

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**Aspectos fisiológicos da emergência e crescimento inicial das mudas de *Ormosia arborea* (Vell.) Harms em diferentes disponibilidades hídricas**

ANA PAULA RISSATO DE SOUZA

DOURADOS  
MATO GROSSO DO SUL  
2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

ANA PAULA RISSATO DE SOUZA

**Aspectos fisiológicos da emergência e crescimento inicial das mudas de *Ormosia arborea* (Vell.) Harms em diferentes disponibilidades hídricas**

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Biologia Geral/Bioprospecção, para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Dr<sup>a</sup>. Silvana de Paula Quintão Scalon

DOURADOS  
MATO GROSSO DO SUL  
2017

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).**

S729a Souza, Ana Paula Rissato De

Aspectos fisiológicos na emergência e crescimento inicial das mudas de *Ormosia arborea* (Vell.) Harms em diferentes disponibilidades hídricas / Ana Paula Rissato De Souza -- Dourados: UFGD, 2017.

115f. : il. ; 30 cm.

Orientadora: Silvana de Paula Quintão Scalon

Co-orientadora: Daiane Dresch Mugnol

Dissertação (Mestrado em Biologia Geral/Bioprospecção) - Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais, Universidade Federal da Grande Dourados.

Inclui bibliografia

1. Cerrado. 2. Trocas gasosas. 3. Estresse hídrico. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

"ASPECTOS FISIOLÓGICOS DA EMERGÊNCIA E CRESCIMENTO INICIAL DAS MUDAS DE *Ormosia arborea* (VELL.) HARMS EM DIFERENTES DISPONIBILIDADES HÍDRICAS".

POR

**ANA PAULA RISSATO DE SOUZA**

DISSERTAÇÃO APRESENTADA À UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS (UFGD), COMO PARTE DOS REQUISITOS EXIGIDOS PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM BIOLOGIA GERAL - ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: "BIOPROSPECÇÃO".



PROF. DR. SILVANA DE PAULA QUINTÃO SCALON  
ORIENTADORA - UFGD



PROF. DR. ETENALDO FELIPE SANTIAGO  
MEMBRO TITULAR - UEMS



PROF. DR. CLÁUDIA ROBERTA DAMIANI  
MEMBRO TITULAR - UFGD

Aprovada em 28 de março de 2017.

*Aos meus grandes tesouros,  
Maria de Fátima Rissato de Souza, Francisco de Paulo Ferreira de Souza e  
Luis Fernando Rissato de Souza dedico esse trabalho, fruto do meu mestrado, e  
agradeço imensamente por estarem sempre ao meu lado dando apoio, força, carinho e  
principalmente amor que é a base de tudo, sem vocês não seria a metade do que sou hoje.*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por ter me proporcionado esta oportunidade e ser presença constante em minha vida, guiando, iluminando e permitindo que eu aprenda cada dia mais, pois assim é a vida uma constante evolução.

Aos meus pais *Fátima* e *Paulo* meus primeiros professores, levarei até o fim da vida todos os seus ensinamentos, obrigada pela força, compreensão e principalmente por acreditarem em mim, vocês são os meus maiores Tesouros.

Ao meu fiel amigo e cúmplice de todas as horas *Nando*, meu irmão, obrigada pelos infinitos favores e por me fazer sorrir mesmo nos dias mais tristes, saiba que admiro sua coragem e você é meu mala favorito.

À professora Dra. *Silvana de Paula Quintão Scalon*, pela orientação, ensinamentos, puxões de orelhas (quando necessário), compreensão e acima de tudo por ser esse exemplo de profissional, sempre serei eternamente grata por ter me acolhido em seu grupo de pesquisa. Obrigada!

A minha co-orientadora *Daiane Mugnol Drech* (e nova mamãe), agradeço imensamente sempre estar ali pronta pro que der e vier, pela imensa paciência ao me ensinar as estatísticas da vida e detectaro os erros dos meus gráficos num piscar de olhos, obrigados por tudo de coração.

Aos meus amigos e amigas que estiveram sempre presentes me aconselhado e incentivando. Em especial a duas pessoinhas que o mestrado me presenteou... *Sara* e *Vanessa*, juntas compomos as três mosqueteiras (kkkkk), parceiras de laboratório, peneiradas (porque somos cabas machas faça chuva ou faça sol kkkk), comilanças e de avaliações de experimentos, obrigada meninas por terem tornado tudo mais divertido e me aguentarem cantando no laboratório, levarei a amizade de vocês para sempre.

A todos os meus professores de toda jornada até aqui que contribuíram de alguma forma para minha formação.

Ao programa de Biologia Geral/Biopropecção e todas as pessoas que de forma direta ou indireta, colaboram para realização deste trabalho.

À FUNDECT e CNPq pelo apoio financeiro e a CAPES pelo financiamento da bolsa que me deu suporte para realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

	PÁGINA
RESUMO GERAL.....	9
ABSTRACT	11
INTRODUÇÃO GERAL.....	13
1.1 Características botânicas.....	14
1.2 Germinação de sementes.....	15
1.3 Crescimento inicial de mudas.....	17
1.4 Estresse hídrico e os processos morfofisiológicos nas plantas.....	19
1.5 Trocas gasosas.....	20
1.6 Fluorescência da clorofila <i>a</i> .....	23
1.7 Enzimas.....	24
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26
CAPÍTULO I – Diferentes disponibilidades hídricas na emergência e características fisiológicas de plântulas de <i>Ormosia arborea</i> (Vell.) Harms.....	39
RESUMO.....	40
ABSTRACT	41
INTRODUÇÃO.....	42
MATERIAL E MÉTODOS.....	43
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
CONCLUSÕES.....	58
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
CAPITULO II – Crescimento inicial e características fisiológicas de mudas de <i>Ormosia arborea</i> (Vell.) Harms em diferentes disponibilidades hídricas.....	69
RESUMO.....	70
ABSTRACT	71
INTRODUÇÃO.....	72
MATERIAL E METODOS.....	74
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	77
CONCLUSÃO.....	95
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	96
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	109
ANEXOS.....	110

## LISTA DE TABELAS

	PÁGINA	
CAPITULO I	38	
TABELA 1	Características de comprimento da parte aérea (CPA), Comprimento de raiz (CR), Comprimento total, Diâmetro do coleto (DC), Área foliar (AF) e Índice de clorofila (IC) de plantas de <i>Ormosia arborea</i> (Vell.) Harms em função de diferentes capacidades de retenção de água (CRA). UFGD, Dourados, 2017.....	50
TABELA 2	Massa fresca da parte aérea (MFPA), Massa fresca de raiz (MFR), Massa seca de parte aérea (MSPA) e Massa seca de raiz (MSR) de plantas de <i>Ormosia arborea</i> (Vell.) Harms em função de diferentes capacidades de retenção de água (CRA). UFGD, Dourados, 2017.....	51
TABELA 3	Fluorescência inicial ( $F_0$ ), Fluorescência máxima ( $F_m$ ), Fluorescência variável ( $F_v$ ), Eficiência quântica potencial do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ), eficiência do fotossistema efetiva da conversão de energia absorvida ( $F_v/F_0$ ) e produção quântica basal dos processos não fotoquímicos no PSII ( $F_0/F_m$ ) de plantas de <i>Ormosia arborea</i> (Vell.) Harms em função de diferentes capacidades de retenção de água (CRA). UFGD, Dourados, 2017.....	54
TABELA 4	Taxa fotossintética ( $A$ ), Transpiração foliar ( $E$ ), Concentração interna de $CO_2$ ( $C_i$ ), eficiência instantânea do uso da água ( $A/E$ ), eficiência de carboxilação da Rubisco ( $A/C_i$ ) e eficiência intrínseca do uso de água ( $A/G_s$ ) de plantas de <i>Ormosia arborea</i> (Vell.) Harms em função de diferentes capacidades de retenção de água (CRA). UFGD, Dourados, 2017.....	55
TABELA 5	Atividade antioxidante das enzimas superóxido dismutase ( $SOD_F$ ) nas folhas e nas raízes ( $SOD_R$ ) e Peroxidase nas folhas ( $POD_F$ ) e nas raízes ( $POD_R$ ) de plantas de <i>Ormosia arborea</i> (Vell.) Harms em função de diferentes capacidades hídricas e tempos de avaliação (CRA). UFGD, Dourados, 2017.....	57



## LISTA DE FIGURAS

		PÁGINA
CAPITULO I		38
FIGURA 1.	Índice de velocidade de emergência (IVE) (a), porcentagem de emergência (% E) (b) e Tempo médio de emergência (TME) (c) de sementes de <i>Ormosia arborea</i> (Vell.) Harms em função de diferentes capacidades de retenção de água (CRA). UFGD, Dourados, 2017.....	48
FIGURA 2.	Potencial hídrico ( $\psi_w$ ) de folhas de <i>Ormosia arborea</i> (Vell.) Harms em função de diferentes capacidades de retenção de água (CRA). UFGD, Dourados, 2017.....	52
CAPITULO II		70
FIGURA 1.	Dados de temperatura externa, interna, foliar (a) e umidade relativa externa e interna (b). UFGD, Dourados, 2017.....	77
FIGURA 2.	Comprimento da parte aérea (CPA) (a), Comprimento de raiz (CR) (b), Comprimento total (c), Diâmetro do coleto (DC) (d), Número de folhas (NF) (e) e Área foliar (AF) (f) de plantas de <i>Ormosia arborea</i> (Vell.) Harms em função de diferentes capacidades de retenção de água e tempos de avaliação. UFGD, Dourados, 2017.....	78
FIGURA 3.	Massa fresca da parte aérea total (MFT) (a) e Massa fresca de raiz total (MST) (b) de plantas de <i>Ormosia arborea</i> (Vell.) Harms em função de diferentes capacidades de retenção de água e tempos de avaliação. UFGD, Dourados, 2017.....	81
FIGURA 4.	Potencial hídrico ( $\psi_w$ ) (a) e Índice de clorofila (IC) (b) de plantas de <i>Ormosia arborea</i> (Vell.) Harms em função de diferentes capacidades de retenção de água e tempos de avaliação. UFGD, Dourados, 2017.....	83
FIGURA 5.	Fluorescência inicial ( $F_0$ ) (a), Fluorescência máxima ( $F_m$ ) (b), Fluorescência variável ( $F_v$ ) (c), Eficiência quântica potencial do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ) (d), eficiência do fotossistema efetiva da conversão de energia absorvida ( $F_v/F_0$ ) (e) e produção quântica basal dos processos não fotoquímicos no FSII ( $F_0/F_m$ ) (f) de plantas de <i>Ormosia arborea</i> (Vell.) Harms em função de	

	diferentes capacidades de retenção de água. UFGD, Dourados, 2017.....	85
FIGURA 6.	Taxa fotossintética (A) (a), Transpiração foliar (E) (b) e eficiência instantânea do uso da água (A/E) (c) de plantas de <i>Ormosia arborea</i> (Vell.) Harms em função de diferentes capacidades de retenção de água e tempos de avaliação. UFGD, Dourados, 2017.....	88
FIGURA 7.	Concentração interna de CO <sub>2</sub> (C <sub>i</sub> ) (a), condutância estomática (G <sub>s</sub> ) (b), eficiência de carboxilação da Rubisco (A/C <sub>i</sub> ) (c) e eficiência intrínseca do uso de água (A/G <sub>s</sub> ) (d) de plantas de <i>Ormosia arborea</i> (Vell.) Harms em função de diferentes capacidades de retenção de água e tempos de avaliação. UFGD, Dourados, 2017.....	90
FIGURA 8.	Atividade antioxidante das enzimas superóxido dismutase (SOD) nas folhas (a) e nas raízes (b); Peroxidase (POD) nas folhas (c) e nas raízes (d) e Catálise (CAT) nas folhas (d) e nas raízes (f) de plantas de <i>Ormosia arborea</i> (Vell.) Harms em função de diferentes capacidades hídricas e tempos de avaliação. UFGD, Dourados, 2017.	93

## ANEXOS

	PÁGINA
ANEXO A	Árvore de <i>Ormosia arborea</i> (Vell.) Harms (a), detalhe dos frutos (b) e suas sementes (c). UFGD, Dourados-MS, 2017..... 110
ANEXO B	Plantas de <i>Ormosia arborea</i> (Vell.) Harms com 60 dias após a semeadura, submetidas á diferentes disponibilidades hídricas. UFGD, Dourados-MS, 2017..... 111
ANEXO C	Mudas de <i>Ormosia arborea</i> (Vell.) Harms tempo 15, submetidas á diferentes disponibilidades hídricas. UFGD, Dourados-MS, 2017... 112
ANEXO D	Mudas de <i>Ormosia arborea</i> (Vell.) Harms tempo 50, submetidas á diferentes disponibilidades hídricas. UFGD, Dourados-MS, 2017... 113
ANEXO E	Mudas de <i>Ormosia arborea</i> (Vell.) Harms tempo 85, submetidas á diferentes disponibilidades hídricas. UFGD, Dourados-MS, 2017... 114
ANEXO F	Mudas de <i>Ormosia arborea</i> (Vell.) Harms tempo 120, submetidas á diferentes disponibilidades hídricas. UFGD, Dourados-MS, 2017..... 115

## RESUMO GERAL

Neste trabalho objetivou-se avaliar a influência de diferentes disponibilidades hídricas na emergência e crescimento inicial de *Ormosia arborea* (Vell) Harms pertencente à família Fabaceae. As sementes utilizadas em todos os experimentos foram coletadas a partir de matrizes distribuídas à margem esquerda do rio Ivinhema no município de Nova Andradina/MS em abril de 2015. As sementes utilizadas para produção das mudas foram escarificadas por 10 minutos em ácido sulfúrico concentrado (98% p.a.) e lavadas em água corrente por 5 minutos, posteriormente semeadas em tubetes contendo substrato Latossolo Vermelho distroférico (peneirado) e areia na proporção de 1:1. O primeiro capítulo trata-se da emergência e aspectos metabólicos das plântulas sob disponibilidade hídricas. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, sob cobertura plástica, sendo os tratamentos divididos em quatro disponibilidades hídricas: 100, 75, 50 e 25% de capacidade de retenção de água (CRA). Para a avaliação da emergência foram determinados a porcentagem, o índice de velocidade e o tempo médio de emergência, após 60 dias da emergência foram avaliados o comprimento da parte aérea, raiz e total, diâmetro do coleto, massa fresca e seca da parte aérea e raízes, índice de clorofila, fluorescência da clorofila *a*, área foliar, taxa fotossintética e transpiratória, eficiência do uso da água, eficiência da carboxilação da RUBISCO e eficiência intrínseca do uso da água, concentração interna de CO<sub>2</sub>, o potencial hídrico e atividade das enzimas superóxido dismutase e peroxidase. Com base nos resultados obtidos podem ser recomendadas tanto para a emergência e crescimentos quanto para as trocas gasosas de plântulas de *O. arborea* as CRA de 75% e 100%. As disponibilidades hídricas de 25% e 50% prejudicaram a emergência e o crescimento inicial das plântulas, assim como as demais características estudadas. No segundo capítulo foram estudadas quais as disponibilidades hídricas adequadas para produção de mudas de *O. arborea* assim como as respostas fisiológicas e a atividade de enzimas antioxidantes a essas condições. As mudas utilizadas possuíam seis meses de idade quando transplantadas e aclimatadas por 15 dias. A irrigação foi realizada três vezes na semana, nas capacidades de retenção de água de 25%, 50%, 75%, e 100%. As características morfológicas e suas relações para determinação dos índices de qualidade das mudas foram analisadas aos 15, 50, 85 e 120 dias após serem transplantadas. O delineamento adotado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 4 (4 disponibilidades hídricas x 4 tempos de avaliação), sendo cada tratamento constituído por 40 mudas. Foram avaliados a altura, diâmetro do caule, número de folhas, comprimento de raiz e parte aérea, massa fresca e seca de raiz e parte aérea, o potencial hídrico, índice de clorofila e

fluorescência da clorofila *a*, trocas gasosas e atividade antioxidante de enzimas (superóxido dismutase, catalase e peroxidase). De acordo com os resultados observados as mudas de *O. arborea* cultivadas nas maiores capacidade de retenção de água (75% e 100% CRA) apresentaram maior crescimento e índice de clorofila, fluorescência da clorofila *a* e trocas gasosas, já a CRA de 25% influenciou negativamente e proporcionou os menores resultados. O déficit hídrico (25% CRA) reduziu o potencial hídrico nas folhas e todas as características do metabolismo fotossintético, com exceção da eficiência instantânea e intrínseca do uso da água (A/E e A/Gs) que aumentaram para as menores disponibilidades. Como tolerância ao estresse as mudas apresentam um sistema antioxidante ativo comprovado pela presença das enzimas SOD, POD e CAT.

