIÇÕES HÍDRICAS**

Dissertação submetida ao corpo docente do Programa de Pós-graduação em Energia da Biomassa da Universidade Federal de Alagoas e aprovada em 13 de Setembro de 2016.

---

Prof. Dr. Hugo Henrique Costa do Nascimento, UFAL (Orientador)

**Banca Examinadora:**

---

Prof. Dr. Ricardo de Araújo Ferreira Júnior, CECA/ UFAL (Membro Titular).

---

Prof. Dr. Renan Cantalicede Souza, CECA/UFAL (Membro Titular).

---

Prof. Dr. Gabriel Paes Marangon, CECA/UFAL (Membro Titular)

*A Deus, pela presença constante e proteção diária na minha vida. À minha filha Maria Clara, por ter suportado a minha ausência e compreender a importância dessa etapa em nossas vidas.*

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Alagoas (UFAL) e à Unidade Acadêmica Centro de Ciências Agrárias (CECA) pela oportunidade da realização do Curso de Mestrado em Energia da Biomassa.

Ao meu namorado, Prof. Dr José Gomes Chaves, pelos ensinamentos e exemplo de dedicação.

A minha irmã, Maria Betânia Ferreira da Silva, pelo apoio e oração.

Ao Prof. Dr. Gaus Silvestre de Andrade Lima e à Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Roberta Vilhena Vieira Lopes, pelo apoio nos momentos difíceis deste curso.

Aos meus amigos Augusto César Lúcio, Silvana Pereira e Kennedy Luiz pelos momentos bons e ruins que compartilhamos e pelas lutas que travamos ao longo do curso.

À minha querida amiga, Maria José Cardoso, pelas orações, incentivo e ensinamentos.

A todos do meu trabalho pela compreensão da minha ausência sempre que necessário em especial na pessoa do Antônio, meu amigo especial que a vida me presenteou.

A todos os amigos mestrandos, os quais me proporcionaram conviver e conhecer um pouco de cada um.

Aos acadêmicos da Engenharia Florestal pela contribuição fundamental na execução e finalização do meu projeto de pesquisas, em especial os acadêmicos: Mateus Cruz, Leticia Pereira, Antoniel Almeida e Matheus Ayres.

A todos os funcionários do Laboratório de Fisiologia Vegetal, principalmente na pessoa da Isabella Cardoso, técnica do laboratório, pela contribuição e ensinamento sempre que necessário.

Ao mestrando Tássio Duda Costa, pelo importante ajuda na execução do projeto.

Ao engenheiro florestal Marcos Rezende, pela importante contribuição que enriqueceu este trabalho.

Ao Senhor Adonias pelo apoio de sempre.

A todas as pessoas que contribuíram de forma direta e indireta para o desenvolvimento deste trabalho.

E de maneira especial ao meu orientador, Prof. Dr. Hugo Henrique Costa do Nascimento, pela dedicação ímpar na elaboração e execução deste projeto.

Sou muito grata a todos vocês obrigada!

*Se não puder voar, Corra. Se não puder correr, ande. Se não andar, rasteje, mas continue em frente de qualquer jeito.*

*Martin Luther King*

## **RESUMO**

O aumento da demanda energética impulsionou o Brasil a buscar novas fontes de energia, para suprir a crescente demanda do país. E a utilização de florestas plantadas para fins energéticos tem se destacado como uma alternativa promissora, por ser uma fonte geradora de energia limpa e renovável. As florestas de eucalipto têm sido evidenciadas como a mais plantada no mundo, por ser a mais produtiva. No entanto, em razão da necessidade do aumento da produtividade está pesquisa foi realizada objetivando avaliar os efeitos das diferentes condições hídricas no crescimento e na fisiologia das mudas clonais de eucalipto, tendo como foco a produção de biomassa para geração de energia. Esta pesquisa foi desenvolvida em casa de vegetação, no Laboratório de Fisiologia Vegetal e no setor de mudas florestais, no Centro de Ciências Agrárias (CECA), pertencente à Universidade Federal de Alagoas (UFAL), entre os meses de julho à novembro de 2015, com período experimental de 120 dias. Foram utilizadas mudas clonais de eucalipto. As mudas passaram por um processo de transplântio, as quais foram cultivadas por um período de 60 dias para aclimatização. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), os tratamentos foram arranjados no sistema fatorial 3x2 constituído de três mudas clonais (144, 1407 e vc 865) e duas condições hídricas 75% da capacidade de campo e 100% da capacidade de campo, com cinco repetições. Para acompanhar o crescimento foram mensuradas semanalmente as variáveis (altura, número de folhas e

diâmetro do caule da mudas clonais). Ao final do experimento avaliou a produção e alocação da matéria seca das partes aéreas e raízes e a relação raiz/parte aérea. Também no final do experimento foi avaliado a emissão de fluorescência da clorofila a, ao meio-dia ( $F_v/F_m$  e Yield) e o teor de clorofila na terceira folha completamente desenvolvida, utilizando-se o Fluorômetro portátil de luz modulada e SPAD e pelo método bioquímico. Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o software Assistat, as médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Pode-se observar que na condição hídrica 100% da capacidade de campo ocorreram diferenças significativas para todas as variáveis de crescimento, e para produção e a locação de biomassa, houve também redução da eficiência quântica do fotossistema II, intensidade verde (Spad) e clorofila a, clorofila b, clorofila total e carotenoide. Evidenciou que a condição hídrica 75% da capacidade de campo as mudas clonais desenvolveram-se melhor. Os dados indicam que o clone i144 foi que teve menor tolerância à condição hídrica 100% da capacidade de campo, os clones 1407 e vc 865 foram os que tiveram maior tolerância à condição hídrica 100% da capacidade de campo.

**Palavras-Chave: Eucalyptus. Biomassa. Produção de energia.**

## ABSTRACT

The increase in energy demand boosted Brazil to seek new sources of energy to meet the growing demand of the country. And the use of planted forests for energy purposes has stood out as a promising alternative, for being a source of generating clean, renewable energy. Eucalyptus forests have been highlighted as the most planted in the world, for being the most productive. However, due to the need for increased productivity's survey was conducted in order to assess the effects of different water conditions on the growth and physiology of eucalyptus clonal seedlings, focusing on the production of biomass for energy generation. This research was developed in the greenhouse, in the laboratory of plant physiology and forest seedlings, in the center of Agrarian Sciences (ECSC) in the Universidade Federal de Alagoas (UFAL), between the months of July to November 2015, with 120-day trial period. Eucalyptus clonal seedlings were used. The seedlings have undergone a process of transplanting, which were cultivated for a period of 60 days for acclimatization. The experimental design was completely randomized design (DIC), the treatments were arranged in factorial 3 x 2 system consisting of three clonal seedlings (144, 1407 and u 865) and two water conditions 75% of field capacity and 100% of field capacity, with five repetitions. To accompany the growth were measured weekly variables (height, number of leaves and stem diameter of clonal seedlings). At the end of the experiment evaluated the production and dry matter allocation of parts areas and roots and root/shoot ratio. Also at the end of the experiment was evaluated the issue of



chlorophyll a fluorescence, at noon (Fv/Fm and Yield) and the chlorophyll content in third leaf fully developed, using the portable light modulated Fluorômetro ... and SPAD and by biochemical method. The data were subjected to analysis of variance using the software Assistat, averages were compared with each other by Tukey test at 5% probability. It can be observed that the water condition 100% of field capacity occurred significant differences for all variables, growth and production and rental of biomass, there was also a reduction of the quantum efficiency of photosystem II, green intensity of leaves (Spad) readings and chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll and carotenoid. Showed that the water condition 75% of field capacity clonal seedlings developed better. The data indicates that the clone was i144 which had less tolerance for water condition 100% of field capacity, the clones and 1407 865 were those who had a higher tolerance for water condition 100% of field capacity.

**Keywords: Eucalyptus, Biomass, Energy Production.**

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1** - Processo de Determinação da Capacidade de Campo do Substrato utilizado no experimento, Cedidopelo (PMGCA) Programa de Melhoramento Genético de Cana-de-Açúcar. Enchimento dos vasos de polietileno com substrato (A), determinação do Peso do Substrato Seco (B - PSU), saturação do substrato (C) e determinação do Peso do Substrato Úmido (D - PSU).....25

**Figura 2** - Preparação para obtenção de matéria seca (partes aéreas e radiculares) das mudas de clones i144, 1407 e vc 865, submetidos a diferentes condições hídricas (75% e 100% da Capacidade de Campo), em dois períodos de avaliações 30 e 60 dias. Processo de lavagem da parte radicular (A), Lavagem da raiz (B), Mensuração em altura (C), Medição diâmetro do caule (D) e Separação da parte aérea e radicular (E).....27

**Figura 4** - Preparação das amostras das mudas clonais de eucalipto, submetidas a diferentes condições hídricas, em dois períodos de avaliações 30 e 60 dias, realização das leituras a partir da espectrofotometria. Pesagem da amostra (A), processo de picotagem da amostra (B), tubos

rosqueáveis envolvidos por papel alumínio (C), acetona e água destiladas substâncias utilizadas para extração da clorofila (D), com auxílio da pipeta colocação da substância na cubeta de vidro (E), processo de colocação da substancia cubeta de vidro (F) e espectrofotômetro equipamento utilizado para a leitura de absorbância (G).....28

**Figura 5** - Altura, diâmetro do caule e de número de folhas de mudas clonais de eucalipto (i144, 1407 e vc 865) submetidos a diferentes condições hídricas (75% e 100% da Capacidade de Campo). Letras maiúsculas comparam os clones dentro de cada tratamento hídrico e letras minúsculas comparam os tratamentos hídricos nos dois períodos de avaliações.....31

**Figura 6** -Produção da Biomassa Seca das Folhas (BSF-A), dos Caules (BSC-B), das Raízes (BSR-C) e Matéria Seca Total (BST-D), de mudas clonais de eucalipto (i144, 1407 e vc 865), submetidos a diferentes condições hídricas (75% e 100% da capacidade de campo) Letras maiúsculas comparam os clones dentro de cada tratamento hídrico e letras minúsculas comparam os tratamentos hídricos nos dois períodos de avaliações.....33

**Figura 7** -Alocação de Biomassa das folhas, caules e raízes de mudas clonais de eucalipto (i144, 1407 e vc 865) submetidos diferentes condições hídricas (75% e 100% da capacidade de campo). Letras maiúsculas comparam os clones dentro de cada tratamento hídrico e letras minúsculas comparam os tratamentos hídricos nos dois períodos de avaliações.....34

**Figura 8** - Relação Raiz/Parte Aéreas de mudas clonais de eucalipto (i144, 1407 e vc 865) sob diferentes condições Hídricas (75% e 100% da capacidade de campo) Letras maiúsculas comparam os clones dentro de cada tratamento hídrico e letras minúsculas comparam os tratamentos hídricos nos dois períodos de avaliações.....34

**Figura 9** - Avaliações da Eficiência Quântica Efetiva do Potencial do Fotossistema II  $F_v/F_m$ , (A)  $ETR_{max}$  (C),  $F_v/F_m \times ETR$  (D) e Leitura Intensidade Verde (SPAD) (B) das mudas clonais de eucalipto (i144, 1407 e vc 865) submetidas a diferentes condições hídricas (75% e 100% da capacidade de Campo). Letras maiúsculas comparam os clones dentro de cada tratamento hídrico e letras minúsculas comparam os tratamentos hídricos nos dois períodos de avaliações.....37

**Figura 10** -Avaliações dos Pigmentos Fotossintéticos clorofila a, clorofila b, carotenoide e clorofila t, das mudas clonais de eucalipto (i114, 1407 e vc865) submetidas a diferentes

condições hídricas (75% e 100% da capacidade de campo). Letras maiúsculas comparam os clones dentro de cada tratamento hídrico e letras minúsculas comparam os tratamentos hídricos nos dois períodos de avaliações.....39

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1** - Análise química do substrato, cedido pelo PMGCA(Programa de Melhoramento Genético da Cana- de açúcar), utilizado no Experimento em casa de vegetação.....24

**Tabela2** - Avaliação do crescimento das mudas clonais i144, 1407 e vc 865 em diferentes condições hídricas (75%e 100 % da capacidade de campo), da variável altura (cm), diâmetro do caule (mm), produção de folhas, (MSF) Matéria seca das folhas, (MSC) Matéria Seca do Caule, (MSR) Matéria Seca da Raiz, (MST) Matéria Seca Total, Alocação da Biomassa das Folhas (ABF), do Caule (ABC), A da Raiz (ABR) e Ralação Raiz/parte aérea.....42

**Tabela 3** - Avaliação Fisiológica das Variáveis, Intensidade Verde das folhas a partir do índice SPAD, Pigmentos Fotossintéticos Clorofila a, b, Total (T) e Carotenoide, Eficiência Quântica do Fotosistema II, Fv/Fm, ETRmax (Taxa Relativa de Transferência de Elétrons), Fv/Fm x ETR., das mudas clonais de eucalipto (i144, 1407 e vc 865) em duas condições hídricas 75% e 100% da capacidade de Campo, em dois períodos de avaliações 30 e 60 dias.....42

## SUMÁRIO

<b>1</b> ....INTRODUÇÃO.....	<b>13</b>
<b>2</b> .....REVISÃO DE LITERATURA.....	<b>14</b>
<b>2.2</b> ... Aspectos botânicos e econômicos da cultura do eucalipto .....	<b>14</b>
<b>2.3</b> ...Clones de eucalipto.....	<b>19</b>
<b>2.4</b> . Ecofisiologia do crescimento florestal.....	<b>21</b>
<b>4</b> .....MATERIAL E MÉTODOS .....	<b>24</b>
<b>4.1</b> ....Localização do Experimento.....	<b>24</b>
<b>4.2</b> .....Delineamento Estatístico.....	<b>24</b>
<b>4.3</b> Caracterização do substrato utilizado.....	<b>24</b>
<b>4.4</b> Determinação da Capacidade de Campo .....	<b>24</b>

<b>4.5.... Clones utilizados, aquisição das mudas e transplântio.....</b>	<b>26</b>
<b>4.6 Avaliações de Crescimento.....</b>	<b>26</b>
<b>4.7 Avaliações Fisiológicas .....</b>	<b>27</b>
4.7.1 Avaliações dos pigmentos fotossintéticos pelo índice SPAD e método bioquímico.....	27
4.7.2 Avaliação da fluorescência da clorofila.....	29
<b>4.8 ... Análise Estatísticas .....</b>	<b>29</b>
<b>5 RESULTADO E DISCUSSÕES.....</b>	<b>30</b>
<b>5.1 Avaliações das Variáveis de Crescimento.....</b>	<b>30</b>
5.1.1 Altura, número de folhas e diâmetro do caule das mudas clonais.....	31
5.1.2 Produção de Matéria Seca das Mudas Clonais.....	32
5.1.3...Alocação de Biomassa e Relação Raiz/Parte Aérea.....	33
<b>5.2 Avaliações Fisiológicas.....</b>	<b>36</b>
5.2.1...Eficiência Quântica do fotossistema II.....	36
5.2.2 ..Pigmentos Fotossintetizantes Clorofila a,b, total e carotenoide.....	38
<b>6.....CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>43</b>
<b>.REFERÊNCIAS.....</b>	<b>44</b>



## 1 INTRODUÇÃO

O aumento da demanda energética da sociedade foi motivado por alguns fatores que contribuíram diretamente para essa crescente demanda, dentre eles citam-se, crescimento populacional, a melhoria da qualidade de vida, a expansão econômica, as mudanças climáticas, de maneira que impulsionou os países a desenvolver novas tecnologias e buscarem fontes alternativas de energias que fossem capazes de suprir a demanda energética do país. Onde o plantio florestal com fins energéticos foi evidenciado como uma importante fonte de matéria prima para a geração de energia limpa, renovável, além da acessibilidade do seu preço para a população. Pois, sabe-se que atualmente o petróleo é a principal fonte de energia dos países, e oriundo de fontes não renovável, causadora da degradação ambiental, além de ser uma matriz energética cara e insegura, em razão de ser concentrada em poucos países sua produção.

De maneira que a procura por fontes alternativa de energia se tornou uma inclinação dos países, incentivados pela preocupação da preservação ambiental, escassez dos recursos naturais, além das questões econômicas. E entre as fontes alternativas de energia a biomassa florestal tem sido a mais utilizada, principalmente para atender a demanda energética. Resultando em aumento das plantações de florestas com finalidade para produção de energia, que impulsionou a busca por cultura mais produtiva, com alta produtividade em menor intervalo de tempo e em menor custo, onde se destacou o gênero *Eucalyptus* como mais plantado no Brasil, devido a vários fatores, como: crescimento acelerado, ciclo curto para corte, multiplicidade de uso, excelentes forma do fuste, que o caracteriza com alto rendimento no processo de colheita, plasticidade ambiental e principalmente as características para fins energéticos dentre elas citam-se: alto poder calorífico e teor de lignina, menor umidade, maior densidade. Diante da necessidade de suprir a demanda energética do país, a partir da biomassa florestal, a qual é referenciada, por gerar energia limpa e renovável, faz-se necessário conhecer as respostas morfofisiológicas da referida cultura em diferentes condições hídricas, para que, reduza e/ou elimine as perdas da produtividade do eucalipto.

Nesses termos, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a tolerância das mudas clonais de eucalipto (i144, 1407 e vc865) e as suas respostas morfofisiológicas quando submetidos a diferentes condições hídricas, visando reduzir às perdas florestais, proporcionando uma maior produção de biomassa e conseqüentemente uma maior a geração de energia, renovável, limpa e segura.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

## **2.1 Biomassa florestal fonte renovável de energia**

Entre as alternativas renováveis de energias, em oposição ao combustível fóssil a biomassa tem manifestado um maior interesse. Em razão das suas características, que a defini como um recurso renovável oriunda de matéria orgânica de origem animal e vegetal, que pode ser usada como fonte de energia (SILVA *et al.*, 2004). Dentro da área energética, pode-se definir biomassa como todas as formas de plantas e também os derivados, que podem ser transformados em energia utilizável, tais como: a madeira, resíduos urbanos e florestais, óleo vegetal, grãos, talos. A qual também conceitua como energia verde ou bioenergia, que é a energia produzida a partir da biomassa florestal (GRAUER; KAWANO, 2008).

Segundo, Brito (2007) a primeira fonte energética utilizada pelo homem desde os primórdios da humanidade foi à madeira, principalmente na forma de lenha, usada para cocção dos alimentos e aquecimento. O autor também constatou que ao longo dos anos a madeira foi utilizada em diversos processos para geração de energia térmica, mecânica e elétrica.

Posterior à revolução industrial o mundo passou a utilizar a energia oriunda de combustível não renovável, dos quais se citam carvão mineral, gás natural e petróleo. Tendo como consequência uma grande demanda no consumo de combustível fóssil pela humanidade, no entanto, conforme vários especialistas, nos próximos cem anos estes combustíveis podem se esgotar (ORTIZ, 1996).

Em razão da previsão, somando-se com a crise do petróleo na década de 1970, os países se conscientizaram da necessidade de criar políticas que visassem um aproveitamento racional dos recursos energéticos, que teve como objetivo diminuir a dependência de fontes energéticas não renováveis, principalmente o petróleo (CORTEZ; LORA, 1997). Impulsionados pela necessidade da redução da utilização derivados de petróleo, e em consequência da dependência energética dos países importadores em relação aos exportadores de petróleo (CORTEZ *et al.*, 2008).

Segundo, Mueller (2005) e Assis (2012), a mitigação da emissão dos gases causadores do efeito estufa, foi resultado do aumento da utilização de fontes renováveis de energia, ocasionado pelas pressões ambientais, tanto nos países desenvolvidos como nos países em desenvolvimento. Como a biomassa em sua maioria é originária de florestas energéticas, as plantações preservam as florestas nativas, melhoram a qualidade dos recursos hídricos e promove a manutenção da fertilidade do solo, além de contribuir com o balanço neutro de emissões e fixação de gases poluentes, como o dióxido de carbono (BRAND, 2010; GARLIPP;



FOELKEL, 2009). Ainda sobre a utilização da biomassa florestal e a preservação ambiental, (Rocha, 2011) ressalta que as plantações florestais objetivando a produção de biomassa para geração de energia favorecem para uma prospectiva ambiental mais sustentável, devido ao aproveitamento total da madeira, e a volta dos resíduos para o solo.

De acordo com, Nascimento (2007) a biomassa florestal é uma eficiente fonte energética renovável e de baixo custo, cujo aproveitamento é quase total. Afirma, ainda, que além da lenha na forma comercial, os resíduos florestais nos últimos anos têm sido uma excelente fonte energética, contribuindo, inclusive, para redução de problemas ambientais.

Para a produção de energia as diferentes partes da árvore podem ser utilizadas, tais como: a madeira ou lenha, galhos, folhas, raízes, frutos e extrativos, os quais compõem a biomassa florestal, além dos resíduos como a casca, a serragem, refilhos, que podem ser utilizados na forma de briquetes e pellets (BRAND, 2010), podendo ser usadas como fontes energéticas a partir da queima direta, carvão vegetal, resíduos da exploração, óleos essenciais entre outros (SOARES *et al.*, 2006). Já para a obtenção de energia, tendo como base a biomassa florestal, são utilizados vários processos, os quais são classificados em combustão direta, pirólise, gaseificação, hidrólise entre outros (BRAND, 2010). Sabe-se que a maneira mais arcaica e até hoje muito utilizada é a combustão direta, a partir da qual mais de 97% de toda a energia produzida no mundo é gerada (DERMIBAS; BALAT, M; BALAT, H, 2009).

A energia obtida a partir da biomassa florestal classifica-se em energia primária, quando encontrada no seu estado natural, e em energia secundária, como carvão vegetal ou na eletricidade (VIDAL; HORA, 2011).

A utilização da biomassa como fonte energética no Brasil tem crescido continuamente, ocupando no ano de 2007 a segunda colocação na matriz energética, com participação de 31,1%, perdendo apenas para o petróleo e seus derivados. Entre as fontes de energia elétrica de origem interna biomassa encontra-se na mesma posição, com 3,7% da oferta. No entanto a energia gerada a partir de hidroelétricas foi responsável pela produção de 77,4 da oferta total, de maneira a superar a participação da biomassa como fonte energética (BEN, 2008); (BRASIL, 2009).

De acordo (BEN, 2008) as indústrias são os principais compradores de biomassa, em torno de 52% do consumo final, o transporte com 14%, e o residencial com 13% da energia consumida. No início dos anos 80, ocorreu um aumento do uso da biomassa para o setor industrial, em consequência da substituição do óleo combustível por carvão vegetal, o aumento da produção de álcool a partir do bagaço da cana-de-açúcar, evidenciando também o

crescimento da siderurgia a carvão vegetal. Em contrapartida houve uma menor utilização no setor residencial, devido à menor utilização da lenha para cocção de alimentos.

Segundo (ABRAF, 2013) energia elétrica gerada a partir da biomassa aproximadamente 15,8% é oriunda da biomassa florestal, onde 1,8% têm como base biogás, casca de arroz, o capim elefante e o óleo de palma.

Em razão dos avanços alcançados na tecnologia, conquistados tanto na área energética, tendo como base a biomassa florestal, quanto na silvicultura brasileira, que proporcionou aumento da produtividade, melhoramento genético, além da redução dos custos, a partir deste contexto é possível prognosticar o crescimento e desenvolvimento de florestas plantadas com fins a geração de energia elétrica (MULLER, 2005).

O grande potencial do eucalipto como produtor de madeira de qualidade, as condições ambientais favoráveis e o conhecimento silviculturais satisfatório, são fatores importantes para dar vantagem comparativa na produção de matéria- prima, provenientes de florestas renováveis (BARCELLOS, 2005).

## **2.2 Aspectos botânicos e econômicos da cultura do eucalipto**

Eucalipto (do grego, eu + καλύπτω = "bem coberto"), descrito em 1788 pelo botânico francês Charles Louis L'Héritier de Brutelle, designação vulgar das diversas espécies vegetais do gênero *Eucalyptus*, gênero apresenta mais de 600 espécies e um enorme número de variedade e híbridos naturais, pertencente à família Myrtaceae, subfamília Leptospermoideae, onde as espécies encontram-se distribuídas no continente australiano e ilhas da Oceania (ANDRADE, 1961).

No Brasil, em 1825 chegou os primeiros eucaliptos, como planta ornamental, no Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Em 1868, no Rio Grande do Sul o eucalipto passou a ser plantado, para ser utilizado para lenha e quebra-vento (SUZANO, 2011). Nos anos seguintes a eucaliptocultura expandiu no Brasil, impulsionado pelo programa de incentivo fiscal ao reflorestamento (PIFR), a partir de 1965, onde os plantios de eucalipto passaram de 500 mil hectares para mais de 3.500 milhões de hectares (LIMA, 1996; HASSE, 2006; VALVERDE, 2007).

O gênero *Eucalyptus* é nativo da Austrália e de ilhas adjacentes pertence divisão das Angiospermas, da classe Dicotiledônea, ordem Myrtales, família da Myrtaceae, com vasta disseminação no mundo e plasticidade genotípica. (SANTOS; AUER; GRIGOLRTTI JÚNIOR, 2001; FONSECA *et al.*, 2010).

Segundo, Oliveira (2001) o gênero *Eucalyptus* possui cerca de 720 espécies e subespécie. No entanto, Silva e Matos (2003) destacam que os plantios brasileiros são formados basicamente por quatro espécies e alguns híbridos, os quais correspondem por aproximadamente por 94% dos plantios, *Eucalyptus grandis* (55%), *E. saligna* (17%), *E. urophylla* (9%), *E. viminalis* (2%) e híbridos de *E. grandis* x *E. urophylla* (11%).

Com mais de três milhões de hectares plantados e manejados, o gênero *Eucalyptus* tem dominado o Brasil, destacando - se principalmente para obtenção dos produtos, tais como: polpas de celulose, papel, madeiras para ser usadas em serraria e como fonte para geração de energia (ABRAF, 2006; SANSÍGOLO, 2011; FERNANDES, 2012).

De acordo com, Neves *et al.* (2013) em razão da adaptação em diferentes climas e solos, como também da diversidade de uso, o gênero *Eucalyptus* por várias décadas tem sido o mais plantado no Brasil. O *Eucalyptus* é caracterizado por árvores com grande taxa de crescimento, com alta flexibilidade, caules retos e desrama natural, cujas madeiras apresentam grandes variações nas propriedades químicas.

No Brasil, reflorestamento com base floresta exótica era limitado às grandes empresas de reflorestamento. No entanto, recentemente tem surgido como uma atividade geradora de ganhos econômicos para o pequeno e médio produtor, ultrapassando em rentabilidade as tradicionais atividades agropecuárias, como exemplo: canavieira e a bovinocultura (BAENA, 2005).

De acordo com, Cordeiro *et al.*, (2010) constataram que é primordial a participação dos pequenos e médios produtores rurais na atividade florestal associada ao consumo das indústrias, sendo essa integração necessária ao desenvolvimento socioeconômico das comunidades regionais, impulsionado pelo desenvolvimento sustentável dos empreendimentos florestais e industriais. Onde os impactos regionais provocaram melhores condições socioeconômicas das regiões, impulsionada pelo crescimento do setor florestal, tendo como resultado progresso econômico nas regiões.

O crescimento das áreas plantadas por eucalipto no Brasil equilibrou a oferta e a demanda por matéria-prima, de maneira que a grande procura foi suprida para a produção de celulose, papel, madeira, para o uso na serraria, carvão vegetal utilizado como fonte de bioenergia e outros (LIMA, 1996; ALFENAS *et al.*, 2004).

Vale ressaltar que o eucalipto pode ser utilizado em diversos segmentos: dentre os quais se citam: madeira sólida, postes, energia, celulose, carvão vegetal, óleos essenciais,

farmacêuticos, mel, além de sombra em parques e jardins, tendo suas espécies plantadas em mais de 90 países (DOUGHTY, 2000).

O eucalipto possui um alto potencial para geração de energia, Couto e Muller (2008) corroboram que o gênero *Eucalyptus* tem-se destacado como o mais usado para a implantação de florestas com fins energéticos, em razão das propriedades energéticas de densidade da madeira, alto poder calorífico e, ainda, devido à versatilidade ambiental, que proporcionam os altos índices de produtividade.

Segundo, Frederico (2009) para geração de energia o gênero *eucalipytus* tem grande importância principalmente nos segmentos comercial, industrial e residencial. Na siderurgia brasileira, por exemplo, o carvão vegetal constitui uma ótima matéria-prima em razão do seu valor como combustível e termorreduzidor, baixo custo para sua produção, possui alto grau de pureza, além de ser produto renovável, correto ambientalmente proveniente de florestas plantadas.

No Brasil os plantios de eucalipto estão entre os mais produtivos do mundo, devido aos desenvolvimentos das melhores técnicas de manejo, ao melhoramento genético e também a excelente adaptabilidade ambiental, fatores que certificam as espécies os altos valores de crescimento. De acordo com, ABRAF (2013) foi derivada de biomassa 7% da energia elétrica gerada, onde o Brasil no ano de 2012 tinha 5.102.030 hectares de floresta plantadas.