**Palavras-chave:** Cerrado, trocas gasosas, estresse hídrico.

**Aspects physiological in the emergence and initial growth of seedlings of *Ormosia arborea* (Vell.) Harms in different water availability**

**ABSTRACT**

In this work aimed to study at evaluating the influence of different water availability in the emergence and initial growth of *Ormosia arborea* (Vell) harms belonging to the Fabaceae family. Seeds used in all experiments were collected from arrays distributed to the left margin of the Ivinhema river in the municipality of Nova Andradina/MS in April 2015. The seeds used for the production of seedlings were ripped by 10 minutes in concentrated sulfuric acid (98% p.a.) and washed in current water for 5 minutes, subsequently sown in tubes containing red latosol substrate (sifted) and sand in the proportion of 1:1. The first chapter deals with the emergence and metabolic aspects of seedlings under water availability. The experiment was conducted at home of vegetation, under plastic coverage, being the treatments divided into four water availability: 100, 75, 50 and 25% water retention capacity (CRA). For the evaluation of the emergency were determined the percentage, speed index and average emergency time, after 60 days of emergency were evaluated the length of the aerial part, root and total, diameter of the collect, fresh and dry mass of the air and roots, chlorophyll index, fluorescence chlorophyll *a*, foliar area, photosynthetic and perspiration rate, water usage efficiency Carboxylation efficiency of RUBISCO and intrinsic efficiency of water use, internal concentration of CO<sub>2</sub>, the water potential and activity of superoxide dismutase and peroxidase enzymes. Based on the results obtained can be reviewed both for emergencies and growths as for the gaseous seedlings of *O. arborea* the CRA of 75% and 100%. The water availability of 25% and 50% have damaged the emergence and initial growth of the seedlings, as well as the other features studied. In the second chapter, it was studied which water availability appropriate for the production of *O. arborea* seedlings as well as physiological responses and the activity of antioxidant enzymes to these conditions. The seedlings used possessed six months of age when transplanted and acclimated for 15 days. Irrigation was performed three times a week in the water retention capacities of 25%, 50%, 75%, and 100%. Morphological characteristics and their relations to determining the quality indexes of the seedlings were analyzed at 15, 50, 85 and 120 days after being transplanted. The design was completely randomized design in 4 x 4 factorial scheme (4 water availability X 4 evaluation times), each treatment consisting of 40 seedlings. The height, diameter of the collect, number of leafs, length of root and aerial part, fresh and dry mass of root and air, the water potential, chlorophyll index and fluorescence of chlorophyll *a*, gaseous exchanges and antioxidant activity of enzymes (superoxide dismutation, catalase and peroxidase). According to the

results observed the changes of *O. arborea* cultivated in the largest water retention capacity (75% and 100% CRA) presented increased growth and chlorophyll index, fluorescence of chlorophyll *a* and gaseous exchanges, already the 25% CRA influenced negatively and provided the smallest results. Water deficit (25% CRA) has reduced the water potential in the sheets and all the characteristics of the photosynthetic metabolism, with the exception of the instant and intrinsic efficiency of the use (A/E and A/GS) that increased to the smallest available. As stress tolerance the seedlings feature an active antioxidant system proven by the presence of SOD, POD and CAT enzymes.

**Keywords:** Cerrado, Gaseous exchanges, Water stress.

## INTRODUÇÃO GERAL

O Cerrado brasileiro do ponto de vista da diversidade biológica é reconhecido como a savana mais rica do mundo, abrigando 11.627 espécies de plantas nativas já catalogadas. Assim, a biodiversidade brasileira é de extrema importância, principalmente com a atividade de bioprospecção, tendo em vista a importância das espécies vegetais, uma vez que a utilização de plantas nativas é empregada para os mais diversos fins quer seja pelo valor ornamental, madeireiro, alimentício ou de preservação (NIETSCHE et al., 2004), ou ainda, com seu potencial pouco explorado.

A biodiversidade pode ser definida pela variedade e variabilidade existente entre organismos vivos, bem como suas complexidades ecológicas (SANDES e DI BLASI, 2000). Segundo Dias (2000), a biodiversidade é uma das propriedades mais fundamentais e importantes da natureza, pois esta é responsável pelo equilíbrio e estabilidade dos ecossistemas, fonte de imenso potencial de uso econômico. A participação desta diversidade encontra-se cada vez maior, seja nos produtos diretos ou indiretos da economia mundial, o que tem obrigado, também, a considerar estes recursos do ponto de vista de planejamento estratégico (RODRIGUES, 2003; FELFELI et al., 2004; AQUINO et al., 2007).

A área do Cerrado incide sobre os estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Bahia, Maranhão, Piauí, Rondônia, Paraná, São Paulo e Distrito Federal, além dos enclaves no Amapá, Roraima e Amazonas. Neste espaço territorial encontram-se as nascentes das três maiores bacias hidrográficas da América do Sul (Amazônica/Tocantins, São Francisco e Prata), o que resulta em um elevado potencial aquífero e favorece ainda mais sua biodiversidade (SANO e ALMEIDA, 1998; MENDONÇA et al., 2008).

Apesar da grande importância que os recursos florestais apresentam, os mesmos tem sofrido grande pressão ao longo dos tempos, devido principalmente à falta de planejamento no uso da terra, tanto em decorrência do desmatamento, seja para fins agropecuários ou industriais (SENA e GARIGLIO, 2008). São várias as transformações ocorridas no Cerrado, bem como os danos, tais como: fragmentação de habitats, extinção da biodiversidade, invasão de espécies exóticas, erosão dos solos, poluição de aquíferos, degradação de ecossistemas, alterações nos regimes de queimadas, desequilíbrios no ciclo de carbono e possivelmente modificações climáticas regionais (KLINK e MACHADO, 2005). Segundo Fonseca et al. (2002), os programas de implantação, recomposição e revitalização de áreas nativas só terão sucesso garantido quando os fatores que alteram a sobrevivência e o desenvolvimento inicial



das mudas durante a fase de viveiro e no campo forem conhecidos. A principal dificuldade enfrentada para produção de espécies florestais nativas é decorrente do crescimento lento apresentado por muitas espécies. Em função da diminuição desses recursos, nos últimos anos, tem-se intensificado o interesse em estudos que envolvem a produção de mudas de espécies nativas, visando o desenvolvimento de tecnologias aplicadas à restauração de áreas degradadas (TEIXEIRA et al., 2011), bem como estratégias que favoreçam a qualidade final do produto, em menor espaço, tempo e custo reduzido (CUNHA et al., 2005).

A crescente necessidade de recomposição de ecossistemas alterados e degradados pelos processos antropológicos, expõe lacunas para o conhecimento biológico e ecológico e fisiológico de espécies de diversos ecossistemas brasileiros, tal como o Cerrado. Nesse sentido, o fluxo de espécies e sementes entre regiões distintas do país e a frequente introdução de espécies em ambientes que naturalmente não ocorrem tornaram-se prática comum nos últimos tempos (GURSKI et al., 2012).

Sendo assim pesquisas relacionadas às características fisiológicas de plantas nativas, quanto à emergência e crescimento inicial tornam-se essenciais para assegurar a sobrevivência e disponibilidades desses materiais genéticos para seus mais diversos fins.

### **1.1.Características Botânicas**

A família Fabaceae compreende cerca de 220 gêneros, com aproximadamente 2807 espécies de árvores, arbustos, lianas ou ervas, 60 subespécies e 717 variedades, sendo largamente distribuída nos domínios fitogeográficos da Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal (LIMA et al., 2015).

As espécies dessa família tem como característica típica um fruto do tipo legume, também conhecido como vagem. A família Fabaceae esta subdividida em 3 subfamílias distintas: Faboideae (ou Papilionoideae), Caesalpinioideae (ou Caesalpinaceae) e Mimosoideae (ou Mimosaceae). Uma característica importante desta família encontra-se na simbiose de suas raízes com bactérias do gênero *Rhizobium* e semelhantes, que auxiliam na fixação do nitrogênio da atmosfera, característica ecológica de extrema importância (MOURÃO et al., 2011), dentre essas espécies inclui-se *Ormosia arborea* (Vell.) Harms, pertencente a subfamília Faboideae.

A *Ormosia arborea* (Vell.) Harms é uma espécie arbórea nativa encontrada nos domínios fitogeográficos de Cerrado e Mata Atlântica (CARDOSO e MEIRELES, 2015), conhecida popularmente como olho-de-cabra, olho-de-boi, pau-ripa, coronha, angelim-ripa e pau-de-santo-inácio. Há registros de sua ocorrência desde a Bahia, Minas Gerais, Mato

Grosso do Sul até Santa Catarina. Esta espécie apresenta importância econômica diversificada tendo sua madeira empregada mundialmente na indústria madeireira, devido sua rigidez e durabilidade (NADALETE et al., 2015). As sementes SÃO utilizadas na confecção de artesanato pelos indígenas, suas folhas possuem valor medicinal e ainda, pode ser utilizada na arborização urbana e em plantios mistos para a recuperação de áreas degradadas (MARQUES et al., 2004).

As plantas desta espécie apresentam altura entre 15 e 20 m, diâmetro do tronco entre 50 e 70 cm e copa arredondada com diâmetro médio de 6 a 8 m, exibindo floração arroxeada (LORENZI, 2008). Os frutos quando maduros exibem sementes em formato ovado-arredondado, com tegumento de textura lisa, testa bicolor, laranja-avermelhada e preta (ANEXO A), classificadas como mimético por Van Der Pijl (1982). A manifestação de mimetismo é um mecanismo utilizado para atração de dispersores, pois sementes de testa dura, necessitam ter uma coloração chamativa como se fossem bagas, ou, possuíssem arilo comestíveis como atrativo (FIGLIOLIA e CRESTANA, 1995; BASQUEIRA et al., 2011).

*O. arborea* é classificada como secundária tardia ou clímax exigente de luz, é uma espécie esciófila e heliófila, moderadamente resistente ao frio. O tronco é de reto a levemente tortuoso, com casca externa rugosa, folhas são compostas, imparipenadas e compostas de folíolos coriáceos, glabros, com nervuras bem salientes. As flores roxas são reunidas em panículas amplas e terminais, e, os frutos deiscentes apresentam pericarpo lenhoso que mantêm uma conexão com suas sementes arredondadas e bicolores (CARVALHO, 2008).

Considerando a ampla distribuição e importância da espécie, informações sobre o estabelecimento destas plantas em ambientes naturais são essenciais, tanto para a tecnologia de produção de mudas, bem como em trabalhos de regeneração e manejo de comunidades naturais ou implantadas, auxiliam também na determinação do estágio sucessional da planta em ambiente natural (DAVIDE et al., 1995; CAMARGO et al., 2000; DONADIO e DEMATTÊ, 2000; PINÃ-RODRIGUES, 2002; CUNHA e FERREIRA, 2003; RODRIGUES e TOZZI, 2007).

## **1.2 Germinação de Sementes**

As informações sobre germinação de sementes de espécies do Cerrado encontram-se dispersas, necessitando de aprofundamento devido à ausência de padronização de procedimentos e as variações de comportamento e disponibilidade de sementes (SALOMÃO e SOUZA-SILVA, 2003). O estudo da ecofisiologia da germinação permite a compreensão dos processos que regulam a longevidade das sementes no solo e o estabelecimento das

plantas em condições de ambientes naturais (VÁZQUEZ-YANES e OROSCO-SEGOVIA, 1987).

A germinação é definida como a capacidade da semente produzir uma plântula que, pelas características das estruturas essenciais do embrião, demonstra aptidão para produzir uma planta normal sob condições de campo (BRASIL, 2009), sendo que a retomada do crescimento e desenvolvimento do eixo embrionário da semente se inicia com a absorção de água (BEWLEY e BLACK, 1994; CARVALHO e NAKAGAWA, 2012). Para que o processo de germinação ocorra é necessário que as sementes sejam submetidas a condições favoráveis, sendo assim, o conhecimento destas é de fundamental importância, principalmente, pelas respostas diferenciadas que podem apresentar devido a diversos fatores como dormência, condições ambientais (água, luz, temperatura, umidade do solo), oxigênio e ocorrência de agentes e patógenos associados ao tipo de solo (RAMOS e BIANCHETTI, 1984; BRASIL, 2009; CARVALHO e NAKAGAWA, 2012).