Conforme, (Trevisan, 2010) além dos vários fatores que favoreceram o uso de florestas plantadas, a exigência mundial por madeira ambientalmente correta tem impulsionado a expansão dos mercados para este segmento. Que somando esses fatores com a globalização do mercado consumidor motivaram a crescente necessidade do aumento na produtividade, como também atender aos altos padrões de qualidade, impulsionou a exploração de árvores exóticas, como as do gênero *Eucalyptus*. O consumo de produtos florestais tem aumentado continuamente, em razão das exigências do mercado externo, da preocupação com a sustentabilidade (FREITAG, 2007).

O Brasil possui uma das mais avançadas tecnologias do mundo utilizado em florestas plantadas, onde o eucalipto é seu principal componente. Com participação significativa no Produto Interno Bruto (PIB) nacional, proporcionando a geração de milhões de emprego direto e indireto, destacando a participação nos seguintes setores: celulose e papel, carvão vegetal a siderurgia, madeiras e moveis, tornando-se inegável participação do setor florestal na economia do Brasil (PINTO JÚNIOR; AHRENS, 2010).

Segundo, ABRAF (2013) o setor florestal obteve 56,3 milhões do valor bruto da produção (VBP), cuja arrecadação de tributo correspondeu 7,6 bilhões (onde 0,5 corresponderam à arrecadação nacional). Constatou que a balança comercial da indústria nacional de base florestal teve um saldo de USD 5,5 bilhões inferior (3,8%) o alcançado no ano de 2011, observou que balança comercial nacional expandiu sua participação no superávit passando de 19,1% para 28,1%.

O setor florestal brasileiro produziu cerca de três bilhões em imposto e também gera mais de dois milhões de empregos, seja de maneira direta e/ou indireta, resultado dos 4,8 milhões de hectares de *Eucalyptus* e *Pinus* ssp, porém é necessário aumentar a área, em razão da crescente demanda por estoques de madeira, além da ameaça da importação de madeira (GARLIPP, 2001).

Considerando que o crescimento dos plantios de eucaliptos provocou impactos positivos na economia brasileira, destacou-se que a eucaliptocultura contribuiu, significativamente, para a economia nacional, pois, além de fornecer matéria-prima para o Brasil, fornecia produtos para exportação, gerando impostos, empregos e renda. Além disso, com o plantio de florestas para atender a uma demanda por produtos de origens florestais, reduziu bastante a pressão sobre as florestas nativas remanescentes (LIMA, 1996, SANT'ANNA; FREITAS, 2004; ABRAF, 2012).

### **2.3 Clones de eucalipto**

A modificação do patrimônio genético das plantas constitui basicamente o melhoramento genético. Que objetiva obter variedades ou híbridos com os melhores rendimentos, com produtos de alta qualidade, adaptações a vários ambientes, além da resistência a doenças e pragas (SANTOS, 2005).

Em 1980 teve início o processo de clonagem no Brasil, porém a expansão ocorreu na década seguinte, sendo o híbrido *Eucalyptus grandis* vs. e *Eucalyptus urophylla* os principais responsáveis pelo avanço do ritmo de crescimento florestal, onde a constituição da base da clonagem silvicultural brasileira foi formada pelo *E. grandis* vs. *E. urophylla*. Cujas matrizes eram provenientes de outros continentes. Vários tipos de híbridos ou espécies são utilizados, onde as empresas conservam bancos genéticos com a finalidade de acionar novos genes quando solicitados (FOELKEL, 2007).

Ainda sobre a importância do processo de hibridação para a obtenção de florestas mais produtivas, Muro-Abad (2000) constatou a utilização do *urograndis* nos plantios de eucalipto, é resultante do cruzamento entre as espécies de *E. urophylla* e *E. grandis*, sendo o mais utilizado

nos programas de hibridações. Esse processo reuniu as melhores características das duas gerações, proporcionando plantios mais homogêneos e uniformes.

Conforme, Carvalho (2000) o cruzamento com as espécies *E.urophylla* e *E.grandis*, teve como finalidade a obtenção de plantas com ótimo crescimento, característica que determina o *E.grandi*. Já a espécie *E.urophylla* possui madeira com ótima densidade, alto rendimento e boas propriedades físicas para celulose.

O *Eucalyptusgrandis*, conhecido popularmente como eucalipto rosa, nativo do Norte de Novas Gales do Sul e da Costa Sul de Queensland, família Myrtacea, pertencentes às Angiospermas é caracterizado como uma árvore perenifólia, seu tronco é retilíneo, sua ramagem é longa e robusta, constituído por copa aberta ou alongada podendo alcançar de 20 a 40 metros de altura (LORENZI *et al.*, 1992).

O material genético do *Eucalyptusgrandis* possui alta potencialidade produtiva e também possui ótimas características madeireiras, podendo ser utilizado para diversos fins, tais como: papel e celulose, energia, construção civil dentre outras (BARREIROS *et al.*, 2007)

O *Eucalyptusurophylla* é destacada como uma das mais importantes entre as espécies utilizadas de híbridos, em razão do seu ótimo crescimento em aproximadamente 20 território nacional, além da sua flexibilidade operacional. A espécie tem ampla estabilidade genética em todas as áreas experimentais onde foi testada e resistência ao cranco, outros fatores importantes evidenciados na espécie (MOURA *et al.*, 1980; TONACO, 2002).

Segundo, Tonini *et al.*, (2006) a crescente demanda por produtos de origens florestais impulsionou as empresas madeireiras do Brasil a realizarem altos investimentos em melhoramentos genéticos e técnicas que proporcionassem florestas mais homogêneas, produtivas e matérias-primas de melhor qualidade.

O uso de novas tecnologias e o melhoramento genético tem proporcionado ao setor florestal brasileiro desenvolvimento considerável objetivando o aumento da produtividade, que tem alcançado uma produtividade que varia de 38 a 53 m<sup>3</sup> por ha/ ano (STAPE, 2008). O autor evidenciou que as condições favoráveis de solo e clima, além dos altos investimentos tecnológicos na silvicultura, proporcionaram a alta produtividade das florestas plantadas de eucalipto.

De acordo com, Silva (2008) as florestas brasileiras plantadas com eucalipto são formadas basicamente por florestas clonais, pois os materiais são caracterizados pelo alto índice de produtividade e resistentes a pragas e doenças.

Xavier; Silva (2009) ressaltaram que utilização de espécies clonais oportunizou um maior controle sobre a qualidade dos produtos, dispondo das melhores combinações genéticas,

como dos híbridos, proporcionando um aumento da produtividade silviculturas, na qualidade tecnológica da madeira, além de um maior controle de doenças.

## 2.4 Ecofisiologia do crescimento florestal

Existem na natureza vários fatores que contribuem para que ocorram variações consideráveis na produtividade das florestas. O estudo dos fatores ambientais e sua interação com a fisiologia das espécies é importante para compreender a ecofisiologia da produção florestal, de forma que se ressalta a importância de um estudo contínuo dessas interações e a utilização do material genético das espécies de eucalipto, que sejam capazes de se estabelecer e desenvolver em diferentes condições hídricas do solo, pois o conhecimento dessa relação é de grande importância para alcançar êxito de um povoamento florestal (TAGIBA, 2006).

Na produção vegetal a água constitui um fator essencial, pois a falta ou excesso afetam decisivamente o desenvolvimento do vegetal, sendo o solo o reservatório temporário de água, exercendo funções de disponibilizar e armazenar água para as plantas conforme suas necessidades (REICHARDT; TIMM, 2004).

Segundo, González e Alves (2005). O armazenamento ocorre nos espaços porosos, sendo esses altamente dinâmicos e variáveis no tempo e espaço, principalmente em região próxima à superfície do solo, que em presença de alto teor de água, é facilmente evaporada e absorvida pelas raízes.

O sistema circulatório do solo representado pela rede de poros, o qual é responsável pelas trocas gasosas, e também pela transmissão e o armazenamento da água, assegurando o crescimento e o desenvolvimento das culturas do ecossistema (KAISER, 2010).

Vários fatores são controlados pelo teor de água, entre eles pode-se citar: a aeração, temperatura, a resistência mecânica ao crescimento da raiz que poderão ser prejudicadas pela densidade do solo, a distribuição do tamanho dos poros do solo também pode afetar o crescimento dos vegetais, de forma que esses fatores físicos se integram e regulam o crescimento e a funcionalidade da parte radicular, tendo como base os limites críticos vinculados ao ar, a água e a resistência do solo refletindo na produtividade das culturas (REICHERT *et al.*, 2003).

Devido ao aumento da demanda por eucalipto para várias finalidades, tornou-se fundamental um maior conhecimento sobre o seu cultivo, como também da resposta fisiológicas, com relação à disponibilidade de água no substrato, que em diversas espécies

florestais tem sido observado, cuja observação também tem sido evidenciada nas espécies do gênero *Eucalyptus* (FERREIRA *et al.*, 1999; LOPES *et al.*, 2005).

Segundo, Gonçalves *et al.*, 2009 quando os fatores abióticos alteram os processos fisiológicos das plantas nas diferentes fases de crescimento, torna-se mais difícil alcançar êxito das plantas em sua fase inicial, e entre os fatores abióticos pode-se citar: deficiência na disponibilidade hídrica, altas taxas de irradiação solar, deficiência nutricional. Dentre os fatores capazes de provocar limitações dos sistemas agrícolas a água é o principal fator, pois prejudica as relações hídricas nas plantas, modificando os seus metabolismos, constatando que a limitação na disponibilidade hídrica ocorre em vastas áreas cultiváveis de eucalipto, provocando grandes perdas na produção (PAIVA *et al.*, 2005).

Na definição de água disponível para as culturas incluem-se outras propriedades físicas que podem prejudicar de maneira direta o crescimento das plantas, entre elas citam-se fornecimento de oxigênio, a porosidade mínima de aeração, temperatura, como também o conteúdo de água no solo. E entre eles água tem o papel essencial, pois todos os fatores que se correlaciona como crescimento e desenvolvimento das plantas são regulados pela água. Caracterizando a qualidade do solo LETEY(1985);SILVA e KAY (1997);TORMENA *et al.*, (1998).

Todo o processo de crescimento e desenvolvimento das plantas é afetado pela deficiência hídrica nos tecidos, impulsionados pela excessiva demanda evaporativa ou reduzindo o fornecimento de água. Tendo como consequência a desidratação do protoplasma, acarretando no decréscimo do volume celular e aumento de soluto A (MARTINS *et al.*, 2010).

Conforme, Morais *et al.*, (2003) a manutenção da hidratação do protoplasma constitui a grande importância da água para o eucalipto, pois a deficiência hídrica provoca redução na atividade fotossintética e em paralelo a redução do volume celular. Em grande parte dos casos de estresse causado pela deficiência hídrica, pode-se mensurar pelas perdas na produção, e pela produtividade, crescimento ou processo inicial de assimilação de CO<sub>2</sub>, os quais têm uma relação com o crescimento geral do eucalipto (TATAGIBA *et al.*, 2006).

Conforme, (Reichardt, 1990) a partir dos fenômenos absorção e de capilaridade o solo retém e disponibiliza a água, sendo responsável pelo armazenamento e fornecimento de água e nutrientes para as culturas. Porém a obtenção da água para atender as necessidades hídricas será determinada pelo potencial de água no solo, o qual determinará se as culturas terão maior ou menor facilidade para retirar a água, pois nem toda a água que se encontra armazenada no solo estão disponíveis para as plantas.



De acordo, com Reichard (1990) a partir da diferença entre a umidade e o ponto de murcha permanente pode-se mensurar a quantidade de água disponível para as plantas, cujo limite máximo da disponibilidade de água no solo define-se como capacidade de campo, onde é determinado pelo o equilíbrio entre a força da gravidade e a força capaz de retirar a água no solo, ou seja, a quantidade máxima de água que o solo consegue reter contra a força gravitacional, cujo potencial é avaliado para o solo arenoso -10kpa e para o solo argiloso -33 kpa. Já o ponto de murcha permanente é determinado como a quantidade de água disponível no solo que as plantas não conseguem mais retirar, onde suas folhas atingem um murchamento que não se recupera, estado definido como ponto de murcha permanente avaliado em um potencial de -1500kpa.

Segundo, Reis e Reis (1997) respondendo a um gradiente de potencial hídrico, o transporte de água nas plantas pode ser visto como um conjunto hidráulico ininterrupto, interligando a água do solo com o vapor de água na atmosfera. À proporção que ocorrem perdas de água pelo celular, o volume do vácuo reduz, resultando em perda na turgidez celular, evidenciado pelo processo de murchamento foliar. A partir deste ponto que começa a provocar danos no metabolismo fotossintético das plantas. Desta forma o limite da redução de volume do vácuo será determinado pelas elasticidades das paredes. De maneira, que espécies que possuem parede celular de maior elasticidade podem perder uma maior quantidade de água sem chegarem o ponto de perda a turgidez, além da capacidade de armazenamento de água ser maior (LAWLOR, 1995; NUNES, 2007).

No entanto, a falta ou excesso de água são os principais causadores de estresse hídrico, resultando em grandes perdas das produtividades, atuando de forma direta nas culturas, tendo como consequência decréscimo no potencial hídrico do vegetal, onde as respostas variam em funções das espécies, do tempo de exposição, e o nível de estresse (PIMENTEL, 2004; NOGUEIRA *et al.*, 2005; ASHRAF, 2010).

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Localização do Experimento**

O experimento foi realizado em casa de vegetação, no Laboratório de Fisiologia Vegetal e no Setor de Produção de Mudanças Florestais, pertencentes ao Centro de Ciências Agrárias (CECA) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), no município de Rio Largo –

AL (09 28' S, 35 49' W e 127 m de altitude), entre os meses de julho e novembro de 2015, com período experimental de 120 dias, sendo precedido por 60 dias de aclimação das mudas.

#### 4.2 Delineamentos Estatísticos

Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), os tratamentos foram arranjos conforme o esquema fatorial 3x2, sendo, três clones de eucalipto (i144, 1407 e cv865) e dois tratamentos hídricos (75% e 100% da Capacidade de Campo), com 5 (cinco) repetições. Onde as plantas foram avaliadas aos 30 (1ª coleta) e 60 (2ª coleta) dias após a diferenciação (DAD) dos tratamentos hídricos.

#### 4.3 Caracterização do substrato utilizado

O substrato utilizado foi adquirido junto ao Programa de Melhoramento Genético de Cana-de-Açúcar (PGMCA), localizado no CECA (Centro de Ciências Agrárias), cujo substrato era constituído de terra preta (50%), torta de cana-de-açúcar (25%) e polpa de coco (25%), o qual foi utilizado para o enchimento dos vasos de polietileno de capacidade de 20 l.

As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas (LFSNP/CECA) (Tabela 1).

**Tabela 1 -Análise química do substrato, cedido pelo PMGCA (Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-açúcar), utilizado no Experimento em casa de vegetação.**

PH	Na (mg/dm <sup>3</sup> )	P(mg/dm <sup>3</sup> )	K(mg/dm <sup>3</sup> )	Ca (cmol/dm <sup>3</sup> )	Mg (cmol/dm <sup>3</sup> )	Al (cmol/dm <sup>3</sup> ) <sup>1</sup>	H+Al (cmol/dm <sup>3</sup> )	CTC
6,1	115	5400	1000	24,80	15,54	0,40	5,10	48,50

PH = Potencial Hidrogeniônico; Na= Sódio P = Fósforo; K = Potássio; Mg = Magnésio; Al = Alumínio; H = Hidrogênio; TC = Capacidade de Troca de Cátions.

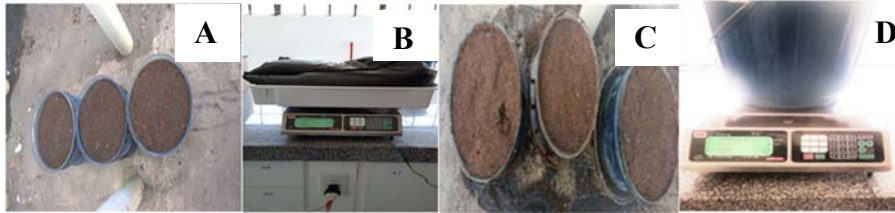
Fonte: LFSNP/CECA, 2015.

#### 4.4 Determinação da capacidade de campo

Para a diferenciação e manutenção dos tratamentos hídricos foi necessário determinar a Capacidade de Campo (CC) aplicando-se a metodologia descrita por Souza *et al.* (2000) para métodos gravimétricos. Inicialmente realizou-se o preenchimento e pesagem dos vasos de polietileno (Figura 1 A), momento em que foi determinado o Peso do Substrato Seco (PSS) (Figura 1 B). Em seguida, os vasos foram colocados dentro de bacias plásticas, onde água foi adicionada vagarosamente para promover a subida da água por capilaridade até a saturação do solo (Figura 1 C). Após este processo os vasos foram cobertos e reservados até atingir peso constante, momento em que foi determinado o Peso do Substrato Úmido (PSU) (Figura 1 D). De posse desses valores a capacidade de campo foi calculada aplicando-se a seguinte fórmula:

$$CC = PSU - PSS$$

**Figura 1- Processo de Determinação da Capacidade de Campo: do Substrato utilizado no experimento, cedido pelo (PMGCA) Programa de melhoramento Genético de Cana-de-açúcar. Enchimento dos vasos de polietileno com substrato (A), determinação do Peso do Substrato Seco (B - PSU), saturação do substrato (C) e determinação do Peso do Substrato Úmido (D - PSU).**



Fonte: Autora, 2016

As diferentes condições hídricas foram 75% da Capacidade de Campo e 100% da Capacidade de Campo, os quais foram monitorados através da pesagem diária de três vasos testemunhas, utilizando-se uma balança (marca Filizola, com capacidade para 20 Kg) para a reposição do volume da água transpirada pelas plantas mantidas nas diferentes condições hídricas durante todo o período experimental, aplicando-se a seguinte fórmula:  $C.C = PSU - PSS$  (PSU = 18 e 200 ml e PSS = 12l). Onde a capacidade de campo para 100% da capacidade de campo de 6l e 200 ml (Seis litros e duzentos ml), para 75% da capacidade de campo foi de 4l e 650 ml (4 litros e seiscentos e cinquenta ml), durante todo o período experimental foi mantido esta pesagem nas percentagens de 75% da capacidade de campo e 100% da capacidade de campo, acrescentado o volume de água transpirado diariamente, após pesagem das testemunhas. .

Após a determinação da CC foram definidos os percentuais que foram utilizados em função do trabalho realizado por Silva (2008) adotando-se dois tratamentos hídricos 75% e 100% CC.

Durante o período de aclimação as plantas foram regadas diariamente com rega livre e no momento da Diferenciação dos Tratamentos Hídricos (DTH) as mesmas foram hidratadas até os tratamentos determinados no trabalho.

#### **4.5 Clones utilizados, aquisição das mudas e transplântio**

Os clones de eucalipto estudados foram i144, 1407 e vc865, resultantes do processo de hibridação do *E. grandis* vs. *E. urophylla*, adquiridas junto ao viveiro “Plante Bem”, localizado do município de Chá do Pilar – AL. As mudas foram produzidas por estaquia em tubetes. No

período de aquisição, os clones tinham idades de 90 dias e entre 30 a 35 cm de alturas, 2 mm de diâmetro e entre 4 a 5 pares de folhas.

Em seguida, os clones foram transplantados para vasos de polietilenos de capacidade de 20 l, preenchidos com substrato supracitado. No momento do transplântio, foram realizadas as avaliações biométricas, medições da altura (cm), diâmetro do caule (mm) e quantificações dos números de folhas.

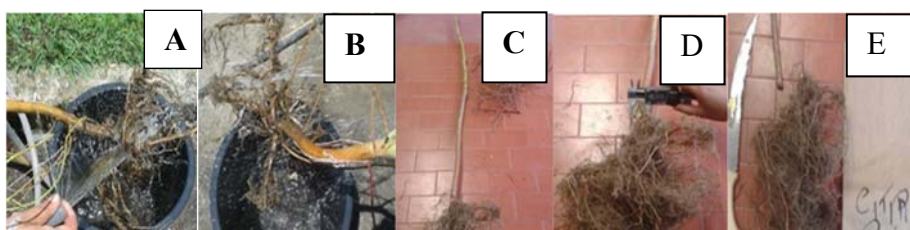
Posteriormente ao transplântio, os clones passaram por um período de adaptação (60 dias) nos vasos, em casa de vegetação, tendo como objetivo a aclimatação dos clones, os quais receberam irrigação diária, até o momento da indução do tratamento.

#### 4.6 Avaliações de Crescimento

Durante o período experimental analisou-se crescimento dos clones a partir de medidas semanais da altura das plantas (AP), diâmetro do caule e quantificação do número de folhas. Para determinar a altura (cm) das plantas utilizou-se uma trena avaliando a partir de 1 (um) cm acima do nível do solo até a inserção do último par de folhas totalmente expandidas, tendo como referência uma marca permanente, efetuada na base do caule com altura de 01 cm acima do solo. As medidas do diâmetro do caule (mm) tiveram como referência a mesma marca permanente a partir da qual foi avaliado o crescimento da altura, utilizando um paquímetro digital com marca *Digimesse* com precisão. Também foram quantificadas as folhas completamente expandidas (BENINCASA, 2003).

No final do experimento, para obtenção da matéria seca, os órgãos (partes aéreas e raízes) passaram por um processo de separação, pesados e acondicionados em sacos de papel, os quais foram levados para uma estufa de circulação de ar forçado, a uma temperatura de 65° C, por um período de 72 horas, até que assumissem peso constante e pudessem ser pesadas em uma balança analítica. Posterior à obtenção da matéria seca da parte aérea (MSPA) e matéria seca das raízes (MSR), calculou-se matéria seca total (MST) (Figura 2).

**Figura 2 - Preparação para obtenção de matéria seca (partes aéreas e radiculares) das mudas de clones i144, 1407 e vc 865, submetidos a diferentes condições hídricas (75% e 100% da Capacidade de Campo), em dois períodos de avaliações 30 e 60 dias, processo de lavagem das partes radicular e separação das partes aérea e radicular processo de lavagem das partes radicular e separação da raiz, caule. Processo de lavagem da parte radicular (A), Lavagem da raiz (B), Mensuração em altura (C), Medição diâmetro do caule (D) e Separação da parte aérea e radicular (E).**



□

Após a obtenção dos dados, calculou-se a Alocação de Biomassa para

Fonte: Autora, 2016.

Folhas (ABF), caules (ABC) e para as Raízes (ABR) e definiu-se relação Raiz/Parte Aérea (R/Pa), a partir da utilização das seguintes fórmulas:

$$ABF = BSF/BST \quad ABC=BSC/BST \quad ABR = BSR/BST$$

$$R/Pa= BSR/( BSF + BSC ) \quad (1)$$

Fonte: BENINCASA, 1998; 2003.

Sendo: BSF= Biomassa Seca das Folhas; BSC= Biomassa Seca dos Caules; BSR= Biomassa Seca das Raízes; e BST= Biomassa Seca Total.

Preparação para obtenção de matéria seca (partes aéreas e radiculares) das mudas de clones i144, 1407 e vc 865, submetidos a diferentes condições hídricas (75% e 100% da Capacidade de Campo), em dois periodos de avaliações 30 e 60 dias, processo de lavagem das partes radicular e separação dapartesaerea e radicular

#### 4.7 Avaliações Fisiológicas

##### 4.7.1 Avaliações dos pigmentos fotossintéticos pelo índice SPAD e método bioquímico

Foram estimados os teores de clorofila aos 30 e 60 DAD, avaliados por meio dos valores do índice SPAD, os quais foram obtidos por meio do Medidor Portátil de Clorofila, modelo SPAD-502 (Minolta, Japão), que se caracteriza como uma ferramenta simples, portátil, que mede a intensidade verde ou a concentração de clorofila relativa das folhas (TORRES NETO *et al.*, 2005), a partir do método não destrutivo simples (Figura 3).

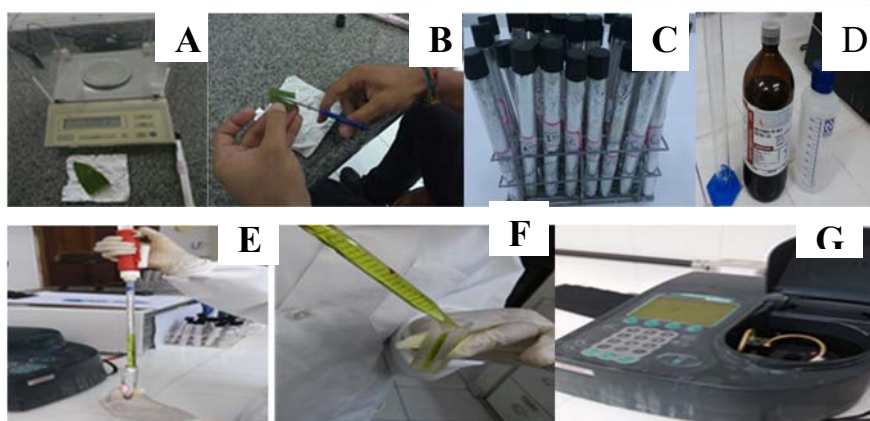
**Figura 3- Avaliação da intensidade de coloração verde das folhas das mudas clonais de eucalipto, submetidos diferentes condições hídricas (75% e 100% da Capacidade de Campo), em dos períodos de avaliações 30 e 60 dias, Leitura da intensidade verde das mudas clonais (A), SPAD equipamento portátil (B)**



Fonte: Autora, 2016.

Os pigmentos fotossintéticos (clorofilas *a* e *b*, totalecarotenoide) foram determinados no mesmo período de avaliação do índice SPAD (30 e 60 DAD) segundo a metodologia de HENDRE e GRIME (1993), método direto, de caráter destrutivo, a partir das análises dos pigmentos fotossintéticos presentes nos tecidos dos vegetais, os quais foram extraídos em 10 ml de acetona 80% em tubos de ensaio previamente revestido com papel alumínio. Em seguida determinados quantitativamente, por espectrofotometria (modelo *Genesys 10 UV*, marca *Thermoscientific*), adotando-se os seguintes comprimentos de ondas 663 nm para clorofila *a*, 645 nm para clorofila *b* e 480 nm (Figura 4).

**Figura 4.** Preparação das amostras das mudas clonais de eucalipto, submetidas a diferentes condições hídricas, em dois períodos de avaliações 30 e 60 dias, realização das leituras a partir da espectrofotometria. Pesagem da amostra (A), processo de picotagem da amostra (B), tubos rosqueáveis envolvidos por papel alumínio (C), acetona e água destiladas substâncias utilizadas para extração da clorofila (D), com auxílio da pipeta colocação da substância na cubeta de vidro (E), processo de colocação da substancia cubeta de vidro (F) e espectrofotômetro equipamento utilizado para a leitura de absorbância (G).



Fonte: Autora, 2016.

Após leituras foram calculados os teores dos pigmentos fotossintéticos adotando-se as seguintes fórmulas:

$$\text{Clorofila a} = \frac{(12,7 \times A_{663} - 2,69 \times A_{645}) \times V}{\text{MF}} \text{ (mg. g}^{-1} \text{ MF)}$$

$$\text{Clorofila b} = \frac{(22,9 \times A_{645} - 4,68 \times A_{663}) \times V}{\text{MF}} \text{ (mg. g}^{-1} \text{ MF)} \quad (3)$$

$$\text{Clorofila total} = \frac{(8,02 \times A_{663} + 20,2 \times A_{645}) \times V}{\text{MF}} \text{ (mg. g}^{-1} \text{ MF)} \quad (4)$$

$$\text{Carotenoides} = \frac{(A_{480} + 0,114 \times A_{663} - 0,638 \times A_{645}) \times V \times 10^3}{112,5 \times \text{MF}} \text{ (\mu mol. g}^{-1} \text{ MF)} \quad (5)$$

Fonte: HENDRE; GRIME, 1993.

Onde:

$A_{480}$ ,  $A_{663}$  e  $A_{645}$  = absorbâncias em 480,663 e 645 nm, respectivamente; V = volume de acetona a 80%, MF = peso de matéria fresca.

#### 4.7.2 Avaliação da fluorescência da clorofila

Foram realizadas leituras da fluorescência da clorofila a (eficiência quântica potencial do fotossistema II – Fv/Fm) e eficiência quântica efetiva do fotossistemaIIYiel, para determinação do potencial fotossintético dos clones. Com a utilização de fluorômetro portátil de luz modulada (PAM-2500, Walz, Alemanha).

As medidas da fluorescência da clorofila foram determinadas no final de cada período experimental. Todas as análises foram realizadas em folhas situadas no terço médio superior das plantas. Antes da avaliação, as regiões foliares onde foram realizadas as leituras foram submetidas ao escuro, por 30 minutos, com o uso de cliques foliares.