A espécie *O. arborea* apresenta baixa porcentagem de germinação, em torno de 50%, mesmo quando mantida sob condições favoráveis de temperatura e umidade, isso em razão de dormência física, por apresentar o tegumento duro, com elevado grau de impermeabilidade, determinando atraso na germinação e desuniformidade de plântulas durante a fase de produção de mudas (LORENZI, 2008). A escarificação química mostrou-se como método mais eficiente na superação da dormência e auxilia na ruptura, total ou parcial, do tegumento da semente, facilitando a entrada de água e promovendo assim, a germinação (JUNGLOS et al., 2015).. No entanto de acordo com os mesmos autores a dormência observada em *O. arborea* é uma importante característica para tolerar condições adversas, como o alagamento.

Segundo Dias et al (2004), o funcionamento das atividades fisiológicas da germinação é dependente da capacidade de embebição da semente, pois a água é fator limitante no processo germinativo. Sementes muito duras que apresentam testa impermeável que impedem ou limitam a entrada de água e gases para o embrião, retardam o processo de germinação da mesma. A germinação desse tipo de semente na natureza é lenta, pois dependem da ação de intempéries e animais para quebrar o tegumento e torná-las permeáveis. Entretanto, em condições de laboratório, a escarificação é uma alternativa utilizada para superar a dormência e agilizar o processo de germinação.

A utilização de sementes é a maneira mais usual de propagação das espécies e também considerada mais fácil e economicamente viável quando comparada a propagação vegetativa e a micropropagação (SILVEIRA et al., 2002). Porém, o sucesso na utilização de sementes depende de uma germinação rápida e uniforme, seguida por pronta emergência das plântulas,

pois, quanto mais tempo a plântula demorar a emergir e permanecer nos estádios iniciais de desenvolvimento, mais vulnerável estará às condições adversas do ambiente (MARTINS et al., 2000).

A disponibilidade de água é um dos fatores essenciais para desencadear a germinação, pois durante esse processo a absorção de água promove o amolecimento do tegumento, o aumento do volume do embrião e a mobilização das reservas, o que facilita a ruptura do tegumento, a difusão de oxigênio (MARCOS FILHO, 2015). De acordo com o mesmo autor a disponibilidade de água proporciona a diluição do protoplasma, permite a difusão de hormônios e a consequente ativação de sistemas enzimáticos, com isso, desenvolvem-se a digestão, a translocação e a assimilação das reservas, resultando no crescimento do embrião e protrusão da raiz primária.

Deste modo, o conhecimento sobre como o estresse hídrico interfere na germinação tem importância especial para a ecofisiologia, na avaliação dos limites de tolerância e capacidade de adaptação das espécies (BELLO et al., 2008).

### **1.3 Crescimento inicial de mudas**

A realização de análises de crescimento tem como objetivo estudar os efeitos que os métodos de cultivo exercem sobre as espécies, sendo de extrema importância, uma vez que, o crescimento é um dos mais apropriados índices para avaliar as respostas das plantas ao ambiente e aos eventuais estresses abióticos e bióticos que eles exercem nas mesmas (NILSEN e ORCUTT, 1996).

Análises de crescimento em espécies florestais são fundamentais para a identificação de características ecofisiológicas de germinação e desenvolvimento das plantas, pois estas demonstram uma grande diversidade e complexidade de respostas em relação a fatores ambientais, principalmente luz, temperatura, umidade, especialmente, em área de Cerrado (BARBOSA et al., 1999, KANEGAE et al., 2000; RAMOS et al., 2004; SIMÃO et al., 2007, SCALON et al., 2011; DRESCH et al., 2016). O suprimento inadequado de um desses fatores pode reduzir drasticamente o vigor e limitar o desenvolvimento das plantas (SCALON et al., 2001).

Dentre os fatores ambientais que podem influenciar o metabolismo do vegetal destaca-se, a radiação solar incidente, a umidade relativa do ar, a temperatura, a velocidade do vento, a precipitação e a pressão. Esse conjunto de fatores também descrevem as condições climáticas de uma região apta ou não, ao cultivo de determinada espécie vegetal (PEREIRA et al., 2002; PIVETTA, 2010).

A produção de mudas em viveiros constitui uma das fases mais importantes do processo de implantação de povoamentos florestais, pois, mudas de baixa qualidade podem comprometer todas as operações seguintes (COSTA et al., 2008). Mudas com padrão adequado de qualidade apresentam melhores condições de crescimento e de competição por água, luz e nutrientes (CARON et al., 2010), proporcionando uma maior resistência a esses fatores adversos (PAIVA e GOMES, 1995). Assim informações sobre crescimento das plantas em resposta a esses fatores são essenciais para a produção de mudas de qualidade (SILVA et al., 2007).

A baixa umidade no solo leva ao fechamento estomático e como consequência, uma diminuição da fixação do CO<sub>2</sub>, o que causa uma diminuição gradual da taxa fotossintética (MARENCO e LOPES, 2009). Assim sendo, a disponibilidade de água é um fator limitante para o crescimento de mudas e o balanço entre o ganho (absorção pelas raízes) e a perda de água por evapotranspiração, determina a probabilidade de sobrevivência das plântulas (FERREIRA e BORGUETTI, 2004).

Diversas variáveis de crescimento têm sido utilizadas para avaliar o comportamento das mudas de espécies florestais em a disponibilidade hídrica, sendo que, esse crescimento pode ser medido em termos de mudança de peso fresco, durante um determinado período. No entanto, Taiz e Zeiger (2013), enfatizam que o peso fresco de plantas crescendo no solo flutua em resposta às alterações do status hídrico, em tais situações, as medições do peso seco são frequentemente mais apropriadas.

Algumas plantas submetidas a déficit hídrico, diferentemente das encontradas em ambientes com disponibilidade hídrica adequada, apresentam folhas com a cutícula mais espessa, e podendo ocorrer a abscisão foliar causada pela ação do etileno, como consequência da síntese do ácido abscísico, fitohormônio sintetizador de estresse hídrico (LACHER, 2006; TAIZ e ZEIGER, 2013). A imposição do estresse reduz a alocação de biomassa para as folhas e caules e aumenta a translocação para as raízes. Essa resposta da planta, pode estar associada a um mecanismo de tolerância ao estresse hídrico, pois sob condições de baixa disponibilidade hídrica no solo, as plantas tendem a investir mais na biomassa no sistema radicular, permitindo maior crescimento de raízes e, conseqüentemente, aumento da capacidade de absorção de nutrientes (CORREIA e NOGUEIRA, 2004).

A extensão dos efeitos da deficiência hídrica nas espécies vegetais depende da sua intensidade, da duração, e da capacidade genética das plantas em responder às mudanças do ambientais (CHAVES, 1991; SANTOS e CARLESSO, 1998).

#### **1.4 Estresse hídrico e os processos morfofisiológicos nas plantas**

O termo estresse hídrico geralmente é definido como um fator externo, que exerce uma influência desvantajosa sobre a planta, este conceito está intimamente relacionado ao de tolerância ao estresse, que é, a aptidão da planta para enfrentar um ambiente desfavorável (TAIZ e ZEIGER, 2013).

O estresse causa desvio significativo das condições ótimas para a vida, e induz a mudanças e respostas em todos os níveis funcionais do organismo, os quais, são reversíveis a princípio, mas, podem se tornar permanente (LARCHER, 2006). O termo estresse é relacionado ao conceito de tolerância, mas existe uma variabilidade muito grande no grau de tolerância à falta d'água entre espécies. Esta diferença é observada por meio do valor do potencial de hídrico ideal para as plantas. Além disto, o estágio de desenvolvimento da planta em que ocorre o estresse também é crítico para a produtividade e sobrevivência das mesmas (PIMENTEL, 2004; INMAM-BAMBER e SMITH, 2005). Uma planta pode estar submetida a vários tipos de estresses ambientais. Tratando-se do status hídrico, a planta pode sofrer injúrias tanto por excesso, como por falta de água também chamado de estresse por déficit hídrico (ANGELOCCI, 2002).

Logo, deficiência hídrica pode ser definida como todo o conteúdo de água de um tecido ou célula, que está abaixo do conteúdo de água mais alto exibido no estado de maior hidratação (TAIZ e ZEIGER, 2013). A deficiência hídrica é um dos fatores de estresse que causa maiores danos nos processos fisiológicos e metabólicos das plantas, acarretando em reduções na produtividade (PIMENTEL, 2004; TAIZ e ZEIGER, 2013).

Em condições de déficit hídrico, as taxas de assimilação de CO<sub>2</sub> são negativamente afetadas, principalmente, devido ao mecanismo de fechamento dos estômatos. Com o fechamento estomático, as plantas não só reduzem as perdas de água por transpiração, como também reduzem o suprimento de CO<sub>2</sub> para as folhas e, como consequência, a produção de biomassa das plantas é comprometida (PAIVA et al., 2005)

Dixon et al. (1990) salienta que a fotossíntese pode ser utilizada como ferramenta para indicar condições de estresses causadas pelo ambiente e na seleção de condições de crescimento apropriadas para diferentes espécies, por ser um dos processos fisiológicos fundamentais na modelagem de aspectos de crescimento da árvore. Segundo Martinazzo (2013) o padrão sazonal da atividade fotossintética é variável entre populações que crescem sob condições de campo e/ou sob estresses abióticos.

A resistência ao estresse hídrico se manifesta geralmente de quatro formas: limitação no crescimento, adaptações morfológicas, adaptações fisiológicas e alterações metabólicas,

sendo o crescimento celular considerado o processo mais sensível à baixa disponibilidade hídrica, com a divisão e expansão celular sendo diretamente inibidas pelo estresse hídrico (ZHU, 2001; SAUSEN, 2007), isto deve-se ao impacto da falta de água sobre a taxa de expansão das células, devido à perda de turgor (SAUSEN, 2007; TAIZ e ZEIGER, 2013).

O excesso de água no solo também é um fator de redução do crescimento e rendimento das culturas (FLOSS, 2008). Segundo Medri et al. (1998) a saturação hídrica nas plântulas é superada por adaptações que incluem a formação de lenticelas hipertróficas, inibição do alongamento de entrenós, aceleração de senescência, abscisão foliar e deterioração de raízes (por ação de microrganismos), com substituição por raízes mais espessas e pouco ramificadas.

### **1.5 Trocas Gasosas**

Baixa umidade, alta temperatura do ar e alta luminosidade propiciam o rápido dessecação dos tecidos foliares, deixando as plantas expostas a esses ambientes, ainda mais suscetíveis aos danos fotoquímicos. Os tecidos foliares podem manter-se adequadamente hidratados desde que o controle estomático e a absorção de água pelas raízes sejam eficientes (FRANCO et al., 2007). Contudo, restrições na abertura estomática, minimizam a perda de água, porém diminuem a entrada de CO<sub>2</sub> e conseqüentemente a fase bioquímica da fotossíntese aumenta o risco de fotoinibição por excesso de ATP e NADPH, produto da fase fotoquímica.

As trocas gasosas atuam no balanço energético das folhas, participando da regulação de sua temperatura, de maneira a deixá-la dentro da faixa de valores ótimos aos processos fisiológicos das plantas e de adaptação ao ambiente (PINCELLI, 2010)

O estômato é o principal responsável pelas trocas gasosas, e é formado por um par de células-guarda, o poro estomático (ostíolo) e células subsidiárias, que circundam as células-guarda auxiliando no controle da abertura e fechamento estomáticos. A resistência estomática, ou seja, o grau de fechamento dos estômatos, que por sua vez é o inverso da condutância estomática, é regulado pela planta de forma que a transpiração é proporcional ao balanço de energia, sem induzir aquecimento excessivo das folhas, evitando assim danos ao aparelho fotossintético (LARCHER, 2006; TAIZ e ZEIGER, 2013). Acredita-se que o status hídrico das células da epiderme é responsável pela abertura estomática, e não o aumento do status hídrico da folha (INMAN-BAMBER e SMITH, 2005).

A célula-guarda difere-se morfológicamente entre as espécies de plantas (TAIZ e ZEIGER, 2013), a quantidade, distribuição, tamanho, forma e plasticidade dos estômatos são

características de cada espécie e podem ser alteradas em função das adaptações às condições ambientais (LARCHER, 2006).

A densidade estomática presente em uma folha é inversamente proporcional à expansão das células da epiderme. Assim, quanto mais as células da epiderme se expande durante o crescimento da folha, menor será a densidade estomática. Ainda, a quantidade de estômatos de uma folha é definida no decorrer do processo de crescimento, e os fatores que mais influenciam nesta quantidade são as diferenças na intensidade luminosa e a disponibilidade hídrica (KOUWENBERG et al., 2004). Entre espécies há uma grande variação nas dimensões e frequência de estômatos, o que tem grande importância na regulação das trocas gasosas (ANGELOCCI, 2002).

A regulação da abertura e fechamento estomático é um processo extremamente complexo, envolvendo fatores do ambiente e da própria planta em questão. O rápido fechamento estomático é uma característica desejável, sendo causado pela eficiente sinalização entre as raízes e folhas (INMAN-BAMBER e SMITH, 2005; MACHADO, 2009).

O fechamento estomático precoce é uma das primeiras respostas de tolerância à seca. O potencial hídrico na folha pode ser visto como uma medida de sensibilidade ao estado da água no solo, contudo a condução estomática diminui em resposta à seca do solo, sem alterações significativas no potencial hídrico (SMIT e SINGELS, 2006).

A saturação de água no solo provoca a deficiência de oxigênio e o baixo potencial redox do solo, que afetam desfavoravelmente vários aspectos da fisiologia vegetal, como mudanças na assimilação de carbono, absorção de macronutrientes e supressão do metabolismo respiratório das raízes (KOZLOWSKI, 1997; PEZESHKI, 2001; KREUZWIESER et al., 2004). Segundo Taiz e Zeiger (2013) a maioria das espécies, a estratégia de sucesso combina respostas morfológicas, anatômicas e fisiológicas. Entre a resposta das plantas ao alagamento está o fechamento estomático, que causa danos no fotossistema II e a diminuição na fotossíntese também são respostas comuns à deficiência de oxigênio no solo. Limitações estomáticas e não estomáticas são responsáveis pelo decréscimo na fotossíntese (TAIZ e ZEIGER, 2013).

O ácido abscísico (ABA) é um fitohormônio que desempenha papéis críticos na regulação do crescimento e desenvolvimento das plantas, tendo como funções principais o desenvolvimento de sementes (retarda a germinação), o aumento da condutividade hidráulica, confere tolerância a desidratação e ao frio e está relacionado a abertura e fechamento estomático. Em condições de estresse hídrico ou salino, sua concentração endógena é aumentada fazendo com que haja o crescimento da raiz, o que favorece encontrar água nas



camadas mais profundas do solo; na redução da parte aérea, para evitar gastos energéticos; no fechamento estomático para consequente redução da transpiração, evitando mais perdas de água (TAIZ e ZEIGER, 2013). Assim, com um ligeiro ressecamento do solo, mesmo que não afete as relações hídricas da parte aérea, causa aumento na concentração de ABA no xilema, levando ao fechamento estomático (SANTOS e CARLESSO, 1998; STEUDLE, 2000; INMAM-BAMBER e SMITH, 2005).