#### 4.8 Análise Estatísticas

Os dados foram submetidos análise de variância para detecção de possíveis efeitos sobre as variáveis analisadas utilizando-se o *software ASSISTAT* versão 7.7 beta. Para normalização os dados de número de folhas foram transformados para  $\sqrt{x+0,5}$  (ZAR, 1999), sendo as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

## 5 RESULTADO E DISCUSSÕES

### 5.1 -Avaliações das Variáveis de Crescimento

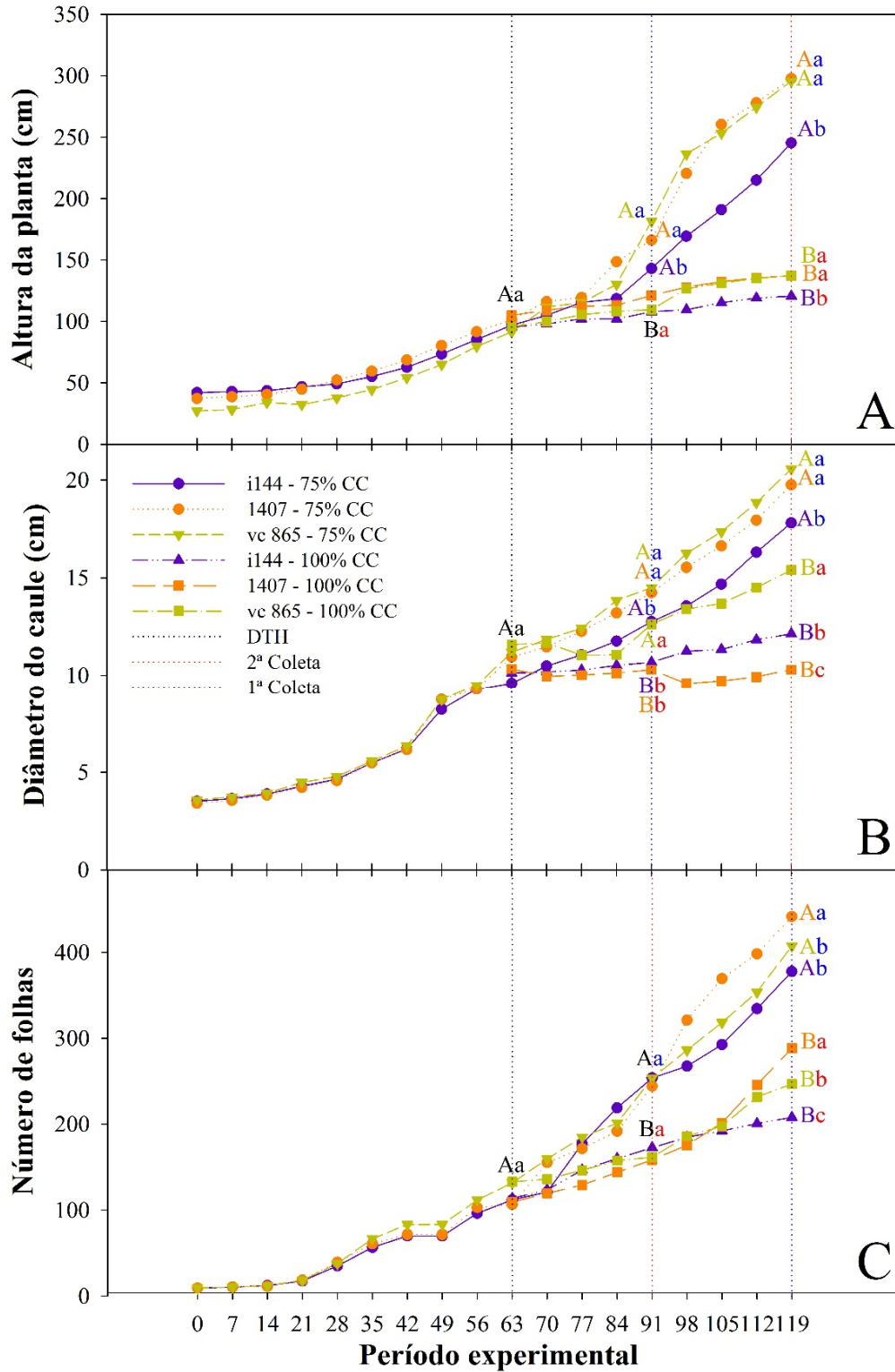
Em todas as mudas pode-se observar incremento na altura em todo o período experimental, ocorrendo diferenças significativas (5%) entre os clones e as diferentes condições hídricas, com interação significativa entre as condições hídricas e o tempo de exposição, no entanto a altura na condição 100% da capacidade de campo foi significativamente menor, em comparação com a condição 75% da capacidade de campo. Onde foi observado que os clones 1407 e vc 865 tiveram as maiores médias e i144 apresentou a menor média nas duas condições hídricas.

Quando avaliou o diâmetro do caule observou que houve incremento, constatando diferenças significativas e interação com o tempo de exposição, notando-se comportamento estatístico semelhante com os dados da altura, onde a condição hídrica 75% da capacidade de campo os clones obtiveram maiores médias, quando comparados com a condição 100% da capacidade de campo. Observou que os clones 1407 e vc 865 tiveram maiores valores e i144 menor valor na condição hídrica 75% da capacidade de campo. Já na condição hídrica 100% da capacidade de campo vc 865 obteve a maior média, i144 comportou-se de maneira intermediária e 1407 obteve menor média.

Já quanto ao número de folhas, houve diferenças significativas entre o número total de folhas entre as diferentes condições hídricas, observou também comportamento análogo ao das variáveis altura e diâmetro do caule. Onde o clone 1407 obteve a maior produção total de folhas e os clones i144 e vc 865 obtiveram a menor produção de folhas na condição hídrica 75% da capacidade de campo. Na condição hídrica 100% da capacidade de campo o clone 1407 obteve a maior produção de folhas, o clone vc 865 obteve produção intermediária e o clone i144 teve a menor emissão de folhas. Todos os dados estão expostos na (Figura 5. A, B e C).



Figura 5 -Altura, diâmetro do caule e de número de folhas de mudas clonais de eucalipto (i144, 1407 e vc 865) submetidos diferentes condições hídricas (75% e 100% da Capacidade de Campo), em dos períodos de avaliações 30 e 60 dias Letras maiúsculas comparam os tratamentos hídricos e letras minúsculas comparam os clones dentro de cada tratamento hídrico. Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). DTH (Diferenciação dos Tratamentos Hídricos).



Fonte: Autora, 2016.

### 5.1.2 - Produção de Matéria Seca das Mudanças Clonais de eucalipto

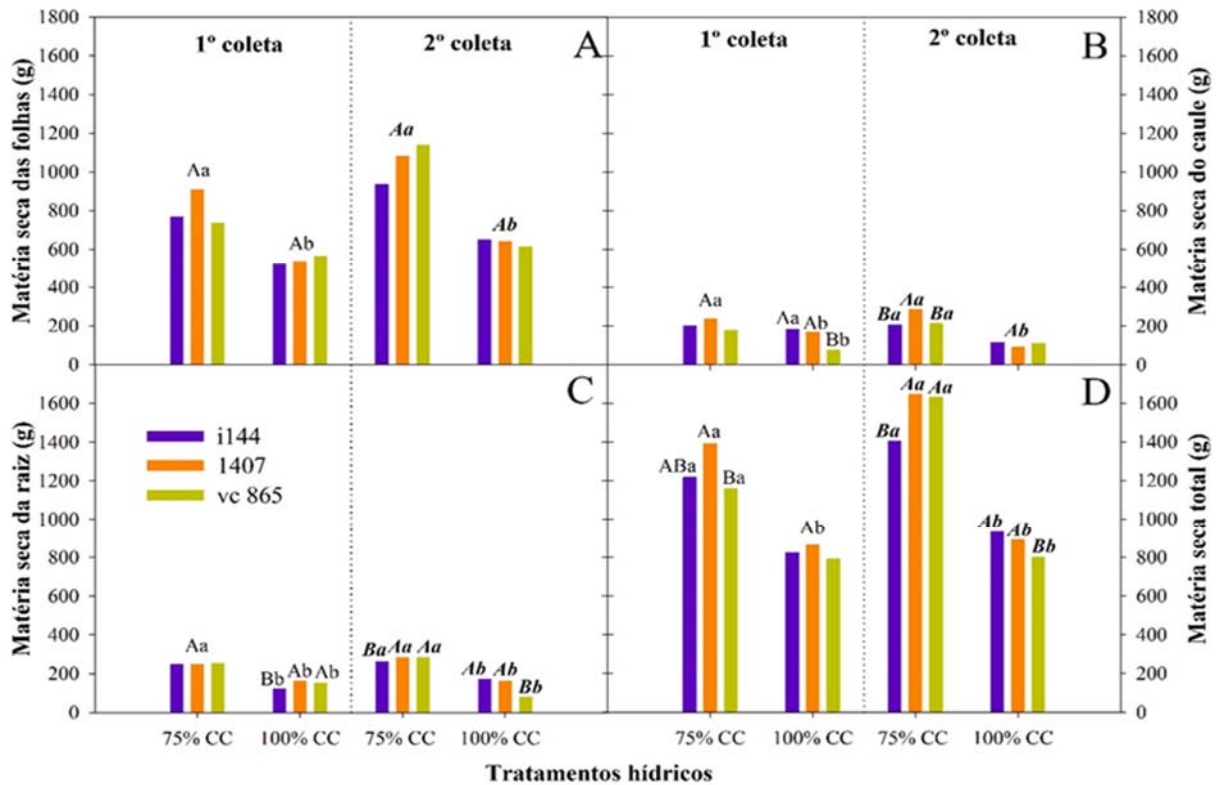
Foi verificada diferenças significativas a nível de 5% de probabilidade do teste de Tukeyna matéria seca das folhas entre as diferentes condições hídricas, sendo maior produção na condição hídrica 75% da capacidade de campo, do que na condição hídrica 100% da capacidade de campo. Observando que entre os clones houve comportamento semelhantes nas diferentes condições hídricas.

Houve diferença significativa entre a matéria seca do caule nas diferentes condições, observou comportamento semelhante com a matéria seca das folhas, cujo tratamento 75% da capacidade de campo foi maior ao comparar com 100% da capacidade de campo. Quando se avaliou os clones foi observado na condição hídrica 75% da capacidade de campo o clone 1407 obteve a maior média e os clones i144 e vc 865 obtiveram as menores médias. Já na condição hídrica 100% da capacidade de campo não houve diferença entre os clones.

‘A matéria seca da raiz apresentou diferença estatística entre as diferentes condições hídricas, cujo comportamento se assemelhou com o das variáveis anteriormente analisadas, onde na condição 75% da capacidade de campo apresentou o maior valor e 100% da capacidade de campo o menor valor. Na condição hídrica 75% da capacidade de campo os clones 1407 e vc 865 obtiveram os maiores valores i144 a menor valor. Na condição hídrica 100% da capacidade de campo os clones i144 e 1407 maiores valores e vc 865 o menor valor.

Houve diferenças significativas entre a matéria seca total nas diferentes condições hídricas, onde 75% da capacidade de campo apresentou o maior valor ao comparar com a condição 100 da capacidade de campo. Na condição hídrica 75% da capacidade de campo os clones 1407 e vc865 obtiveram as maiores médias e i144 o menor média. Na condição 100% da capacidade de campo os clones i144 e 1407 obtiveram os maiores valores e vc 865 o menor valor (Figura 6. A, B, C e D).

Figura 6 - Produção da Biomassa Seca das Folhas (BSF-A), dos Caules (BSC-B), das Raízes (BSR-C) e Matéria Seca Total (BST-D), de mudas clonais de eucalipto (i144, 1407 e vc 865), submetidos a diferentes condições hídricas (75% e 100% da capacidade de campo), em dos períodos de avaliações 30 e 60 dias Letras maiúsculas comparam os clones dentro de cada tratamento hídrico e letras minúsculas comparam os tratamentos hídricos e nas duas coletas. Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

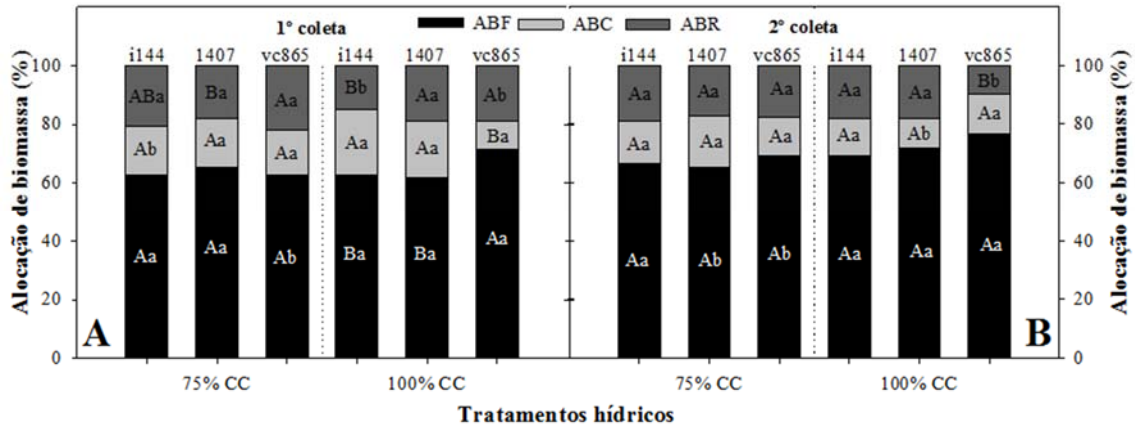


Fonte: Autora, 2016.

### 5.1.3 Alocação de Biomassa e Relação Raiz/Parte Aérea

Nesta pesquisa, as análises estatísticas indicaram que houve diferenças significativas entre as diferentes condições hídricas nas variáveis avaliadas (ABF, ABC e ABR) sugerido que a condição hídrica 100% da capacidade de campo afetou a alocação da biomassa dos tratamentos estudados. E a condição hídrica 75% da capacidade de campo não prejudicou a alocação da biomassa e apresentou maiores médias. Para alocação da biomassa das folhas e alocação da biomassa do caule entre os clones não houve diferença, com comportamento semelhante nas condições hídricas 75% e 100% da capacidade de campo. Já para a alocação da biomassa raiz na condição hídrica 75% da capacidade de campo não houve diferença entre os clones, no entanto na condição 100% da capacidade de campo ocorreu diferença, onde os clones i144 e 1407 apresentaram maiores valores e vc 865 menor valor. (Figura 7).

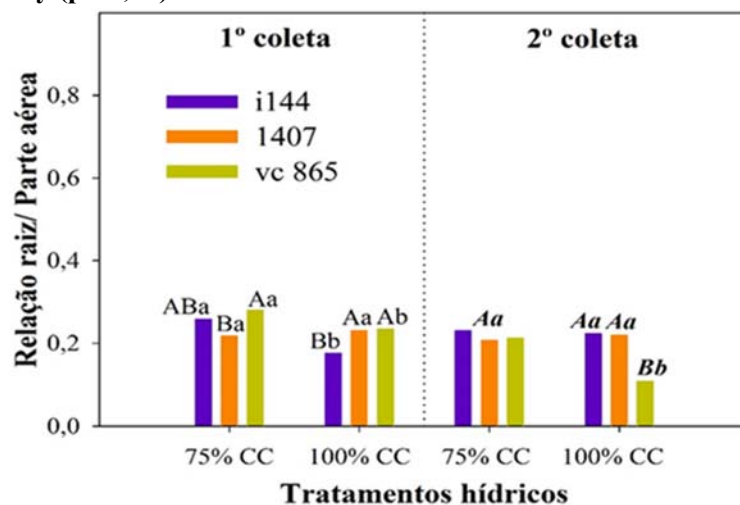
Figura 7 -. Alocação de Biomassa das folhas, caules e raízes de mudas clonais de eucalipto (i144, 1407 e vc 865) submetidos diferentes condições hídricas (75% e 100% da capacidade de campo), em dois períodos de avaliações 30 e 60 dias. Letras maiúsculas comparam clones no mesmo tratamento hídrico e minúsculo comparam clones em diferentes regimes hídricos. Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).



Fonte: Autora, 2016.

Quanto á relação raiz/parte aérea verificou diferenças estatísticas entre as diferentes condições hídricas aplicadas. Pode-se observar que condição hídrica 75% da capacidade de campo apresentou maiores valores ao comparar com a condição hídrica 100% da capacidade de campo. Foi evidenciado que na condição 75% da capacidade de campo os clones tiveram comportamento semelhante, porém na condição hídrica 100% da capacidade de campo os clones i144 e 1407 obtiveram os maiores valores e o clone vc 865 o menor valor (Figura 8).

Figura 8 -.Relação Raiz/Parte Aéreas de mudas clonais de eucalipto (i144, 1407 e vc 865) sob diferentes condições Hídricas (75% e 100% da capacidade de campo), em dois períodos de avaliações 30 e 60 dias. Letras maiúsculas comparam clones no mesmo tratamento. Letras minúsculas clones nos diferentes tratamentos. Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).



Fonte: Autora, 2016.

Observou neste experimento que houve redução do nível de crescimento em todas as variáveis analisadas. Conforme, Gonçalves (1992), um dos principais critérios de produção em

especies lenhosas são avaliados a partir do crescimento em altura e diâmetro do caule. Pois a deficiência hídrica pode provocar danos no crescimento em altura e em diâmetro do caule, devido ao decréscimo do aumento celular, e também da formação da parede celular, que de maneira indireta diminui a disponibilidade de carboidratos, e também pode influenciara produção de reguladores de crescimento (GONÇALVES; PASSOS, 2000).

Algumas características foram observadas nas variedades (i144, 1407 e vc 865) pesquisadas, que se encontravam na condição hídrica 100% da capacidade de campo, em comparação com a condição hídrica 75% da capacidade de campo. Pode-se observar nas folhas das variedades pesquisa das clorose, murcha e abscisão foliar, e também redução da produção de novas folhas, que indicando que o resultado apresentado foi em razão da máxima quantidade de água disponível, que prejudicou a formação de folhas novas, como também a expansão celular e dos entrenós, de forma a causar senescência precoce das folhas e quedas foliares (KOZLOWSK, 1997).

Nos caules foi observado redução no nível de crescimento, tendo consequência caule com menor diâmetro, que possivelmente dificultou a passagem de água e nutrientes. Que segundo, ZIMMERMANN; MILBURN (1982) a situação de máxima disponibilidade de água provoca decréscimo na absorção de água pelas plantas, de maneira que a manutenção do fluxo de água torna-se fundamental.

Pode-se observar que aparte radicularfoiconsideravelmente afetada pela condição hídrica 100 % da capacidade de campo, raízes secundárias deterioradas, mortas e também a presença de raízes adventícias. Indicando que a condição do solocom a água em sua máxima disponibilidade tenha provocado decréscimo de recursos disponíveis para manter e proporcionar o crescimento da parte radicular. Entretanto a alteração da raiz provocou consequências na parte aérea, entre as disfunções citam-se: deficiência nutricional e mineral e também fluxo de toxinas.

Os autores ARMSTRONG *et al.*, (1994) justificaram que a causa das alterações da função da parte radicular tenha sido a máxima disponibilidade de água no solo, que o ocasionou em solo hipóxico, com baixa quantidade de oxigênio para as raízesrealizar os processosimportantes para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Que possivelmente provocou mudanças metabólicas das mudas clonais avaliadas e como consequência decréscimo na produção de energia necessária, para que as raízes desempenhem suas funções essências para seu crescimento e principalmente absorção e translocação de agua, nutrientes e minerais para as partes aéreas.

Conforme, SILVA *et al.* (2011), a água constitui componente essencial para que os nutrientes sejam disponibilizados no solo, como para absorção e para translocação para as partes aéreas. No entanto, pode-se observar nas raízes das mudas clonais produção de raízes adventícias, de maneira que as raízes formadas durante o período de máxima disponibilidade de água foram muito importantes, pois contribuíram para a sobrevivência durante o período de baixa disponibilidade de oxigênio no solo, as quais proporcionam uma melhor difusão da atmosfera para os tecidos internos e liberação dos compostos tóxicos (DAVANSO *et al.*,2002).

De maneira geral, os clones pesquisados neste experimento sofreram limitação na parte aérea, que resultou da redução do incremento em altura e diâmetro do caule, produção de novas folhas, e redução da incorporação da matéria seca da parte aérea e também da parte radicular.

Pode-se constatar também neste experimento que os clones pesquisados conseguiram manter a incorporação da matéria seca total sob condições de máxima disponibilidade de água ao longo do experimento, a pesar do crescimento ser reduzido ao comparar com a condição hídrica 75 % da capacidade de campo.

De acordo com, Colmer; Voesenek (2009) os vegetais para sobreviver ao longo período de máxima disponibilidade de água limitaram o crescimento para economizar energia ATP e prolongar a sobrevivência até retornar à água.

No experimento também se pode observar que a alocação da biomassa sofreu mudanças no padrão de alocação, em razão da máxima disponibilidade de água no solo. A alteração da razão entre a raiz e parte aérea indicou que a maior parte da alocação foi para parte aérea, o que provavelmente possibilitou a manutenção aumento da matéria seca da parte aérea, e também as mudanças foram atribuídas às atividades metabólicas que ocorreram nas raízes.

Com a finalidade de aumentar a quantidade de oxigênio disponível algumas espécies regulam o seu padrão de alocação de biomassa para parte aérea, de forma a reduzir o investimento no sistema radicular, a fim diminuir a demanda de oxigênio (VISSER *et. al.*, 2000).

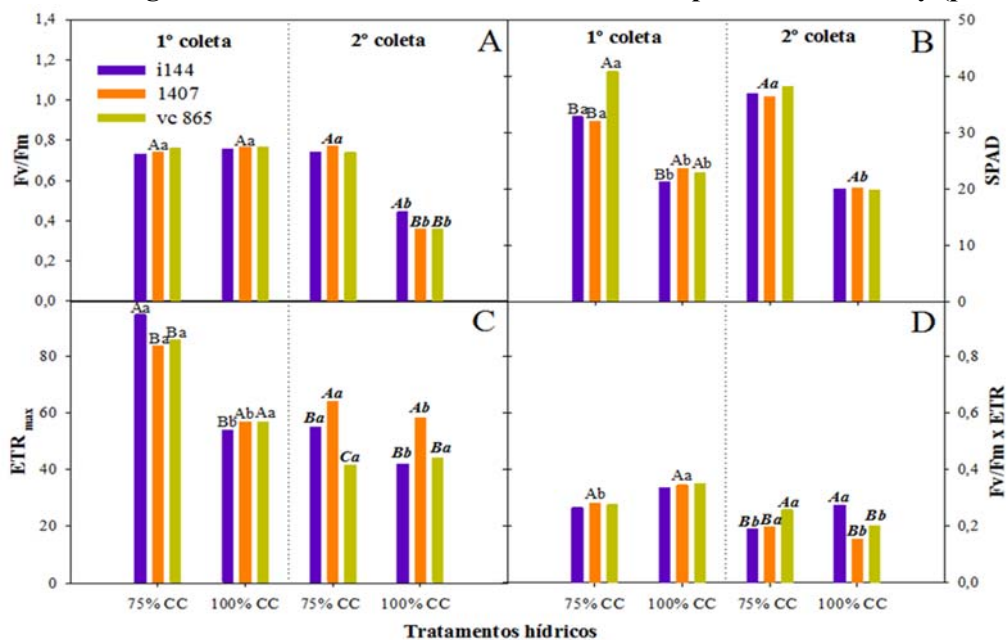
## **5.2 Avaliações Fisiológicas**

### **5.2.1 Eficiência Quântica do Fotossistema II**

Na avaliação da eficiência quântica do fotossistema II, pode-se observar que houve redução por efeito da condição hídrica 100% da capacidade de campo, indicando que condição de máxima quantidade de água causou danos ao fotossistema II, constatou interação entre o tempo do experimento e a condição hídrica imposta. E na condição hídrica 75% da capacidade de campo não houve danos no fotossistema II, a qual proporcionou ótimas condições de

funcionalidades ao fotossistema II. Pode-se observar quena condição hídrica 75% da capacidade de campo entre os clones não ocorreram diferenças apresentando comportamentos semelhantes. Já na condição 100% da capacidade de campo o clone i144 apresentou o maior valor e os clones 1407 e vc 865 os menores valores e comportamento análogo (Figura 9 A (Fv/Fm), B (SPAD), C (ETR/max) e D (Fv/Fm e ETR)).

**Figura 9 - Avaliações da Eficiência Quântica Efetiva do Potencial do Fotossistema II Fv/Fm,(A) ETRmax(C), Fv/Fm x ETR(D) e Leitura Intensidade Verde(SPAD)(B) das mudas clonais de eucalipto (i144,1407 e vc 865) submetidas a diferentes condições hídricas (75% e 100% da capacidade de Campo),em dois períodos de avaliações 30 e 60 dias. Letras Maiúsculas comparam clones no mesmo tratamento hídrico. Letras minúsculas comparam clones em diferentes regimes hídricos. Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).**



Fonte: Autora, 2016

Observa-se que houve diferença significativa para variável ETR/max entre as diferentes condições hídricas, que na condição hídrica 100% da capacidade de campo ocorreu redução na taxa relativa de transferência de elétrons ao compara com a condição 75% da capacidade de campo. E entre os clones na condição 75% capacidade de campo, o clone 1407 obteve o maior valor, o i144 valor intermediário e o vc 865 obter o menor valor. Na condição 100% da capacidade de campo o clone 1407 obter o maior valor, os clones i144 e 1407 menores valores e comportamento semelhante.

Houve diferença significativa para a variável Fv/Fm x ETR entre as diferentes condições hídricas, onde a condição hídrica 100% da capacidade de campo provavelmente provocou a redução na relação Fv/Fm x ETR, quando se comparou com a condição hídrica 75% da capacidade de campo. O clone vc 865 apresentou maior valor e os clones i144 e 1407 apresentaram menor valor na condição hídrica 75% da capacidade de campo. Na condição 100%

da capacidade de campo o clone i144 apresentou maior valor, vc865 valor intermediário e 1407 menor valor.

A pesquisa mostrou no que se refere à intensidade da coloração verde das folhas (índice SPAD), houve diferença estatística a 5%, entre os clones quando submetido a diferentes condições hídricas e interação entre o tempo. Onde a condição 100% da capacidade de campo provocou redução na intensidade da coloração verde, quando comparada com a condição hídrica 75% da capacidade de campo. E entre os clones dentro do mesmo tratamento não houve diferença significativa, com comportamentos semelhantes entre si, nas condições hídricas estudadas.

### 5.2.2 - Pigmentos Fotossintéticos (clorofila a, b, carotenoide e total)

Considerando os pigmentos fotossintéticos foliares, extraídos ao final do experimento, observou-se que houve redução entre as diferentes condições hídricas para teor de clorofila *a* nas mudas clonais de eucalipto. Pode-se observar na condição hídrica 75% da capacidade de campo o clone i144 teve maior valor, 1407 e vc 865 tiveram os menores valores. Na condição hídrica 100% da capacidade de campo os clones i144 e vc 865 obtiveram os maiores valores e 1407 o menor.

Para clorofila *b*, houve diferença significativa, onde condição hídrica 100% da capacidade de campo, possivelmente causou decréscimo em seu teor, quando se comparou com a condição hídrica 75% da capacidade de campo. O clone 1407 na condição hídrica 75% da capacidade de campo apresentou maior valor, o clone i144 demonstrou comportamento intermediário e o clone vc 865 o menor valor. Na condição 100% da capacidade de campo i144 maior valor, 1407 e vc 865 os menores valores e comportamento análogo.