O fechamento dos estômatos restringe as trocas de gases entre o interior da folha e a atmosfera, causando diminuição na assimilação de CO<sub>2</sub>, que é utilizado no processo fotossintético, diminuindo a atividade carboxilase e aumentando a atividade oxigenase da RUBISCO (Ribulose-1,5-bofosfato carboxilase oxigenase). O ABA afeta o grau de abertura estomática, controlando o influxo e efluxo de K<sup>+</sup> (potássio) nas células guardas, assim como os de Cl<sup>-</sup> (cloro) e ácidos orgânicos na plasmalema e tonoplasto dessas células, para o balanço iônico. Este processo controlará a entrada ou saída de água nas células guardas e consequente o movimento estomático (PIMENTEL, 1998; ANGELOCCI, 2002).

Além disso, o ABA desempenha importante papel, por intermédio de sinais químicos para comunicação das raízes com o dossel vegetativo, na resposta à deficiência hídrica no solo, influenciando as respostas da planta e regulando suas características morfofisiológicas (SANTOS e CARLESSO, 1998; SASSAKI e MACHADO, 1999; INMAM-BAMBER e SMITH, 2005).

A capacidade de reduzir a transpiração permite que as plantas tenham melhor gestão da água disponível no solo. Quando as plantas fecham antecipadamente, mas reversivelmente os estômatos, essa adaptação é modulativa. Uma adaptação modificativa ocorre quando folhas que se desenvolvem sob condições de deficiência hídrica apresentam estômatos menores, porém, com densidade estomática maior (LARCHER, 2006; PAIVA e OLIVEIRA, 2006). A maior densidade e menor tamanho dos estômatos, aumentam a resistência estomática, a qual, limita o excesso de perda de água por transpiração (SILVA, 2008). Sendo assim, uma única variável fisiológica de forma isolada não deve ser considerada quando se analisa a capacidade de tolerância ou resistência à seca (NASCIMENTO et al., 2011). Por isso, segundo Nogueira et al. (2001) o ideal é que sejam analisados um conjunto de variáveis, tais como, potencial hídrico, condutância estomática, temperatura e a transpiração foliar, que são coletivamente considerados indicativos do desempenho dos vegetais diante do estresse hídrico.

## 1.6 Fluorescência da clorofila *a*

As medições da fluorescência da clorofila contribuem para o conhecimento do processo fotoquímico da fotossíntese, e, esta ferramenta é frequentemente usada para avaliar o efeito de fatores ambientais sobre o metabolismo fotossintético e o estado fisiológico das plantas, bem como, medir o grau de tolerância das mesmas frente a diversos estresses abióticos (PEREIRA, 2001; STIRBET e GOVINDJEE, 2011). A fluorescência pode ser útil para explicar possíveis diferenças no crescimento das plantas sob diferentes disponibilidades hídricas, além de, não ser destrutiva e de fácil obtenção por meio de aparelho de fluorescência portáteis.

As principais variáveis analisadas nas medições da fluorescência da clorofila *a* são: fluorescência inicial ( $F_0$ )- representa a fluorescência quando todos os centros de reação estão abertos, quando QA (quinona receptora primária de elétrons do fotossistema P<sub>680</sub> ou PSII) está totalmente oxidada e o centro de reação do PSII esta aberto, próximo à ativação das reações fotoquímicas; fluorescência máxima ( $F_m$ )- representa a fluorescência quando todos os centros de reação estão fechados, fluorescência variável ( $F_v$ )- determinada pelo estado do centro de reação (aberto ou fechado), sendo definida pela diferença entre  $F_m$  e  $F_0$ , ou seja,  $F_v = F_m - F_0$  e rendimento quântico máximo do PSII ( $F_v/F_m$ ) (MAXWELL e JOHNSON, 2000; MOUGET e TREMBLIN, 2002).

A  $F_0$  refere-se à emissão de fluorescência pelas moléculas de clorofila *a* do complexo coletor de luz do PSII. O  $F_m$  indica a completa redução da quinona A a partir da incidência de um pulso de luz no centro de reação QA, gerando fluorescência máxima. A diferença entre  $F_m$  e  $F_0$  resulta na fluorescência variável ( $F_v$ ), que representa o fluxo de elétrons do centro de reação do PSII até a plastoquinona (PQH<sub>2</sub>) (MAXWELL e JOHNSON, 2000; MOUGET e TREMBLIN, 2002). A razão  $F_v/F_m$  é uma estimativa da eficiência quântica máxima da atividade fotoquímica do fotossistema II, quando todos os centros de reação do PSII estão abertos (BAKER e ROSENQVST, 2004). Essa relação tem sido utilizada para detectar alterações no sistema fotossintético causada pelo estresse, já que sua diminuição indica um declínio na eficiência fotoquímica do PSII e distúrbios ou danos no aparato fotossintético (BELKHODJA et al., 1994; PERCIVAL e FRASER, 2001; GLYNN et al., 2003).

Sob condições de estresse, a menor eficiência fotossintética nas plantas pode ser causada pela: 1) menor dissipação de energia por meio do transporte de elétrons, provocando um declínio na eficiência quântica potencial do PSII, indicada pelo menor  $F_v/F_m$ , e taxa de transporte de elétrons; 2) início dos processos de fotoinibição quando a capacidade de fotoproteção é excedida, sendo indicado pelo declínio na relação  $F_v/F_m$ , acompanhado pelo

aumento de  $F_0$ , devido à redução excessiva da cadeia de transporte de elétrons (CHAGAS, 2007). Dessa forma, a habilidade em manter elevadas razões de  $F_v/F_m$  sob condição de estresse hídrico pode ser um indicativo da eficiência no uso da radiação na fase fotoquímica e pela assimilação de carbono na fase bioquímica da fotossíntese (SILVA et al., 2007; GRAÇA, 2009), podendo ser um indicativo de fotoinibição associada a danos no PSII (MAXWELL e JONHSON, 2000).

### 1.7 Enzimas

Fatores como o estresse hídrico ou solos salinos, podem limitar a germinação, crescimento e o desenvolvimento de diversas espécies, em diferentes regiões. As adaptações às condições estressantes as plantas resultam em eventos integrados que ocorrem em vários níveis, envolvendo alterações morfológicas, anatômicas, celulares, bioquímicas e moleculares (NOGUEIRA et al., 2005). Essas alterações variam com a espécie e o estágio de desenvolvimento da planta, assim como, com o tipo de estresse, a duração e a intensidade do mesmo (LARCHER, 2006).

Espécies reativas de oxigênio (ERO<sub>s</sub>) compostos químicos são produzidas nas células tanto sob condições estressantes como sob condições normais e parece ser um evento dinâmico durante o desenvolvimento vegetal, bem como, uma resposta da planta a estresses bióticos e abióticos (APEL e HIRT, 2004). Sob condições não estressantes, a formação e remoção das ERO<sub>s</sub> estão em equilíbrio. O estresse oxidativo é caracterizado pela superprodução de espécies reativas, e, pode ser induzido por uma ampla variedade de fatores ambientais, tais como estresse salino, estresse osmótico, invasão de patógenos, ação de herbicidas, dentre outros. Entre as diversas consequências do déficit hídrico sobre o desenvolvimento de plantas, a restrição na aquisição de nutrientes e água é comumente reconhecida (HERNANDEZ et al., 2000; MANIVANNAN et al., 2008).

As ERO são subprodutos do metabolismo aeróbico e fotossintético e, em concentrações compatíveis com a homeostase redox celular, são componentes de diversas vias de sinalização (FOYER e NOCTOR, 2003). No entanto, o excesso das ERO causa danos oxidativos em proteínas, lipídeos e ácidos nucleicos, caracterizando o estresse oxidativo secundário (BEN-AMOR et al. 2005). Para evitar os danos oxidativos, a concentração das ERO é mantida em níveis não tóxicos por meio de mecanismos antioxidantes enzimáticos e não enzimáticos (MOLLER et al., 2007).

Para eliminar essas espécies reativas, as plantas apresentam sistemas enzimáticos antioxidantes que constituem uma importante defesa primária contra os radicais livres gerados

sob condições de estresse, como a superóxido dismutase (SOD) que catalisa a dismutação do radical superóxido em  $H_2O_2$  e  $O_2$  e se localizam principalmente nas mitocôndrias e nos cloroplastos, compartimentos que geram a maior parte das EROs nas células vegetais; a catalase (CAT) enzimas peroxissomais e glioxissomais e a ascorbato peroxidase (APX), que apresentam várias isoformas distribuídas por diversos compartimentos celulares e podem hidrolizar o  $H_2O_2$  em  $H_2O$  e  $O_2$ . Entretanto, esta regulação pode ser perdida se o estresse for mais severo, aumentando consideravelmente a produção de radicais livres que podem levar a uma cascata de eventos que inicia com a peroxidação de lipídeos, avançando para a degradação de membranas e morte celular (GREGGAINS et al., 2000; SHIGEOKA et al., 2002; APEL e HIRT, 2004; PASSARDI et al., 2004; YANIK e DONALDSON, 2005; CAVALCANTI et al., 2007). Em conjunto, estas enzimas representam componentes importantes do sistema de proteção oxidativa nas folhas e raízes (CAVALCANTI et al., 2004; CAVALCANTI et al., 2007).

Considerando que a *O. arborea* é amplamente encontrada em mata ciliar, nossa hipótese é de que suas plântulas devem emergir e crescer melhor, bem como, suas mudas realizarem maiores trocas gasosas, quando cultivadas em solo com maior disponibilidade de água.

Diante do exposto, neste trabalho objetivou-se avaliar a influência de diferentes disponibilidades hídricas na emergência e crescimento inicial de *O. arborea* (Vell) Harms, bem como, sobre as características fisiológicas das mesmas.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ANGELOCCI, L. R. **Água na planta e trocas gasosas/energéticas com a atmosfera: introdução ao tratamento biofísico**. Piracicaba: Ed. 2002, p.272 .

APEL, K.; HIRT, H. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. **Annual Review of Plant Biology**, v. 55, n. 373-399, 2004.

AQUINO, F. G., WALTER, B. M. T.; RIBEIRO, J. F. Dinâmica de populações de espécies lenhosas de cerrado. **Revista Árvore**, v.31, p. 793-803, 2007.

BAKER, N. R.; ROSENQVIST, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany**, v.55, n.403, p.1607-1621, 2004.

BARBOSA, A. R.; YAMAMOTO, K.; VÁLIO, I. F. M. Effect of light and temperature on germination and early growth of *Vochysia tucanorum* Mart., Vochysiaceae, in cerrado and forest soil under different radiation levels. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 22, n. 2, p. 275-280, 1999.

BASQUEIRA, R. A., PESSA, H, SOUZA-LEAL, T., PEDROSO- DE-MORAES, C. Superação de dormência em *Ormosia arborea* (fabaceae: *papilionoideae*) pela utilização de dois métodos de escarificação mecânica em diferentes pontos do tegumento. **Revista em agronegócios e meio ambiente**, v.4 n.3, p. 547-561, 2011.

BELKHODJA, R.; MORALES, F.; ABADÍA, A.; GOMES-APARISI, J.; ABADÍA, J. Chlorophyll Fluorescence as a Possible Tool for Salinity Tolerance Screening in Barley (*Hordeum vulgare* L.) **Plant Physiology**, v. 104, n. 02, p. 667-673, 1994.

BELLO, E. P. B. C. S.; ALBUQUERQUE, M. C. F.; GUIMARÃES, S. C.; MENDONÇA, E. A. F. Germinação de sementes de *Amburana acreana* (Ducke) submetidas a diferentes condições de temperatura e de estresse hídrico. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30 , n. 3, p. 16-24, 2008.

BEN AMOR, N.; BEN HAMED, K.; DEBEZA, A.; GRIGNONB, C.; ABDELLEY, C. Physiological and antioxidant responses of the perennial halophyte *Crithmum maritimum* to salinity. **Plant Science**, v. 168, p. 889-899, 2005.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2. ed. New York: Plenum Press, 1994. 445 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p.

CAMARGO, I. P.; CASTRO, E. M.; GAVILANES, M. L. Aspectos da anatomia e morfologia de amêndoas e plântulas de castanheira-do-brasil. **Cerne**, v. 6, n. 2, p.11-18, 2000.

CARDOSO, D. B. O. S.; MEIRELES, J. E. *Ormosia* in **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB29802>>. Acesso em: 17 Mai. 2015.

CARON, B. O.; SOUZA, V. Q.; CANTARELLI, E. B.; MANFRON, P. A.; BEHLING, A.; ELOY, E. Crescimento em viveiro de mudas de *Schizolobium parahyba* (Vell.) S. F. Blake. submetidas a níveis de sombreamento. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 4, p. 683-689, 2010.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Semente: ciência, tecnologia e produção**. 4 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012, p. 590.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo, PR: Embrapa Florestas, p. 211-215, 2008.

CAVALCANTI, F. R.; OLIVEIRA, J. T. A.; MARTINS-MIRANDA, A. S.; VIÉGAS, R. A.; SILVEIRA, J. A. G. Superoxide dismutase, catalase and peroxidase activities do not confer protection against oxidative damage in salt-stressed cowpea leaves. **New Phytologist**, v. 163, p.563-571, 2004.

CAVALCANTI, F. R.; LIMA, J. P. M. S.; FERREIRA-SILVA, S. L.; VIÉGAS, R. A.; SILVEIRA, J. A. G. 2007. Roots and leaves display contrasting oxidative response during salt stress and recovery in cowpea. **Journal of Plant Physiology**, v. 164, p. 591-600, 2007.

CHAGAS, R. M. **Alterações fotossintéticas e respostas oxidativas em plantas de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) tratadas com paraquat.** 2007. 82 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2007.

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

CORREIA, K. G.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Avaliação do crescimento do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetido a déficit hídrico. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.4, n.2, 2004.

CUNHA, M. C. L.; FERREIRA, R. A. Aspectos morfológicos da semente e do desenvolvimento da planta jovem de *Amburana cearensis* (Arr. Cam.) A. C. Smith - cumaru Leguminosae Papilionoideae. **Revista Brasileira de Sementes**, v.25, n.2, p.89-96, 2003.

CUNHA, A. O.; ANDRADE, L. A.; BRUNO, R. L. A.; SILVA, J. A. L.; SOUZA, V.C. Efeitos de substratos e das dimensões dos recipientes na qualidade das mudas de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex D.C.) Standl. **Revista Árvore**, v.29, n.4, p.507-516, 2005.