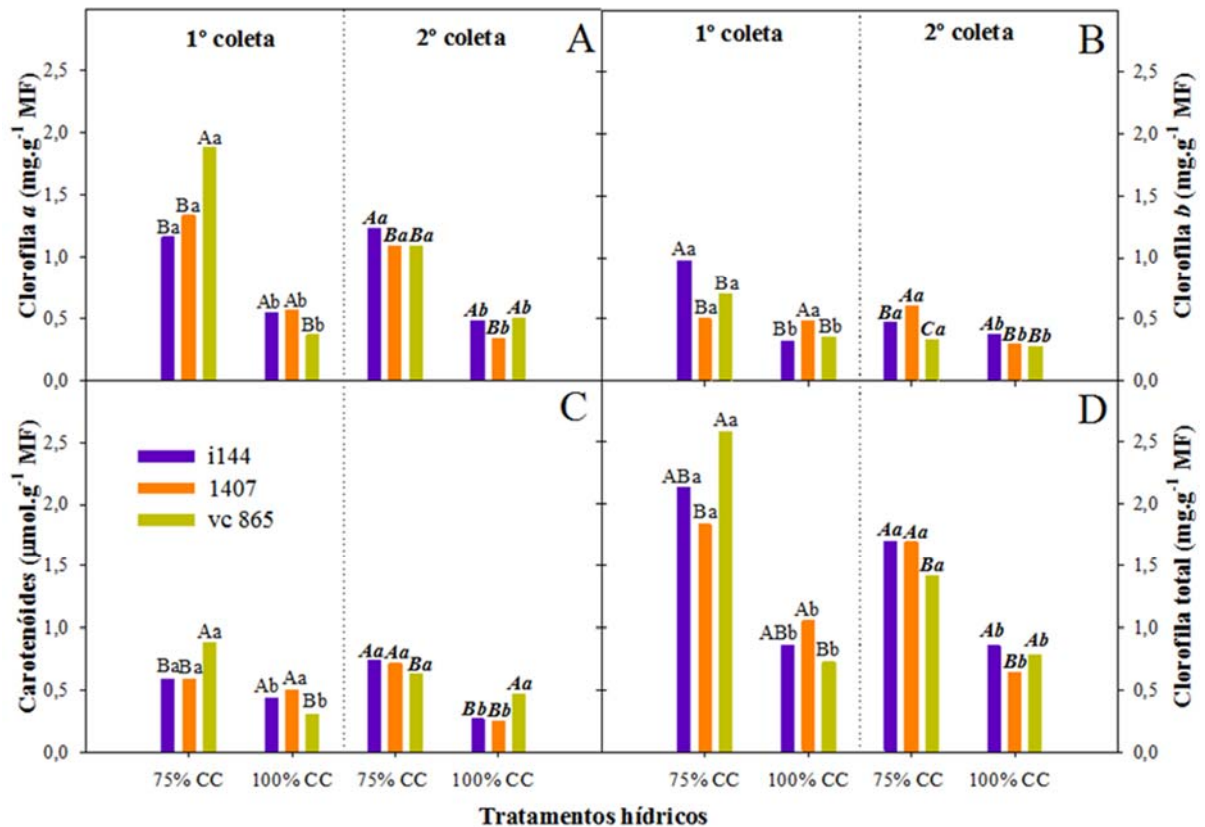
O teor de carotenoide também diferiu entre as diferentes condições hídricas, onde o tratamento 100% da capacidade de campo demonstrou redução no teor de carotenoide ao comparar com a condição hídrica 75%. Onde os clones que apresentaram os maiores teores foram o 144 e 1407 o menor vc 865 na condição 75% da capacidade de campo. Na condição hídrica 100% da capacidade de campo o clone vc 865 demonstrou o maior valor e os clones 144 e 1407 os menores valores

Para clorofila total houve diferença estatística entre as diferentes condições hídricas, onde a condição hídrica 100% da capacidade de campo possivelmente ocasionou em redução do teor de clorofila total, quando se compara com a condição hídrica 75% da capacidade de campo, resultado que se assemelhou com os apresentados pelas variáveis anteriores. Os clones i144 e 1407 demonstraram os maiores valores, já o clone vc865 menor valor na condição



75% da capacidade de campo. Na condição 100% da capacidade de campo os i144 e vc865 comportamentos semelhantes e maiores valores e o 1407 menor valor (Figura 10 - clorofila a (A), clorofila (B), carotenoides (C) e clorofila total (D)).

**Figura 10- Valores médios da clorofila a (A), clorofila b(B), carotenoide (C) e clorofila total (D), em mudas de clones de eucalipto submetidas a diferentes condições hídricas (75% e 100% da Capacidade de Campo). Letras Maiúsculas comparam clones no mesmo tratamento hídrico. Letras minúsculas comparam clones em diferentes regimes hídricos. Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si, pelo teste de Tukey (p<05).**



Fonte: Autora, 2016.

A baixa produção de energia provocou deficiência nutricional, onde observou redução significativa a 5% de probabilidade na intensidade da coloração verde das folhas, (índice SPA), ocasionando no amarelecimento das folhas.

Contudo, Souza *et al* (2009) evidenciaram que a avaliação da intensidade verde das folhas em diversas espécies tem sido utilizada na avaliação do teor de nitrogênio das plantas, pois existe uma ligação significativa entre a concentração de nitrogênio, intensidade verde e teor de clorofila.

Os teores referentes clorofila e nitrogênio são refletidos partir dos valores de SPAD, que são calculados pela quantidade de luz propagada pelo instrumento medidor, onde é refletido pela folha. A capacidade da folha absorver luz está relacionada com a determinação do teor de

clorofila da folha, sendo a determinação de suma importância, pois a atividade fotossintética da planta, depende da capacidade da folha em absorver luz. (SALLA *et al.*, 2007).

A deficiência nutricional, devido a condição de máxima disponibilidade de água, resultado do solo com baixa quantidade de oxigênio. Que possivelmente degradou a clorofila, diminuindo o aproveitamento da energia coletada, observando perdas de energia, onde a dissipação energética foi provavelmente para o meio ambiente e/ou reenviada como fluorescência, com indícios que aproveitamento para a produção fotoquímica foi reduzido na condição hídrica 100% da capacidade de campo.

Esse decréscimo nos teores de pigmentos fotossintéticos provavelmente ocorreu em razão da máxima disponibilidade de água, que ocasionou redução de oxigênio, e conseqüentemente limitação da absorção de nutrientes, tais como nitrogênio e magnésio, que são essenciais para realizar a síntese da molécula de clorofila. (RONCHI *et al.*, (2006), TAIZ; ZEIGER (2009)).

As clorofilas são pigmentos responsáveis pela captura de luz usada na fotossíntese, sendo elas essenciais na conversão da radiação luminosa em energia química, na forma de adenosina trifosfato (ATP) e *Nicotinamide Adenine Dinucleotide Phosphate* (NADPH) (JESUS; MARENCO, 2008).

Sobre os carotenoides, (Mittler, 2002) os define como moléculas foto protetoras importantes no complexo antena para o processo de captação de luz juntamente com as clorofilas b e também no processo de dissipação de excesso de energia, de forma a evitar a foto-oxidação.

Ainda sobre as conseqüências da máxima disponibilidade de água sobre as culturas, sabe-se que fatores abióticos podem provocar danos no fotossistema II, tendo como resultado a fotoinativação do centro de reação do fotossistema II, onde os valores de eficiência quântica potencial (FV/FM) e (Yield) que definido como eficiência quântica efetiva são indicativo de fotoinibição, que dependendo poderá causar danos crônicos ou temporários. Quando ocorre a diminuição destas variáveis indica-se que a energia coletada pela clorofila foi dissipada para o meio ambiente em forma de calor, resultando em desvio de energia que impede o início do processo fotoquímico da fotossíntese no fotossistema II (MAXWELL; JOHNSON, 2000; BAKER, 2008).

Segundo, Tester; Bacic (2005) a integridade do aparato fotossintético frente aos entraves ambientais é um indicador da eficiência do funcionamento do fotossistemaII (PSII), quanto ao uso da radiação fotoquímica e a fixação de carbono pelas plantas.



vc 865  
 100%CC      Maior      Maior      Interm.      Igual      Igual      Menor      Menor      Maior      Maior      Menor      Menor

Fonte: Autora, 2015.

**Tabela 3 -.Avaliação Fisiológica das Variáveis, Intensidade Verde das folhas a partir do índice SPAD, Pigmentos Fotossintéticos Clorofila a, b, Total (T) e Carotenoide, Eficiência Quântica do Fotosistema II, Fv/Fm, ETRmax (Taxa Relativa de Transferência de Elétrons), Fv/Fm x ETR., das mudas clonais de eucalipto (i144, 1407 e vc 865) em duas condições hídricas( 75% e 100%da capacidade de Campo), em dois períodos de avaliações 30 e 60 dias. Valor adotado: maior, intermediário, menor.**

Condições Hídricas	Clone	SPAD	Clorof. A	Clorof. B	Carotenoide	Clorof. T	Fv/Fm	ETR max	Fv/Fm x ETR
75% C.C		Igual	Maior	Interm.	Maior	Maior	Igual	Interm.	Menor
100% C.C	i144	Igual	Maior	Maior	Menor	Maior	Maior	Menor.	Maior
75% C.C		Igual	Menor	Maior	Maior	Maior	Igual	Maior	Menor
100% C.C.	1407	Igual	Menor	Menor	Menor	Menor	Menor	Maior	Menor
75% C.C		Igual	Menor	Menor	Menor	Menor	Igual	Menor	Maior
100%C.C	vc 865	Igual	Maior	Menor	Maior	Maior	Menor	Interm.	Menor

Fonte: Autora, 2015.

## **6 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os clones estudados apresentaram diferenças significativas entre si, em relação as características avaliadas independentemente da condição hídrica. As mudas de 1407 e vc 865 registraram maior acúmulo de matéria seca, teores de pigmentos fotossintéticos e eficiência quântica do fotossistema II.

Por meio dos resultados obtidos, as mudas clonais 1407 e vc 865 se mostraram mais tolerantes em comparação com as mudas do clone i144 que apresentou menor tolerância a condição hídrica 100% da capacidade de campo. De maneira geral foi observado que as mudas desse último clone sobressaíram em relação a demais, apresentaram maiores crescimento, apesar das menores taxas nas avaliações fisiológicas.

## REFERÊNCIAS

- ABRAF. Associação Brasileira de Florestas Plantadas. Anuário Estatístico ABRAF 2006 (ANO BASE 2005). Disponível em:<<http://www.ipef.br/estatisticas/relatorios/anuario-ABRAF-2006>>
- ABRAF. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico da ABRAF 2012: ano base 2011**. Brasília, 2012. 24 p.
- ABRAF. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico da ABRAF 2013: ano base 2012**. Brasília, 2012. 21 p.
- ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E.A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F.3. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa: UFV, 2004, 442 p.
- ANDRADE, E. N. O Eucalipto. São Paulo: **Cia. Paulista de Estradas de Ferro**. 2ª Edição, 1961, 680p.
- ARMSTRONG, W.; BRAENDLE, R.; JACKSON, M. B. Mechanisms of flood tolerance in plants. **Acta Botânica Neerlandica**, Amsterdam, v. 43, n. 4, p. 307-358.1994.
- ASHRAF, M. **Inducing drought tolerance in plants: some recent advances** *Biotechnology Advances*, 28: 169-183. 2010.
- ASSIS, M. R. **Modelagem da biomassa seca e estoque de carbono total em Eucalyptus considerando diferentes estágios iniciais de crescimento**. 2012 197 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira). UFPA: Belém-Pa.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS ABRAF. **Anuário Estatístico ABRAF**, 2013 ano base 2012 / ABRAF. Brasília: 2013. 148p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico brasileiro da ABRAF**, 2012: ano base 2011. Brasília, 2012. 149p.
- BAENA, E. S. Aspectos econômicos, sociais e ambientais da cultura de Eucalyptus spp. *Revista Conhecimento Interativo*, v. 1, n. 1, p. 3-9, 2005.
- BARCELLOS, D.C; COUTO, L.C; MULLER, M.D. COUTO, L. O estado da-arte da qualidade da madeira de eucalipto para produção de energia um enfoque nos tratamentos silviculturas. **Biomassa e Energia**, V 2, n 2 p 141-158,2005.
- BARREIROS, R. M.; GONÇALVES, J. L. M.; SANSÍGOLO, C. A.; POGGIANI, F. Modificações na produtividade e nas características físicas e químicas da madeira de Eucalyptus grandis causadas pela adubação com lodo de esgoto tratado. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, n. 1, p. 103-111, 2007.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. Jaboticabal: FUNEP, 41 p, 2003.

- BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas. 1.ed.** Jaboticabal: FUNEP, p. 42. 1988
- BRAND, M.A. **Energia de biomassa florestal.** Rio de Janeiro: Interciência, 2010, 131p.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Balanço energético nacional 2009. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>. Acesso em: 05 fev. 2014.
- BRITO, J.O. **O uso energético da madeira.** Estudos Avançados, v.21, n. 59, p. 185-193, 2007.
- CARVALHO, A. M. **Valorização da madeira do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, através da produção conjunta de madeira serrada em pequenas dimensões, celulose e lenha.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal. Escola superior de Agricultura, “Luiz de Queiroz “Universidade de São Paulo, Piracicaba, 128p, 2000.
- COLMER, T.D. & VOESENEK, L.A.C.J. 2009. Flooding tolerance: suites of plants traits in variable environments. **Functional Plant Biology** 36: 665-681.
- CORDEIRO, S.A.; SILVA, M.L.; JACOVINE, L.A.G.; VALVERDE, S.R.; SOARES, N.S. Contribuição do fomento do órgão florestal de Minas Gerais na lucratividade e na redução de riscos para produtores rurais. **Revista Árvore**, Viçosa, v.34, n.2, p.367-376, 2010.
- CORTEZ, L. A.; LORA, E. S. Tecnologia de conversão energética da biomassa. Manaus: EDUA/EFEI, 1997. 527 p. (Série Sistemas Energéticos II).
- CORTEZ, L.A.B.; LORA, E.E.S.; GÓMEZ, E.O. **Biomassa para energia.** Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2008, 733p.
- COUTO, L.; MÜLLER, M. D. **Florestas energéticas no Brasil.** In: CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. S.; GÓMEZ, E. O. **Biomassa para energia.** São Paulo: UNICAMP, 2008. 736 p.
- DAVANSO, V.M.; SOUZA, L.A.; MEDRI, M.E.; PIMENTA, J.A. & BIANCHINI, E. 2002. Photosynthesis, growth and development of *Tabebuia avellanedae* Lor. Ex Griseb. (Bignoniaceae) in flooded soil. *Brazilian Archives*.
- DERMIBAS, M.F.; BALAT, M.; BALAT, H. **Potential contribution no biomass to the sustainable energy development.** *Energy Conversion and Management*, 50, p. 1746-1760, 2009.
- DIXON, R. K.; MELDAHL, R. K.; RUARK, G. A.; WARREN, W. G. **Process modeling of forest growth responses to environmental stress.** Portland: Timber Press, 1990.
- DOUGHTY, R. W. **The eucalyptus: a natural and commercial history of the gum tree:** Johns Hopkins University Press. 2000. (REVISÃO ATUAL).
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA; MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Balanço energético nacional 2008:** ano base 2007. Brasília, 2008. 244 p. Disponível em: <[https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2008.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2008.pdf)>. Acesso em: 14 jan.2015.

FERNANDES, T. E. **Fotossíntese e crescimento inicial de clones de eucalipto sob diferentes regimes hídricos**. Dissertação (Mestrado em Agronomia), UESB, Campus de Vitória da Conquista-BA, 2012.

FERREIRA, C. A. G.; DAVIDE, A.C.; CARVALHO, L.R **Relações Hídricas em Mudanças de Eucalyptus Citriodora Hook., em Tubetes, Aclimatadas por Tratamentos Hídricos**. CERNE, v.5, n.2, p. 095-104, 1999.

FOELKEL, C. E. B. Visão e ação: complementos mais que necessários ao setor de base florestal. **Revista Opiniões**, Ribeirão Preto, p. 58 -59 set. /Nov. 2007.

FONSECA, S. M.; RESENDE, M. D. V.; ALFENAS, A. C., GUIMARÃES, L. M. S.; ASSIS, T. F.; GRATTAPAGLIA, D. **Manual Prático de Melhoramento Genético do Eucalipto**. Viçosa: UFV, 2010. 200p.

FREDERICO, P. G. U. **Influência da densidade e composição química da madeira sobre a qualidade do carvão de Eucalyptus grandis W. Hill ex Maiden e de híbridos de Eucalyptus grandis X Eucalyptusurophylla S.T. Blake**. 66f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, MG, 2009.

FREITAG, A.S. **Frequências de irrigação para Eucalyptus grandis e Pinus elliotti em viveiro**. 2007. 60f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

GARLIPP, R.; FOELKEL, C.E.B. O papel das florestas plantadas para atendimento das demandas futuras da sociedade. In: XIII Congresso Florestal Mundial/ FAO, 2009. Buenos Aires. **Artigos...** Buenos Aires, Argentina, 2009.

GARLIPP, R.C. O setor florestal privado brasileiro e os desafios para o seu desenvolvimento. In Rodriguez, L.C. E (Ed.) **Simpósio Ibero-Americano de Gestão e Economia Florestal**. Porto Seguro, Piracicaba: IPEF, p.45-67, 2001.

GONÇALVES, J. F. C.; SILVA, C. E. M.; GUIMARÃES, D. G. Fotossíntese e potencial hídrico foliar de plantas jovens de andiroba submetidas à deficiência hídrica e à reidratação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 1, p. 8-14, 2009.

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

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

GRAUER, A.; KAWANO, M. Aproveitamento de resíduos para biomassa é rentável. **Revista da Madeira**, n.110, 2008. Disponível em:<[http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira\\_materia.php?num=1203&subject=Biomassa&title=Aproveitamento de resíduos para biomassa é rentável](http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1203&subject=Biomassa&title=Aproveitamento%20de%20res%C3%ADuos%20para%20biomassa%20%C3%A9%20rent%C3%A1vel)>. Acesso em: 10 maio 2016.

HASSE, G. **Eucalipto: histórias de um imigrante vegetal**. Porto Alegre: Já Editores 2006. 127p.



- HENDRY, G.A.F.; GRIME, J.P. **Methods in comparative plant ecology: a laboratory manual**. 1 ed. London: Chapman; Hall, 252, p.1993.
- JESUS, S. V. D.; MARENCO, R. A. O SPAD-502 como alternativa para determinação dos teores de clorofila em espécies frutíferas. **Acta Amazônica**, 2008.
- KAISER, D.R. **Estrutura e água em Argissolos sob distintos preparos na cultura do milho**. 2010. 151 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, 2010.
- KOZLOWSKI, T.T., KRAMER, P.J. PALTARDY, S.G. The physiological ecology of woody plants. San Diego, Academic Press, 1997.
- LAWLOR, D. W.; The effects of water deficit on photosynthesis. In: Smirnoff N (ed), Environmental and plant metabolism-flexibility and acclimation, Bios Scientific Publisher, Oxford, p.129-160, 1995
- LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop production. In advances in soil science, New York, v. 1, p. 277-294, 1985
- LIMA, W. P. Impacto Ambiental do Eucalipto. São Paulo: EDUSP, 1996. 301p.
- LOPES, J. L. W. GUERRINI, I. A.; SAAD, J. C. C.; SILVA, M. R. Efeitos da irrigação na sobrevivência, transpiração e teor relativo de água na folha em mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes substratos. **Scientia Forestalis**, n. 68, p. 97-106. 2005.
- LOPES, M. C. **Agrupamento de Árvores matrizes de eucalyptus grandis em função das variáveis dendrométricas e das características tecnológicas da madeira**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.
- MARTINAZZO, E. G.; PERBONI, A. T.; OLIVEIRA, P. V. BIANCHI, V. J.; BACARIN, M. A. Atividade fotossintética em plantas de ameixeira submetidas ao déficit hídrico e ao alagamento. **Ciência Rural**, v.43, n.1, jan, 2013.
- MARTINS, M. O.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; NETO, A. D. A.; SANTOS, M. G. Crescimento de plantas jovens de nim-indiano (*Azadirachta indica* A. Juss. – MELIACEAE) sob diferentes regimes hídricos. **Revista Árvore**, v. 34, n. 5, p. 771-779, 2010.
- MAXWELL, K.; JOHNSON, G.N. Chlorophyll fluorescence: a practical guide. **Journal of Experimental Botany**, v.51, p.659–668, 2000.
- MITTLER, R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. **Trends in Plant Science**, v.9, p.405-410, 2002.
- MORAIS, H.; MARUR, C.J.; CARAMORI, P.H.; RIBEIRO, A.M.A.; GOMES, J.C. Características fisiológicas e de crescimento de cafeeiro sombreado com gandu e cultivado a pleno sol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 10, p. 1131-1137, 2003
- MOURA, V. P. G. et al. Avaliação de espécies e procedências de *Eucalyptus* em Minas Gerais e Espírito Santo: resultados parciais. Planaltina: EMBRAPA, CPAC, 1980. 104 p. (Boletim técnico).

MULLER, M. D. **Produção de madeira para geração de energia elétrica numa plantação clonal de eucalipto em Itamarandiba, MG.** Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

MURO\_ABAD, J.I. **Método de melhoramento, assistido por marcadores moleculares, visando à obtenção de híbridos de Eucalyptus spp.** 2000.74p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento), Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG.

NASCIMENTO, M. D. **Otimização do uso de lenha e cavaco de madeira para produção de energia em agroindústria Seropédica.** 90p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista. Botucatu, SP, 2007.

NEVES, T. A.; PROTÁSIO, T. de P.; TRUGILHO, P. F.; VALLE, M. L. A.; SOUSA, L. C. de; VIEIRA, C. M. M. Qualidade da madeira de clones de Eucalyptus em diferentes idades para a produção de bioenergia. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 56, n. 2, p. 139-148, abr./jun. 2013.

NUNES, C. M. J. **Caracterização da resposta ao déficit hídrico de linhas transgênicas de Medicago trunculata cv. Jemalong.** 2007. 64p. Dissertação (Mestrado em Biologia Celular e Biotecnologia), Universidade de Lisboa, Lisboa – Portugal

OLIVEIRA, J. T. S. (2001) Experiência mundial com a madeira de eucalipto. Disponível em: <[www.remade.com.br](http://www.remade.com.br)>. Acesso em 6 set. 2015

ORTIZ, L. Aprovechamiento energético de la biomassa forestal. **Vigo: Gamesal**, 1996. 330p.

PAIVA, A. S.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D.; TURCO, J. E. P. Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 161-169, 2005.

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

PEREIRA, S.P; BARTHOLO G.F; BALIZA D.P; SOBREIRA F. M; GUIMARÃES R. J. Crescimento, produtividade e bienalidade do cafeeiro em função do espaçamento de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46,p.152-160, 2011.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água.** Seropédica, Rio de Janeiro: EDUR, 192 p., 2004.

PINTO JÚNIOR, J. E.; AHRENS, S. **Aspectos socioeconômicos, ambientais e legais da eucaliptocultura.** Embrapa Florestas, 2.ed., 2010. Disponível em: <[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Eucalipto/CultivodoEucalipto\\_2ed/Aspectos\\_Eucaliptocultura.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Eucalipto/CultivodoEucalipto_2ed/Aspectos_Eucaliptocultura.htm)>. Acesso em: 08 abr.2015.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas.** São Paulo: Manole, 1990. 188p.

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

REIS, G. G.; REIS, M. G. F. Fisiologia da brotação do eucalipto com ênfase nas suas relações hídricas. **Série Técnica IPEF**, v. 11, n. 30, p. 9-22, 1997. .

ROCHA, M. F. V. **Influência do espaçamento e da idade na produtividade e propriedades da madeira de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis* para energia**. 2011. 84f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.

RONCHI, C. P.; DAMATTA, F. M.; BATISTA, K. D.; MORAES, G. A. B. K.; LOUREIRO, M. E.; DUCATTI, C. Growth and photosynthetic down-regulation in *Coffea arabica* in response to restricted root volume. **Functional Plant Biology**, v.33, p.1013–1023, 2006.

SAAD, J. C. C. **Estudo das distribuições de frequência da evapotranspiração de referência e da precipitação pluvial para fins de dimensionamento de sistemas de irrigação**. 1990. 124 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.

SALLA, L.; RODRIGUES, J. C.; MARENCO, R. A. Teores de clorofila em árvores tropicais determinados com o SPAD-502. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 159-161, 2007.

SANSÍGOLO, C. A.; RAMOS, E. S. Qualidade da madeira e da celulose de um clone de *eucalyptus grandis* plantado em três locais. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 1, p. 47-60, jan./mar. 2011.

SANT'ANNA, G. L.; FREITAS, L. C. F. Desenvolvimento sustentável do setor florestal brasileiro. **Revista Remade**, n. 80, 2004. Disponível em: [http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira\\_materia.php?num=547&subject=Sustentabilidade&title=Desenvolvimento%20sustent%20vel%20do%20setor%20florestal%20brasileiro](http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=547&subject=Sustentabilidade&title=Desenvolvimento%20sustent%20vel%20do%20setor%20florestal%20brasileiro) >. Acesso em: 07 abr.2016.

SANTOS, A. F.; AUER, C. G.; GRIGOLETTI JÚNIOR, A. Doenças do eucalipto no sul do Brasil: identificação e controle. Colombo: Embrapa Florestas, 2001, 20p. (**Embrapa Florestas. Circular Técnica**, 45).p.235-261, 2010.

SANTOS, R.S **Influência da Qualidade da Madeira de híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e do Processo de Kraft de Polpação da Qualidade da Polpa Branqueada**. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal) Escola Superior de Agricultura Luz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 178p.2005.

SILVA, A. P. DA; KAY, B. D. Estimating the least limiting water range of soil from properties and management. **Soil Science Society of American Journal, Madison**, v. 61, n. 3, p. 877-883, mar. 1997.

SILVA, C. R. A. et al. A biomassa como alternativa energética para o Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, São Paulo, n. 12, p. 25-36, 2004.

SILVA, J. C.; MATOS, J. L. M. (2003) A madeira de eucalipto na indústria moveleira. **Revista da Madeira**, Curitiba, n. 70. p. 36-40.

SILVA, M. A. **Caracterização fisiológica em mudas de *Eucalyptuscitriodora* HOOK submetidas a déficit hídrico**. Recife, 2008. 76 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal Rural de Pernambuco.

SILVA, M.A.; SILVA, M.L.N.; CURTI, N.; AVANZI, J.C.; LEITE, F.P. Sistemas de manejo em plantios florestais de eucalipto e perdas de solo e água na região do Vale do RioDoce, MG. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 4, p. 765-776, 2011.

SOARES, T. S.; CARNEIRO, A. C.O.; GONÇALVES, E. O.; LELLES, J. G. Uso da biomassa florestal na geração de energia. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**. Garça, ano IV, n. 08, agosto, 2006.

SOUZA, A. F.; ROCHA JÚNIOR, E. O.; LAURA, V. A. Índice SPAD para a estimativa do nitrogênio foliar em mudas de oito espécies florestais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA, **Anais**. Fortaleza, 2009.

STAPE, J. L. A pesquisa silvicultural e a visão socioambiental são imprescindíveis para os novos clusters florestais. **Revista Opiniões**, Ribeirão Preto. dez-07/fev-08, p. 37, 2008

SUZANO PAPEL E CELULOSE. Eucaliptocultura. Disponível em:<<http://www.suzano.com.br/portal/main.jsp?lumPageId=2C9080C91BECDA70011BEDA3AC92464D>>. Acesso em: 05 dez. 2015.

TAIZ, L; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4ªed, p.843. 2009.

TATAGIBA, S. D. **Crescimento inicial, trocas gasosas e status hídrico de clones de eucalipto sob diferentes regimes de irrigação**. Universidade Federal do Espírito Santo. 2006. 128p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo – ES.

TESTER, M.; BACIC, A. Abiotic stress tolerance in grasses. From model plants to crop plants. **PlantPhysiology**, v. 137, p. 791-793, 2005.

TONACO, I. A. N. **Macho esterelidade em *Eucalyptusurophylla***. 2002. 51 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) -Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2002.

TONINI, H.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Curvas de índice de local para povoamentos clonais de *Eucalyptussaligna* Smith para a Depressão Central e Serra do Sudeste, Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Viçosa, MG, v. 16, n. 1, p. 27-43, 2006.

TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. DA; LIBARDI, P. L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um latossolo roxo sob plantio direto. **Revista brasileira de ciência do solo**, Viçosa, v.22, p. 573-581. 1998.

TREVISAN, R. **Efeito do desbaste nos parâmetros dendrométricos e na qualidade da madeira de Eucalyptus grandis W. Hill exMaiden.** 2010. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

VALVERDE, S. R. As plantações de eucalipto no Brasil. *Revista da Madeira*, n.107, 2007. Disponível em: <[http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira\\_materia.hp?num=1132&subject=Eucalipto&title=Planta%E7%F5es%20de%20Eucalipto%20no%20Brasil](http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.hp?num=1132&subject=Eucalipto&title=Planta%E7%F5es%20de%20Eucalipto%20no%20Brasil)>. Acesso em: 04 abr. 2015.

VIDAL, A.C.F.; HORA, A.B. Perspectivas do setor de biomassa de madeira para a geração de energia. **BNDES Setorial** 33, p. 261-314, 2011.

VISSER, E.J.W.; BOGEMANN, H.M.; Van de STREEG, R.P. & BLOM, C.W.P.M. Flooding tolerance of *Carex* species in relation to field distribution and aerenchyma formation. **New Phytologist** 148: 93-103, 2000..

XAVIER, A.; WENDLING, I; SILVA, R. L.; **Silvicultura clonal: princípios e técnicas.** Viçosa: Ed. UFV, 2009. 272 p.

ZAR, JERROLD H. **Biostatistical analysis.** London: Prentice-Hall, 1999.

ZHU, X. G.; LONG, S. P.; ORT, D. R. Improving photosynthetic efficiency for greater yield. **Annu Review Plant Biology**, v. 61, p. 235–261, 2010.

ZIMMERMANN, U. & MILBURN, J.A. 1982. Transport and storage of water. Pp. 135-152. In: O.L. Lange; P.S. Nobel; C.B. Osmond & H. Ziegler (eds.). *Physiological plant ecology II. Water relations and carbon assimilation.* v. 12B. New York, Springer-Verlag