COSTA, E. C.; D'AVILA, M.; CANTARELLI, E. B.; MURARI, A. B.; MANZONI, C. G. **Entomologia florestal.** Santa Maria, RS: Ed. da UFSM, 2008. p. 240.

DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R.; BOTELHO, S. A. **Propagação de espécies florestais.** Belo Horizonte: CEMIG/ UFLA/ FAEPE, 1995. p.40.

DIAS, B. S. **A implementação da Convenção sobre Diversidade Biológica no Brasil. Desafios e oportunidades.** São Paulo: Fundação André Tosello, 2002. p. 10.

DIAS, P. C.; LOPES, J. C.; MACEDO, C. M. P. Tratamentos de Dormência de sementes de *Ormosia arborea* (Vell.) Harms. **Brasil Florestal**, n. 80, 2004.

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.

DONADIO, N. M. M.; DEMATTÊ, M. E. S. P. Morfologia de frutos, sementes e plântulas de canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.) e jacarandá da Bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr.All. ex Benth.) Fabaceae. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 22, n. 1, p.64-73, 2000.

DRESCH, D. M.; SCALON, S. P. Q.; MUSSURY, R. M.; KODAMA, F. M. Initial growth of *Campomanesia adamantium* (Cambess) O. Berg. Seedlings on substrates with different compositions and water retention capacities. **Bioscience. Journal.**, v. 32, n. 1, p. 1-10, 2016.

FELFILI, J. M.; SILVA-JÚNIOR, M. C.; SEVILHA, A. C.; FAGG, C. W.; WALTER, B. M. T.; NOGUEIRA, P. E.; REZENDE, A. V. Diversity, floristic and structural patterns of Cerrado vegetation in Central Brazil. **Plant Ecology**, v. 175, p. 37-46, 2004.

FERREIRA, A. G., BORGHETTI, F. B. **Germinação: do básico ao aplicado**. 1a ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 323 p.

FIGLIOLIA, M. B.; CRESTANA, C.S.M., Quebra de dormência em sementes de *Ormosia arborea* (Vell) Arms (*Leguminosae-Papilinoideae*) **Revista do Instituto Florestal**, v.7, n. 2, p. 115- 265, dez.1995.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas**. Passo Fundo-RS: UPF, ed. 4, 749, p. 2008.

FONSECA, E. P.; VALÉRI, S. V.; MIGLIORANZA, E.; FONSECA, N. A. N.; COUTO, L. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, v. 26, n. 4, p. 515-23, 2002.



FOYER, C. H.; NOCTOR, G. 2003. Redox sensing and signaling associated with reactive oxygen in chloroplasts, peroxisomes and mitochondria. **Physiologia Plantarum**, v. 119, p. 355-364, 2003.

FRANCO, A. C., MATSUBARA, S.; ORTHEN, B. Photoinhibition, carotenoid composition and the co-regulation of photochemical and non-photochemical quenching in neotropical savanna trees. **Tree Physiology**, n. 27, p. 717-725, 2007.

GLYNN, P.; FRASER, C.; GILLIAN, A. Foliar salt tolerance of Acer genotypes using chlorophyll fluorescence. **Journal of Arboriculture**, v. 29, n. 02, p. 61-65, 2003

GRAÇA, J. P. **Avaliação de parâmetros fisiológicos em cultivares de cana-de-açúcar submetidas ao déficit hídrico**. 2009. 52 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, 2009.

GREGGAINS, V.; FINCH-SAVAGE, W. E.; QUICK, W. P.; ATHERTON, N. M. Metabolism-induced free radical activity does not contribute significantly to loss of viability in moist-stored recalcitrant seeds of contrasting species. **New Phytologist**, v.148, p.267-276, 2000.

GURSKI, C.; DIAS, E. S.; MATTOS, E. A. Características das sementes, plântulas e plantas jovens de *Ormosia arborea* (Vell) Harms e *Ormosia fastigiata* TUL. (LEG-Papilionoideae). **Revista árvore**, v. 36, n. 1, p. 37-48, 2012.

HERNÁNDEZ, J.A.; JIMENEZ, A.; MULLINEAUX, P.; SEVILLA, F. Tolerance of pea plants (*Pisum sativum*) to long term salt stress is associated with induction of antioxidant defences. **Plant Cell and Environment**, v.23, p.853-862, 2000.

INMAN-BAMBER, N. G., SMITH, D. M. Water relations in sugarcane and response to water deficits. **Field Crops Research**, v. 92, p. 185-202, 2005.

JUNGLOS, F. S.; JUNGLOS, M. S.; BRANDANI, J. Z.; DRESCH, D. M.; MUSSURY, R. M.; SCALON, S. P. Q. Germinação de sementes de *Ormosia arborea* (Vell.) Harms

(Fabaceae) após alagamento. In: Simpósio Internacional de Botânica Aplicada (SIMBOT), 3, 2015, Lavras, **Anais...** Lavras: UFLA, 2015.

KANEGAE, M. F.; BRAZ, V. F.; FRANCO, A. C. Efeitos da seca sazonal e disponibilidade de luz na sobrevivência e crescimento de *Bowdichia virgilioides* em duas fitofisionomias típicas dos cerrados do Brasil Central. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 23, n. 4, p. 459-468, 2000.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. Conservation of the brazilian cerrado. **Conservation Biology**, v. 19, p.707-713, 2005.

KOUWENBERG, L. L. R.; KÜRSCHNER, W. M.; VISSCHER, H. Changes in stomatal frequency and size during elongation of *Tsuga heterophylla* Needles. **Annals of Botany**, v. 94, p. 561-569, 2004.

KOZLOWSKI, T. T. Responses of woody plants to flooding and salinity. **Tree physiology monograph** no. 1. Victoria: Heron Publishing, 1997. p. 1–29.

KREUZWIESER, J.; PAPADOPOULOU, E.; RENNENBERG, H. Interaction of flooding with carbon metabolism of forest trees. **Plant Biology**, v. 6, n. 3, p. 299–306, 2004.

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

LIMA, H. C.; QUEIROZ, L. P.; MORIM, M. P.; SOUZA, V. C.; DUTRA, V. F.; BORTOLUZZI, R. L. C.; IGANCI, J. V.; FORTUNATO, R. H.; VAZ, A. M. S. F.; SOUZA, E. R.; FILARDI, F. L. R.; VALLS, J. F. M.; GARCIA, F. C. P.; FERNANDES, J. M.; MARTINS-DA-SILVA, R. C. V.; PEREZ, A. P. F.; MANSANO, V. F.; MIOTTO, S. T. S.; TOZZI, A. M. G. A.; MEIRELES, J. E.; LIMA, L. C. P.; OLIVEIRA, M. L. A. A.; FLORES, A. S.; TORKE, B. M.; PINTO, R. B.; LEWIS, G. P.; BARROS, M. J. F.; SCHÜTZ, R.; PENNINGTON, T.; KLITGAARD, B. B.; RANDO, J. G.; SCALON, V. R.; CARDOSO, D. B. O. S.; COSTA, L. C.; SILVA, M. J.; MOURA, T. M.; BARROS, L. A. V.; SILVA, M. C. R.; QUEIROZ, R. T.; SARTORI, A. L. B.; CAMARGO, R. A.; LIMA, I. B.; COSTA, J.; SOARES, M. V. B.; SNAK, C.; SÃO-MATEUS, W.; FALCÃO, M. J.; MARTINS, M. V.; REIS, I. P.; CORDULA, E. 2015. Fabaceae in Lista de Espécies da Flora

do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB115>>.

BFG. Growing knowledge: an overview of Seed Plant diversity in Brazil. *Rodriguésia*, v.66, n.4, p.1085-1113. 2015. (DOI: 10.1590/2175-7860201566411).

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras** - manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil - Vol. 01- 5. edição. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2008, p. 384.

MACHADO, R. S. **Respostas fisiológicas de genótipos de cana-de-açúcar ao déficit hídrico imposto na fase inicial de desenvolvimento**. 2009. 64 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical)-Instituto Agrônomo de Campinas - Campinas, 2009.

MANIVANNAN, P.; JALEEL, C.A.; SOMASUNDARAM, R.; PANNEERSELVAM, R. Osmoregulation and antioxidant metabolism in drought-stressed *Helianthus annuus* L. under triadimefon drenching. *Comptes Rendus Biologies*, v.331, p.418-425, 2008.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2015. p. 660.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia Vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas nutrição mineral**. 3ª ed, Editora UFV, p.486p, 2009.

MARQUES, M. A.; RODRIGUES, T. J. D.; PAULA, R. C. Germinação de sementes de *Ormosia arborea* (Vell.) Harms submetidas a diferentes tratamentos pré-germinativos. *Científica*, v. 32, n. 2, p.141-146, 2004.

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, C.C.; NAKAGAWA, J.; BOVI, M.L.A.; STANGUERLIM, H. Influência do peso das sementes de palmito-vermelho (*Euterpe espirosantensis* Fernandes) na porcentagem e na velocidade de germinação. *Revista Brasileira de Sementes*, v.22, n.1, p.47-53, 2000.

MAXWELL C.; JOHNSON, G. M. Chlorophyll fluorescence – a practical guide. **Journal of Experimental Botany**, v. 51, p. 659-668, 2000.

MEDRI, M. E.; BIANCHINI, E.; PIMENTA, J. A.; DELGADO, M. F.; CORREA, G. T. Aspectos morfo- anatômicos e fisiológicos de *Peltophorum dubium* (Spr.) Taub., submetidas ao alagamento e á aplicação de etrel. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 21, n. 3, p. 262-267, 1998.

MENDONÇA, R. C.; FELFILI, J. M.; WALTER, B. M. T.; SILVA JUNIOR, M. C.; FILGUEIRAS, T. S.; NOGUEIRA, P. E.; FAGG, C. W. 2008. Flora vascular do bioma Cerrado: checklist com 12.356 espécies. Pp. 423-1279. In: S.M. Sano; Almeida, S.P. & J.F. Ribeiro (eds.). Cerrado: ecologia e flora. v. 2. Brasília, **Embrapa Informação e Tecnologia**.

MOLLER, I. M.; JENSEN, P. E.; HANSSON, A. 2007. Oxidative modifications to cellular components in plants. **Annual Review of Plant Biology**, v. 58, p. 459-481, 2007.

MOUGET, J.; TREMBLIN, G. Suitability of the fluorescence monitoring system (FM, Hansatech) for measurement of photosynthetic characteristics in algae. **Aquatic Botany**, Amsterdam, v.74, p.219-231, 2002.

MOURÃO, S. A.; KARAM, D.; SILVA, J. A. A. Uso de leguminosas no Semiárido mineiro. Sete Lagoas : **Embrapa Milho e Sorgo**, p. 11-10, 2011.

NADALETE, B. O.; BIANCHINI, D. V.; GRIS, C. F. Germinação de sementes e desenvolvimento de mudas de *Ormosia arborea* (Vell) Harms submetidas ao bioestimulante stimulate®. In: Jornada Científica e Tecnológica e Simpósio de Pós-Graduação do IFSULDEMINAS, 6, 3, 2014, Pouso Alegre, **Anais...** Pouso Alegre: IFSULDEMINAS, 2015.

NASCIMENTO, S. P.; BASTOS, E. A.; ARAUJO, E. C. E.; FILHO, F. R. F.; SILVA, E. M. Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão-caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 08, p. 853-860, 2011.

NIETSCHKE, S.; GONÇALVES, V. D.; PEREIRA, M. C. T.; SANTOS, F. A.; ABREU, S. C.; MOTA, W.F. Tamanho da semente e substratos na germinação e crescimento inicial de mudas de cagaiteira. **Ciência e Agrotecnologia**; v. 28, n. 06, p. 1321-1325, 2004.

NILSEN, E. T., ORCUTT, D. M. **The physiological basis of growth**. IN: Physiology of plants under stress – abiotic factors. John Wiley e Sons, Inc., New York, p.13-49, 1996.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V.; BURITY, H. A.; NETO E. B. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleiras submetidas a déficit de água. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 13, n. 01, p. 75-87, 2001.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V.; BURITY, H. A. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleiras submetidas a déficit de água. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.13, p.75- 87, 2005

OLIVEIRA, L. M.; DAVIDE, A. C.; CARVALHO, M. L. M. Avaliação de métodos para a quebra da dormência e para a desinfestação de sementes de canafístula (*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert). **Revista Árvore**, v.27, n.5, p.597-603, 2003.

PAIVA, H. N.; GOMES, J. M. **Viveiros florestais**. Viçosa: UFV, 1995, p. 56.

PAIVA, A. S.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D. Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 01, p. 161-169, 2005.

PAIVA, R.; OLIVEIRA, L. M. **Fisiologia e produção vegetal**. Lavras: Editora UFLA, 2006, p. 104.

PASSARDI, F.; PENEL, C.; DUNAND, C. 2004. Performing the paradoxical: how plant peroxidases modify the cell wall. Trends in **Plant Science**, v. 9, p. 534-540, 2004.

PERCIVAL, G. C.; FRASER, G. A. Measurement of the salinity and freezing tolerance of *Crataegus* genotypes using chlorophyll fluorescence. **Journal Arboriculture**, v. 27, n. 05, p.233–245, 2001.

PEREIRA, W. F. **Trocas gasosas, fluorescência da clorofila, crescimento e composição mineral quatro portas-enxerto de citros submetidos a estresse por alumínio, em cultivo hidropônico**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2001, p.123 (Tese de Doutorado).

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. Agrometeorologia: **Fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: ed. Agropecuária. 478 p, 2002.

PEZESHKI, S. R. Wetland plant responses to soil flooding. **Environmental and Experimental Botany**, v. 46, n. 3, p. 299–312, 2001.

PIMENTEL, C. **Metabolismo de carbono na agricultura tropical**. Seropédica: EDUR, 1998, p. 150.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Seropédica: EDUR, 2004, p.191.

PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. **Guia prático para a colheita e manejo de sementes florestais tropicais**. Rio de Janeiro: IDACO, 2002, p. 39.

PINCELLI, R. P. **Tolerância a deficiência hídrica em cultivares de cana de açúcar avaliada por meio de variáveis morfofisiológicas**. 2010, p. 15 Dissertação (Mestrado em agricultura)- Universidade Estadual “Julio de Mesquita Filho”- UNESP, Campus de Botucatu, SP.

PIVETTA, C. R; HELDWEIN, A. B; MALDANER, I. C; RADONS, S. Z; TAZZO, I. F; LUCAS, D. D. Evapotranspiração máxima do pimentão cultivado em estufa plástica em função de variáveis fenométricas e meteorológicas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental*, v.14, n.7, p.768–775, 2010.

RAMOS, A.; BIANCHETTI, A. Influência da temperatura e do substrato na germinação de sementes florestais. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO E QUALIDADE DE SEMENTES FLORESTAIS, Curitiba, 1984. **Anais...** Curitiba: UFPR, 1984. p. 252-275.

RAMOS, K. M. O.; FELFILI, J. M.; FAGG, C. W.; SOUSA-SILVA, J. C.; FRANCO, A. C. Desenvolvimento inicial e repartição de biomassa de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith, em diferentes condições de sombreamento. **Acta Botânica Brasilica**, v. 18, n. 2, p. 251-358, 2004.

RODRIGUES, M. T. Biodiversidade: do planejamento à ação. **Ciência Cultura**, v. 55, n. 3, p. 47- 48, jul/sep, 2003.

RODRIGUES, R. S.; TOZZI, A. M. G. A. Morfologia de plântulas de cinco leguminosas genistóides arbóreas do Brasil (Leguminosae-Papilionoideae). **Acta Botanica Brasilica**, v.21, n.3, p.599-607, 2007.

SALOMÃO, A. N.; SOUSA-SILVA, J. C. Germinação, análise e armazenamento de sementes. In: SALOMÃO, A. N.; SOUSA-SILVA, J. C.; DAVIDE, A. C.; GONZÁLES, S.; TORRES, R. A. A.; WETZEL, M. M. V. S.; FIRETTI, F.; CALDAS, L. S. (Ed). **Germinação de sementes e produção de mudas de plantas do Cerrado**. Brasília, Rede de Sementes do Cerrado, 2003. p. 3-10.

SANDES, A. R. R.; DI BLASI, G. Biodiversidade e diversidade química e genética, **Biotecnologia**, n. 13, p. 28- 32, 2000.

SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA – CPAC. Distrito Federal, p. 556, 1998.

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

SASSAKI, R. M.; MACHADO, E. C. Trocas gasosas e condutância estomática em duas espécies de trigo em diferentes teores de água no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 9, p. 1571-1579, 1999.

SAUSEN, T. L. **Respostas fisiológicas de Ricinus communis à redução na disponibilidade de água no solo**. 2007. 61 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)- Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

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

SCALON, S. P. Q.; SCALON FILHO, H.; RIGONI, M. R.; VERALDO, F. Germinação e crescimento de mudas de pitangueira (*Eugenia uniflora* L.) sob condições de sombreamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 3, p. 652- 655, 2001.

SCALON, S. P. Q.; MUSSURY, R. M.; EUZÉBIO, V. L. M.; KODAMA, F. M.; KISSMANN, C. Estresse hídrico no metabolismo e crescimento inicial de mudas de mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 4, p. 655-662, 2011.

SENA, C. M., GARIGLIO, M. A. **Sementes Florestais: colheita, beneficiamento e armazenamento**. Natal: MMA/Secretaria de Biodiversidade e Floretas/Departamento de Florestas/Programa Nacional de Florestas/ Unidade de Apoio ao PNF no Nordeste, 2008, p.28.

SHIGEOKA, S.; ISHIKAWA, T.; TAMOI, M.; MIYAGAWA, Y.; TAKEDA, T.; YABUTA, Y.; YOSHIMURA, K. 2002. Regulation and function of ascorbate peroxidase isoenzymes. **Journal of Experimental Botany**, 53: 1305-1319, 2002.

SILVA, A. R. M. da; TUCCI, C. A. F.; LIMA, H. N.; FIGUEIREDO, A. F. Doses crescentes de corretivo na formação de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Acta Amazônica**, v. 37, n. 2, p. 195 - 200, 2007.

SILVA, E. C. **Respostas fisiológicas do umbuzeiro (*Spondias tuberosa*-Arruda) aos estresses hídricos e salino**. 2008. 142 f. Tese (Doutorado em Botânica)- Departamento de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2008.

SILVEIRA, M.A. M; VILLELA, F.A.; TILLMANN, M.A.A. Maturação fisiológica de sementes de calêndula (*Calendula officinalis* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 24, n. 2, p.31-37, 2002.

SIMÃO, E.; SOCOLOWSKI, F.; TAKAKI, M. The epiphytic Cactaceae *Hylocereus setaceus* (Salm-Dick ex DC.) Ralf Bauer seed germination is controlled by light and temperature. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 50, p. 655-662, 2007.

SMIT, M.A.; SINGELS, A. The response of sugarcane canopy development to water stress. **Field Crops Research**, v. 98, p. 91-97, 2006.

STEUDLE, E. Water uptake by roots: effects of water déficit. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 51, n. 350, p. 1531-1542, 2000.

STIRBET, A.; GOVINDJEE. On the relation between the Kautsky effect (chlorophyll a fluorescence induction) and Photosystem II: Basics and applications of the OJIP fluorescence



transient. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 104, n. 1, p. 236–257, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**, 5ª edição Internacional. Ed. Artmed. 954 p., 2013.

TEIXEIRA, F. W.; FAGAN, E. B.; CASAROLI, D.; CANEDO, S. C.; BARBOSA, K. A. Avaliação de métodos para superação de dormência na germinação de dormência na germinação de *Ormosia arborea* (Vell) Harms. **Biotema**, v. 24, n.4, p. 25-29, 2011.

VAN DER PIJL, L. **Principles of seed dispersal in higher plants**. Berlin: Springer-Verlag, 1982.

VÁZQUEZ-YANES, C.; OROSCO-SEGOVIA, A. Fisiología ecológica de sevelhas en la Estacion de Biología Tropical de Los Tuxtlas, Vera cruz, México. **Revista de Biología Tropical**, San José, 1987.

YANIK, T.; DONALDSON, R. P. 2005. A protective association between catalase and isocitrate lyase in peroxisomes. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 435, p. 243-252, 2005.

ZHU, J. K. Cell signaling under salt, water and cold stresses. **Current Opinion in Plant Biology**, Arizona, v. 4, p. 401-406, 2001.

## **CAPÍTULO I**

**Diferentes disponibilidades hídricas na emergência e características fisiológicas de plântulas de *Ormosia arborea* (Vell.) Harms**

## Diferentes disponibilidades hídricas na emergência e características fisiológicas de plântulas de *Ormosia arborea* (Vell.) Harms

### RESUMO

*Ormosia arborea* é uma espécie arbórea pertencente à família Fabaceae (Leguminosae), encontrada no Cerrado, popularmente conhecida como olho de cabra que possui ampla aplicabilidade, podendo inclusive ser utilizada na recuperação de áreas degradadas. Objetivou-se com este trabalho avaliar a emergência e aspectos metabólicos e das mudas de *O. arborea* sob diferentes disponibilidades hídricas. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, a semeadura ocorreu em tubetes, contendo substrato Latossolo Vermelho distroférico (peneirado) e areia na proporção de 1:1, colocados sob cobertura plástica, sob quatro regimes hídricos: 100, 75, 50 e 25% de capacidade de retenção de água (CRA). Para a avaliação da emergência das mudas foram determinados a porcentagem, o índice de velocidade e o tempo médio de emergência e ao final de 60 dias após a emergência as mudas foram avaliadas quanto ao comprimento da parte aérea, raízes e total, diâmetro do coleto, massas fresca e seca da parte aérea e das raízes, índice de clorofila, fluorescência da clorofila *a*, área foliar, taxa fotossintética, eficiência do uso da água, eficiência da carboxilação da Rubisco e eficiência intrínseca do uso da água, concentração interna de CO<sub>2</sub>, taxa transpiratória, potencial hídrico, atividade das enzimas superóxido dismutase, peroxidase e catalase. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições de 20 sementes para emergência e 4 repetições de 3 mudas para as demais avaliações. De acordo com os resultados obtidos podem ser recomendado tanto para a emergência, crescimento, fluorescência, trocas gasosas e atividade enzimática das mudas de *O. arborea* as disponibilidades hídricas entre 75% e 100% CRA. As disponibilidades hídricas de 25% e 50% prejudicaram a emergência, crescimento inicial das mudas, fluorescência, trocas gasosas e aumento das enzimas antioxidantes, sugerindo condição de estresse.

**Palavras-chave:** Olho-de-cabra, capacidade de retenção de água, Cerrado.

## CHAPTER I

### **Water availability Different in the emergence and physiological characteristics of seedlings of *Ormosia arborea* (Vell.) Harms**

#### **ABSTRACT**

*Ormosia arborea* is an arboreal species belonging to the Fabaceae family, found in the Cerrado, popularly known as the goat's eye. The species possesses ample applicability, and may even be used in the recovery of degraded areas, yet studies on this species are scarce and most are focused on numbness and germination of their seeds. It aimed was at evaluating the emergence and metabolic aspects of the seedlings of *O. arborea* under hydric availability different. The experiment was conducted at home of Sombrite 30% vegetation, the seeding occurred in tubes, containing substrate latosol red (sieved) and sand in proportion of 1:1, placed under plastic cover and four water regimens: 100, 75, 50 and 25% water retention capacity (CRA). For the evaluation of the emergencies of the seedlings were determined to the percentage, the rate of speed and the average emergency time. After 60 days the emergency, the seedlings were evaluated as to the length of the aerial part, root and total, diameter of collect, fresh and dry masses of air and root, chlorophyll content, fluorescence chlorophyll *a*, foliar area, fotossintética rate, water usage efficiency, RUBISCO carboxylation efficiency and intrinsic water usage efficiency , internal concentration of CO<sub>2</sub>, perspiration rate, water potential, activity of superoxide dismutase and peroxidase enzymes. It design was used completely randomized, with four repetitions of 20 seeds for emergencies and 4 repetitions of 3 seedlings for other evaluations. According to the results obtained can be recommended for both emergencies, growth, fluorescence, gaseous exchanges and enzyme activity of *O. arborea* in the water availability between 75% and 100% CRA. The water availability of 25% and 50% have damaged the emergence, initial growth of seedlings, fluorescence, gaseous exchanges and an increase in antioxidant enzymes, suggesting stress condition.

**Keywords:** Goat-eye, Water-stress, Cerrado.

## INTRODUÇÃO

Apesar da grande importância que os recursos florestais apresentam, os mesmos têm sofrido grande pressão ao longo dos tempos, devido principalmente à falta de planejamento no uso da terra, tanto em decorrência do desmatamento, seja para fins agropecuários ou industriais (SENA e GARIGLIO, 2008), mas com a crescente conscientização ambiental, tem-se observado um aumento do interesse em pesquisas com espécies nativas do Cerrado, buscando técnicas de cultivo e produção de mudas, objetivando a recuperação de áreas degradadas e/ou reflorestamento (SCREMIN-DIAS, 2006; GUIMARÃES et al., 2010; VERMA et al., 2012; SCALON et al., 2013). No entanto, uma das grandes dificuldades encontradas, principalmente no cultivo de plantas nativas onde o processo de seleção natural ainda se encontra em andamento, está relacionada ao comportamento dessas plantas diante dos estresses ambientais, dentre eles o hídrico.

A disponibilidade de água é um dos fatores que mais afetam a emergência das sementes, pois esta é a principal responsável por reativar o metabolismo e esta envolvida direta e indiretamente em todas as etapas da germinação. Sendo de extrema importância que o substrato utilizado esteja suficientemente úmido para que ocorra a hidratação da semente e o crescimento do embrião, no entanto o excesso é prejudicial, pois reduz a disponibilidade de oxigênio e, conseqüentemente a respiração, atrasando ou paralisando o desenvolvimento das plântulas, podendo causar anormalidades ou até mesmo a morte das mesmas. Neste contexto, é de extrema importância a presença de um nível adequado de hidratação que permita a reativação dos processos metabólicos, culminando no crescimento do eixo embrionário (MARCOS FILHO, 2015).

À medida que o teor de água do solo ou do substrato diminui, verifica-se inicialmente a redução da velocidade de germinação, podendo culminar em restrições mais severas que podem prejudicar a porcentagem de germinação (MARCOS FILHO, 2015; ÁVILA et al., 2007; MARAGHNI et al., 2010). A água pode retardar ou inibir a germinação e emergência de sementes de várias espécies, tanto em solos excessivamente úmidos ou secos. O teor de água do substrato, mais favorável para emergência das plântulas, situa-se na faixa de 40 a 60% da capacidade de saturação do solo (RAZERA, 1982; PIANA et al., 1994).

Em condições de baixa disponibilidade de água no solo, vários processos metabólicos das plantas podem ser influenciados, como a emergência, o fechamento estomático, redução da condutância estomática, redução da fotossíntese e transpiração, levando ao declínio da taxa de crescimento (SILVA et al., 2002; GOMES et al., 2004; PORTES et al., 2006).

*Ormosia arborea* (Vell.) Harms- Fabaceae, popularmente conhecidos como olho-de-cabra, olho-de-boi, pau-ripa, coronha, angelim-ripa e pau-de-santo-inácio (LORENZI, 2008), possui frutos que quando maduros apresentam as sementes em formato ovado arredondado, com tegumento de textura lisa, testa bicolor, laranja-avermelhada e preta, classificado como mimético por Van Der Pijl (1982). Segundo recomendações de LORENZI (2008) para aumentar a produção de mudas de olho-de-cabra, as sementes devem ser escarificadas antes da semeadura, para aumentar a porcentagem de germinação e emergência. A espécie possui importância econômica diversificada podendo ter sua madeira empregada na confecção de móveis; as sementes na confecção de artesanato (pelos indígenas), suas folhas possuem valor medicinal, a árvore proporciona boa sombra e é ornamental e ainda pode ser utilizada na arborização urbana e em plantios mistos para a recuperação de áreas degradadas (MARQUES et al., 2004) e são usadas na medicina popular como contraceptivo (DUARTE et al., 2012).

Informações sobre o estabelecimento desta espécie em ambientes naturais são essenciais para a tecnologia de produção de mudas, em trabalhos de regeneração e manejo de comunidades naturais ou implantadas (DAVIDE et al., 1995; CAMARGO et al., 2000; DONADIO e DEMATTÊ, 2000; PINÃ-RODRIGUES, 2002; CUNHA e FERREIRA, 2003; RODRIGUES e TOZZI, 2007).

Considerando que a *O. arborea* é amplamente encontrada em mata ciliar, nossa hipótese é de que suas plântulas devem emergir e crescer melhor bem como suas mudas realizarem maior troca gasosa quando cultivada em solo com maior disponibilidade de água.

São escassos os trabalhos sobre a tolerância de *O. arborea* em diferentes capacidades de retenção de água. Diante do exposto este trabalho foi conduzido com o objetivo avaliar a emergência e aspectos metabólicos das mudas sob diferentes disponibilidades hídricas.

## MATERIAL E MÉTODOS

As sementes de *Ormosia arborea* (Vell.) Harms foram coletadas no final do mês de abril/2015, a partir de matrizes distribuídas à margem esquerda do rio Ivinhema no município de Nova Andradina/MS. Em seguida as sementes foram levadas para o Laboratório de Nutrição e Metabolismo de Plantas/UFGD e posteriormente selecionadas quanto à integridade, uniformidade e coloração.

O experimento foi realizado no período de março de 2016 a agosto de 2016 na Jardinocultura da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), município de Dourados, MS. e conduzido em casa de vegetação sob sombrite de 30% e cobertura plástica para evitar possíveis exposições a água das chuvas.

As sementes foram escarificadas por 10 minutos em ácido sulfúrico concentrado (98% p.a.) e lavadas em água corrente por 5 minutos (LORENZI, 2008). Para a avaliação da germinação sob déficit hídrico logo após a escarificação as sementes foram semeadas em tubetes 50 x 190 mm a uma profundidade de cinco centímetros, utilizando como substrato Latossolo Vermelho distroférrico (peneirado) e areia na proporção de 1:1 (v:v). Os tubetes receberam irrigação de forma a manter 25, 50, 75 e 100% da capacidade de retenção de água (CRA) segundo Souza et al. (2000), onde a CRA de 100% foi determinada por meio do conteúdo de água retida após o escoamento e as CRA de 25, 50 e 75%, obtidas por meio de regra de três simples em função do peso. Em seguida, todos os tubetes foram pesados em balança de precisão (0,001 g) e a irrigação individualizada dos mesmos foi realizada a cada dois dias, com água de torneira em quantidade suficiente para atingir o peso pré-estabelecido para cada tratamento. As características avaliadas foram:

**-Porcentagem de emergência (E%)**: contagem de plantas emergidas do início ao final dos 60 dias, sendo os resultados calculados de acordo com LABOURIAU e VALADARES (1976):  $G = (N/A).100$ , em que: G – germinação, N - número total de sementes germinadas, A - número total de sementes colocadas para germinar. **Índice de velocidade de emergência (IVE)**: calculado pelo somatório do número de plantas emersas cada dia, dividido pelo número de dias corridos entre a semeadura e a emergência, de acordo com a fórmula de Maguire (1962).  $IVE = (E1/N1) + (E2/N2) + (E3/N3) + \dots + (En/Nn)$ , em que: IVE= Índice de velocidade de emergência. E1, E2, E3,..., En= número de plantas computadas na primeira, segunda, terceira e última contagem; N1, N2, N3,..., Nn= número de dias da semeadura à primeira, segunda, terceira e última contagem. **Tempo médio de emergência (TME)**: determinado segundo SILVA e NAKAGAWA (1995), com base no número de sementes que emergiram em cada avaliação, multiplicados pelo respectivo tempo, dividindo o resultado pelo número total de sementes germinadas ao final do teste.  $TME = (\sum nit_i) / \sum ni$ , em que:  $t_i$  = é o tempo de germinação, em dias, contado a partir da instalação do experimento,  $n_i$  = é o número de sementes que emergiram no tempo  $t_i$  (LABOURIAU, 1983).

Ao final de 60 dias após a semeadura, foi utilizado 3 plantas de cada tratamento para a avaliação das seguintes características:

**-Crescimento e biomassa: Comprimento da parte aérea e raiz**, obtida por meio de régua graduada e expressa em centímetros. **Diâmetro do coleto**, com auxílio de paquímetro digital de precisão (0,001 mm). **Índice de clorofila**, efetuado por meio do clorofilômetro SPAD 502. **Número de folhas**, contando-se o número total de folhas completamente expandidas por

planta. Métodos destrutivos foram utilizados para aferir a **área foliar**, medida com o aparelho LI-COR modelo LI-3100C; **massa fresca** (Parte aérea, raiz e total), a partir das pesagens de cada órgão fresco em balança analítica de precisão (0,0001g) e **massa seca** (Parte aérea, raiz e total) a partir da secagem de cada órgão em estufa de circulação forçada de ar, regulada à 70°C por 72 horas ou até atingir massa constante, posteriormente pesadas em balança analítica de precisão (0,0001g).

**-Fluorescência da clorofila *a***: obtida por meio de fluorômetro portátil modelo OS-30p (Opti-Sciences Chlorophyll Fluorometer, Hudson, USA), sendo registradas as medidas de **fluorescência inicial ( $F_0$ )**, **fluorescência máxima ( $F_m$ )** e a **eficiência quântica potencial do fotossistema II ( $F_v/F_m$ )**. A partir dos dados de fluorescência foram calculados: **fluorescência variável ( $F_v = F_m - F_0$ )**, **eficiência do fotossistema efetiva da conversão de energia absorvida ( $F_v/F_0$ )** e **produção quântica basal dos processos não fotoquímicos no PSII ( $F_0/F_m$ )**. A determinação da fluorescência foi realizada entre 8 e 11h da manhã, nas mesmas folhas utilizadas para as avaliações das trocas gasosas, estas foram submetidas a um período de 30 minutos de adaptação ao escuro com o auxílio de cliques adaptadores, para que todos os centros de reação nessa região foliar adquirissem a condição de “aberto”, ou seja, oxidação completa do sistema fotossintético de transporte de elétrons.

**-Potencial hídrico da folha ( $\Psi_w$ )**: obtido a partir de leituras realizadas em folhas individuais pertencentes ao terceiro par de folhas totalmente expandidas do ápice para a base, entre 10 e 11h da manhã, usando uma câmara de pressão tipo Scholander (Portable Plantwater status console - modelo 3115) (SCHOLANDER et al., 1964), imediatamente após a coleta das folhas. Os valores foram obtidos em bar e posteriormente convertidos em MPa (1 bar = 0,1 MPa).

**-Trocas gasosas: taxa fotossintética ( $A$   $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )**, **transpiração foliar ( $E$   $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )**, **condutância estomática ( $G_s$   $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )** e **concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$   $\mu\text{mol mol}^{-1}$ )** utilizando-se analisador de gases no infravermelho (IRGA), marca ADC, modelo LCi PRO (Analytical Development Co. Ltda, Hoddesdon, UK). As avaliações foram realizadas em duas folhas de três mudas de cada tratamento (N=6) no período da manhã, entre 8 e 11 horas, em uma folha completamente expandida e previamente marcada, de modo que todas as medições fossem realizadas na mesma. A partir dos dados de trocas gasosas foram calculadas as seguintes relações: **eficiência instantânea do uso da água ( $A/E$   $\mu\text{molCO}_2/ \text{mmol}^{-1} \text{H}_2\text{O}$ )**, **eficiência intrínseca do uso de água ( $A/G_s$   $\mu\text{molCO}_2/ \text{mmol}^{-1} \text{H}_2\text{O}$ )** e **eficiência de carboxilação da Rubisco ( $A/C_i$   $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}/ \mu\text{mol mol}^{-1}$ )** (ZHANG et al., 2001).



**-Atividade de enzimas antioxidante:** Para as análises da atividade de enzimas do sistema antioxidante foram separadas a raiz da parte aérea e posteriormente congeladas e armazenadas em nitrogênio líquido a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , até a realização das análises para determinação das enzimas Superóxido dismutase (SOD) (units  $\text{mg}^{-1}$  matéria fresca), Catalase (CAT) ( $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ min}^{-1} \text{ mg}^{-1}$  matéria fresca) e Peroxidase (POD) ( $\text{min}^{-1} \text{ g}$  matéria fresca) sendo em todos realizado triplicatas.

Para obtenção de extratos procedeu-se a homogeneização de 1 g de folhas ou raízes de cada tratamento, fragmentadas em almofariz, com adição de 6 mL de solução de extração, constituída de EDTA 0,1 mM em 50 mL de tampão de fosfato de potássio 0,2 M, contendo 1,5 g de PVP (Polivinil Polipirrolidona), preparado na hora do uso. O homogeneizado foi centrifugado por 20 minutos a 4000 rpm e o sobrenadante coletado foi utilizado nas avaliações enzimáticas.

A atividade da **peroxidase** nos tecidos da parte aérea e do sistema radicular foi determinada em alíquotas de 20  $\mu\text{L}$  do extrato enzimático bruto. Adicionaram-se 2 mL de tampão fosfato de potássio (0,2 M, pH 7,0), onde os tubos foram levados para banho maria até a estabilização da temperatura a  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , em seguida acrescido de 200  $\mu\text{L}$  de guaiacol (0,5%) e 200  $\mu\text{L}$  de peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$  0,8%). O aumento na absorbância da solução foi lida a 470 nm (MACEDO et al., 2005).

Para a determinação da atividade da **superóxido dismutase** adicionaram-se 100  $\mu\text{L}$  do extrato enzimático, com solução de extração à mistura de reação, constituída de L-metionina (13 Mm), azul de p-nitro tetrazólio (NBT) (0,44 Mm), EDTA (100 nM) e riboflavina (1  $\mu\text{M}$ ,) (DEL LONGO et al., 1993). A reação foi conduzida a  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  em câmara de reação, sob a iluminação de duas lâmpadas fluorescentes de 15 W. A reação foi iniciada pelo acendimento das lâmpadas fluorescentes e, após 15 minutos, interrompida pelo desligamento das mesmas (GIANNOPOLITIS e RIES, 1977). A produção de formazana azul, resultante da foto-redução do NBT, foi medida pela determinação do incremento na absorbância a 560 nm, que foi subtraída de um “branco”, no qual a mistura de reação foi mantida no escuro (BEAUCHAMP e FRIDOVICH, 1971).

Para avaliar a emergência o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, sendo cada tratamento constituído de quatro repetições de 20 sementes. Para a avaliação das trocas e crescimento das mudas foram utilizadas 4 repetições de 3 mudas cada. Todas as variáveis foram submetidas à análise de variância e as médias dos fatores qualitativos foram comparadas pelo teste Tukey (5% de significância) e as dos fatores

quantitativos, por análise de regressão, com a utilização do programa SISVAR (FERREIRA, 2011).

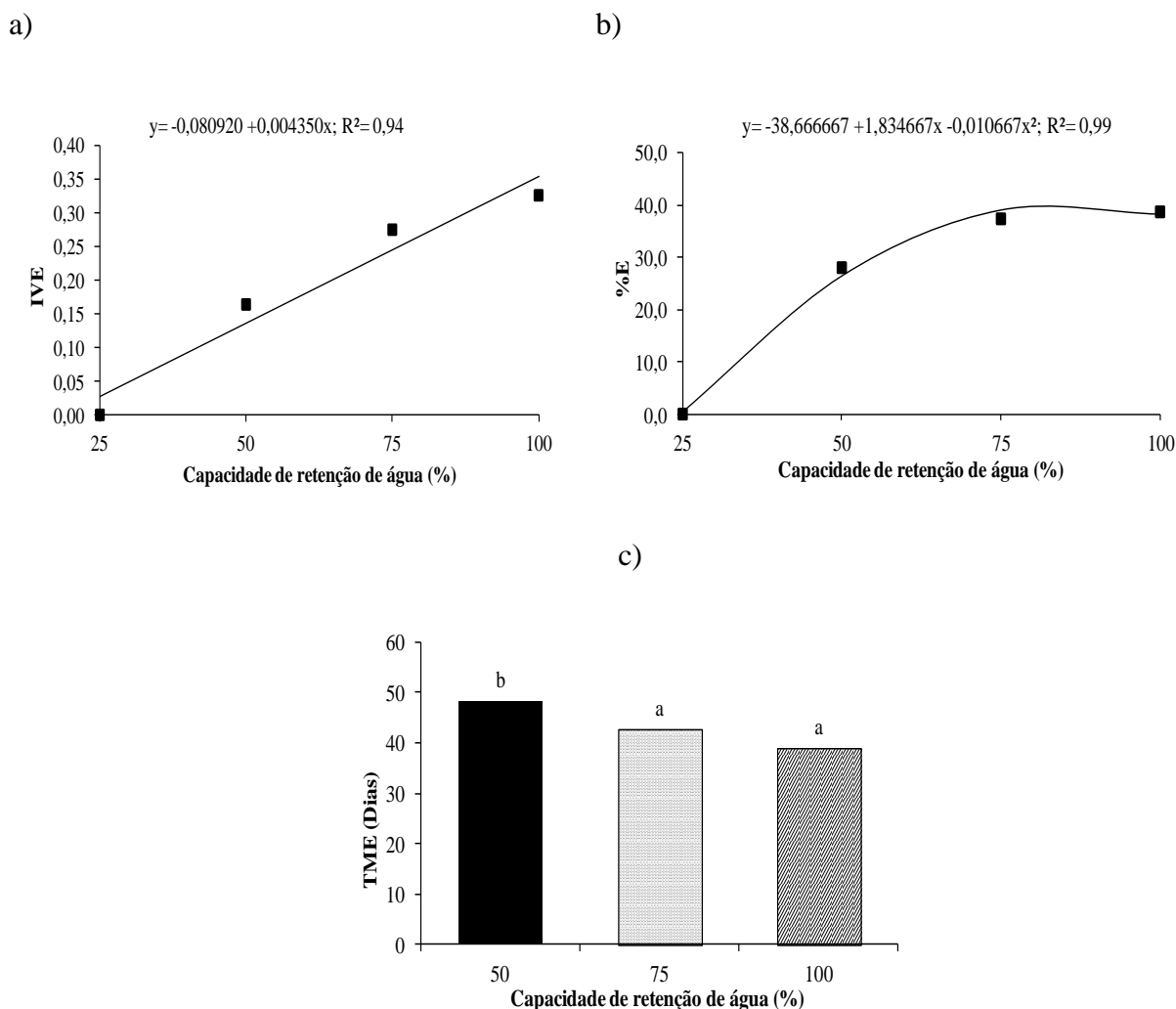
## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O índice de velocidade emergência (IVE) aumentou à medida que houve maior disponibilidade de água no solo, sendo observado maior índice (0,354) em 100% de capacidade de retenção de água (CRA) (Figura 1-a). O déficit hídrico provocado pela baixa disponibilidade hídrica dos tratamentos de 25 e 50 % de CRA pode ter afetado a retomada das atividades metabólicas das sementes, levando assim a uma menor velocidade de emergência (0,000 e 0,136, respectivamente). As sementes expostas a condições de estresse hídrico têm o seu metabolismo alterado, podendo retardar o processo germinativo e de estabelecimento da plântula, ou até mesmo inibi-lo completamente (TAIZ e ZEIGER, 2013), como ocorreu nas menores disponibilidades hídricas (25% e 50% CRA).

O déficit hídrico é considerado um dos fatores principais que interferem no crescimento e desenvolvimento das plantas. Nesse aspecto Cunha e Bergamaschi (1999) afirmaram que os efeitos provocados pela limitação da água dependem de uma série de fatores como intensidade, duração na época de ocorrência e interação com outros fatores. Considerando que a emergência é uma das fases mais afetadas pelo déficit hídrico devido sua alta sensibilidade, este fator se torna limitante ao desenvolvimento e estabelecimento das plantas, já que a água é a responsável pela reativação do metabolismo e por outras etapas envolvidas no processo de germinação (MARCOS FILHO, 2015).

Embora a absorção de água seja necessária para a ativação de processos metabólicos das sementes, desencadeando uma serie de eventos que culminam com a emissão da raiz primária (KOS e POSCHLOD, 2008), tanto o déficit quanto o excesso de água influenciam os processos de emergência das sementes, deste modo a pequena queda na porcentagem de emergência (%E) observada na CRA 100% (Figura 1-b), pode ter sido influenciada pelo excesso de água, pois esta disponibilidade pode ter prejudicado na aeração.

As limitações à difusão do oxigênio também podem provocar a paralisação da germinação, provavelmente porque a ausência ou escassez de oxigênio favorece a produção de etanol nas células, que é tóxico ao metabolismo normal por provocar acidificação e morte das sementes (KOLB e JOLY, 2010). Entretanto, em condições de umidade abaixo do exigido pela espécie verifica-se redução da atividade enzimática, culminando com a baixa porcentagem e velocidade de germinação das sementes (BEWLEY e BLACK, 1994).



**Figura 1.** Índice de velocidade de emergência (IVE) (a), porcentagem de emergência (% E) (b) e Tempo médio de emergência (TME) (c) de sementes de *Ormosia arborea* (Vell.) Harms em função de diferentes capacidades de retenção de água (CRA). UFGD, Dourados, 2017. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A porcentagem de emergência teve seu percentual máximo (40%) quando a CRA no solo foi cerca de 86% (Figura 1-b), e foi considerado baixo uma vez que na literatura observou-se valores de aproximadamente 73%. Esse baixo percentual de emergência provavelmente está relacionado com a viabilidade das sementes em virtude do tempo em que permaneceram armazenadas que foi de aproximadamente 1 ano. A preservação da qualidade das sementes durante o armazenamento requer a integração de diversos fatores entre eles as condições ambientais de temperatura, umidade relativa, tipo de embalagem e grau de umidade das sementes (SILVA et al.; 2007b), além das características genéticas da espécie, vigor da planta mãe e condições climáticas predominante durante a maturação das sementes

(AZEVEDO et al., 2003), o armazenamento em condições impróprias contribui para a redução da qualidade fisiológica das sementes, diminuindo assim sua porcentagem de germinação (BENEDITO, 2010; ALMEIDA e MORAIS, 1997).

As disponibilidades hídricas de 75% e 100% possibilitaram a emergência mais rapidamente quando comparadas ao 50% CRA (42 e 39 dias, respectivamente) (Figura 1-c). O tratamento de 25% CRA foi desconsiderado na análise estatística das demais características avaliadas. Para o TME, pois se fosse considerado levaria a interpretação errada dos resultados.

As condições de CRA de 25% por terem provocado um maior estresse não houve emergência e 50% proporcionou maior tempo médio de emergência (49 dias), o que não é um resultado desejável, uma vez que expõe a semente a fatores adversos por tempo maior. Assim, quanto menor o tempo médio de emergência, mais rapidamente a plântula se estabelece, com possibilidade de crescimento mais rápido e maior sobrevivência.

O crescimento da parte aérea (CPA, de raiz (CR) e diâmetro de colo foram maiores a medida que a disponibilidade hídrica foi aumentando e não variaram significativamente entre si entre as CRA de 75 e 100% (Tabela 1). Segundo Taiz e Zeiger (2013) a redução da turgescência prejudica diretamente a expansão celular e o alongamento do caule, possivelmente o que ocasionou os menores comprimentos para as disponibilidades hídricas de 50% CRA. Com aumento do conteúdo de água no solo, a profundidade e distância em que o sistema radicular pode alcançar são maiores do que a comparada com as condições de déficit hídrico. Nos tratamentos com deficiência hídrica (50% CRA), o crescimento geralmente é limitado, devido à redução da superfície de absorção e disponibilidade de íons orgânicos (DRESCH, 2016), assim, o comprimento da raiz foi influenciado negativamente sendo menor (10,83 cm) quando comparado as maiores CRA (75% e 100%).

O comprimento total (CT) das plantas foi maior com aumento da disponibilidade hídrica, sendo o maior na CRA de 100% (26,66 cm respectivamente), já na CRA de 50% os valores foram inferiores (2,63 mm e 24,00 cm) (Tabela 1).

Na produção de mudas de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) os melhores resultados também foram observados nas disponibilidades hídricas de 75% e 100% para emergência e crescimento inicial das mudas enquanto que as menores disponibilidades (25% e 50% CRA) prejudicaram o crescimento e qualidade das mudas (GORDIN, 2011).

**Tabela 1.** Características de comprimento da parte aérea (CPA), Comprimento de raiz (CR), Comprimento total (CT), Diâmetro do coleto (DC), Área foliar (AF) e Índice de clorofila (IC) de plantas de *Ormosia arborea* (Vell.) Harms em função de diferentes capacidades de retenção de água (CRA). UFGD, Dourados, 2017.

CRA (%)	CPA (cm)	CR (cm)	CT (cm)	DC (mm)	AF (cm <sup>2</sup> )	IC (SAPAD)
50	11,33b	10,83b	24,00b	2,63b	22,14b	25,03b
75	13,00a	13,00a	24,33b	2,82a	30,65a	25,13b
100	13,16a	13,66a	26,66a	3,09a	29,63a	26,46a

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A maior área foliar (AF) foi observada nas plantas cultivadas nas maiores CRA (média de 30,14 cm<sup>2</sup>) e os menores valores nas CRA de 50% (22,14 cm<sup>2</sup>).

A expansão foliar é um processo governado pela turgidez celular (TAIZ e ZAIGER, 2013), sob déficit hídrico esta turgidez é diminuída, ocorrendo conseqüentemente a redução no tamanho das folhas (LIMA e TORRES, 2009). A redução da turgidez celular das folhas de *O. arborea* pode ser comprovado pelo menor  $\Psi_w$  das folhas (Figura 2). Assim sendo uma área foliar menor transpira menos, conservando assim, efetivamente, um suprimento de água limitado no solo por um período mais longo. Portanto, a redução da área foliar pode ser considerada uma das linhas de defesa contra a seca (KERBAURY, 2009; CORDEIRO et al, 2009). A diminuição da turgidez celular inibe o crescimento em extensão provocando assim uma diminuição da área foliar total e, conseqüentemente, uma redução na taxa transpiratória, levando um balanço hídrico positivo para a planta (TAIZ e ZEIGER, 2013).

Lenhard et al. (2010) observaram comportamento semelhante, em que a menor área foliar de mudas de pau-ferro (*Caesalpinia ferrea* Mart.) foi observada em mudas cultivadas com menor fornecimento de água (20% CRA). Vieira e Gomes (2011), estudando mudas de pau-terra do Cerrado (*Qualea grandiflora* Mart.) em diferentes regimes hídricos, também correlacionaram maiores valores de área foliar com as maiores disponibilidades hídricas do solo.

As plantas cultivadas sob a CRA de 100% apresentaram o maior índice de clorofila (26,46 unidade SPAD) Tabela 1). A redução da clorofila ocorre devido ao menor teor de nitrogênio nas folhas das plantas tanto por excesso quanto pelo déficit. A diminuição do teor de oxigênio causa restrições no metabolismo das plantas que se encontram em ambientes alagados, em função da redução das atividades da enzima nitrato redutase, prejudicando a

absorção e o transporte de íons e tendo como consequência a redução dos teores de nutrientes na parte aérea da planta, dentre eles o nitrogênio (LENHARD et al., 2010). Por outro lado, a baixa disponibilidade de água no solo também pode levar a deficiência de nitrogênio nas folhas (FLOSS, 2008). Assim, observa-se que 100% de CRA embora ter reduzido a disponibilidade de oxigênio no solo a ponto de reduzir a germinação das sementes, não foi suficiente para causar efeito negativo no índice de clorofila.

Os maiores acúmulos de massa fresca e seca da parte aérea (MFPA/ MSPA), raiz (MFR/MSR) e total (MFT/MST) (valores médios de 0,996, 0,313, 0,079, 0,023, 1,076 e 0,334 g) foram observados nas maiores CRA e os menores foram registrados na CRA de 50% (0,888, 0,046, 0,935 g). (Tabela 2). Com a redução da disponibilidade de água no solo, ocorre fechamento dos estômatos para evitar a perda de água, mas esse fechamento tem como consequência a redução na entrada de dióxido de carbono nas folhas (NOGUEIRA et al., 1998, NOGUEIRA e SILVA, 2002), afetando o rendimento na produção de matéria seca (LARCHER, 2006).

**Tabela 2.** Massa fresca da parte aérea (MFPA), Massa fresca de raiz (MFR), Massa seca de parte aérea (MSPA) e Massa seca de raiz (MSR) de plantas de *Ormosia arborea* (Vell.) Harms em função de diferentes capacidades de retenção de água (CRA). UFGD, Dourados, 2017.

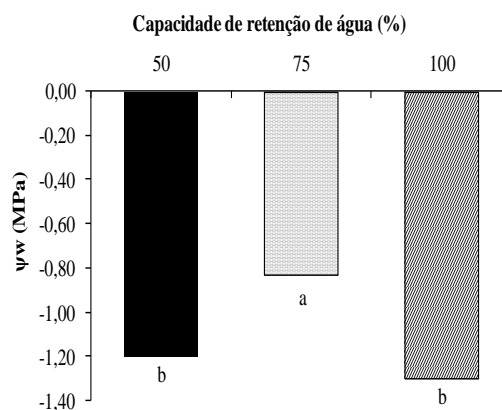
CRA (%)	MFPA (g)	MFR (g)	MFT (g)	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)
50	0,888b	0,046b	0,935b	0,180b	0,018b	0,203b
75	0,970a	0,074a	1,044a	0,302a	0,023a	0,326a
100	1,023a	0,085a	1,108a	0,324a	0,024a	0,343a

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No que diz respeito ao status hídrico, os valores do potencial hídrico foliar pela manhã, variaram entre -0,833 e -1,300 MPa, refletindo estado de turgescência celular das folhas sendo o maior potencial proporcionado pela CRA de 75% (-0,833 MPa). Porém, os valores observados CRA estudadas mantiveram-se abaixo do considerado crítico (-1,5 MPa), no entanto apesar de/ se tratar de estagio inicial do desenvolvimento das plantas esses valores já podem afetar a fotossíntese em condições de campo (DA MATTA et al., 2007). Provavelmente, a redução do potencial hídrico nas mudas (Figura 2) afetou em primeiro lugar a divisão e a expansão celular (CHAVES et al., 2011) e conseqüentemente

reduziu o crescimento do caule em diâmetro antes que o estresse provocado pela CRA de 50% se tornasse severo (AWAL e IKEDA, 2002; ANYIA e HERZOG, 2004; SOUZA et al., 2004).

Quando a água no solo diminuiu (CRA de 50%), o potencial hídrico das plantas foi reduzido, em função das maiores resistências criada para o fluxo de água no sistema solo-planta-atmosfera e a planta provavelmente não conseguiu mais extrair água do solo reduzindo a turgescência (PAIVA e OLIVEIRA, 2006).



**Figura 2.** Potencial hídrico ( $\psi_w$ ) de folhas de *Ormosia arborea* (Vell.) Harms em função de diferentes capacidades de retenção de água (CRA). UFGD, Dourados, 2017. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O status hídrico das plantas tem influência direta na sua capacidade em assimilar carbono, ambos regulados pela taxa de condutância estomática e, sob condições de déficit hídrico, as plantas normalmente reduzem a taxa fotossintética pela maior resistência estomática criada para reduzir a perda de água pelo processo transpiratório e assim sobreviver ao período de estresse provocado na planta (YOKOTA et al., 2006; FERREIRA et al., 2009).

O potencial hídrico pela manhã é geralmente considerado o melhor parâmetro para indicar a condição hídrica da planta, podendo refletir o potencial de água na região da rizosfera, uma vez que ambos (planta e rizosfera) permanecem em equilíbrio durante a noite (DAVIS e MOONEY, 1986). No entanto, alguns autores não recomendam o uso isolado do potencial para inferir sobre o status hídrico da planta, os quais sugerem impossibilidade de se detectar estresse hídrico anteriormente ao surgimento aparente de mudanças morfológicas na planta (SATO et al., 2006), por isso é necessário a associação a outras características a ser estudadas como fluorescência e trocas gasosas.

Para as plantas cultivadas na capacidade de retenção hídrica de 75%, os valores de  $F_0$  (fluorescência inicial) foram maiores (176,00), já a  $F_m$  (fluorescência máxima) e  $F_v$

(fluorescência variável da clorofila *a*) foram maiores na CRA de 100% (344,33 e 193,00, respectivamente), todas as variáveis foram maiores quando comparados a menor disponibilidade hídrica (50% CRA) (Tabela 3).

A fluorescência inicial ( $F_0$ ) foi maior para plantas mantidas sob maiores disponibilidades hídricas, 75% e 100% CRA. A variável  $F_0$  é independente de eventos fotoquímicos e seu aumento pode ou não ser consequência de danos no centro de reação do PSII ou da redução da capacidade de transferência da energia de excitação da antena para o centro de reação (BAKER e ROSENQVST, 2004; BAKER, 2008), apesar das maiores disponibilidades terem apresentado esse aumento isso não afetou na maior captação de fluorescência, sendo observado para essas CRA os maiores valores de  $F_m$ .

O  $F_m$  indica a completa redução da quinona A ( $Q_A$ ) a partir da incidência de um pulso de luz no centro de reação do PSII, gerando sua fluorescência máxima (BAKER e ROSENQVST, 2004). A diferença entre  $F_m$  e  $F_0$  resulta na fluorescência variável ( $F_v$ ), que representa o fluxo de elétrons do centro de reação do PSII (P680) até a plastoquinona ( $PQH_2$ ) (MAXWELL e JOHNSON, 2000).

A razão  $F_v/F_m$ , que corresponde a eficiência quântica potencial do fotossistema II (PSII), foi afetada negativamente pela disponibilidade de 50% CRA (0,296  $\text{quantum}^{-1}$ ), enquanto que as plantas cultivadas na capacidade de 100% de retenção hídrica apresentaram os maiores valores (0,533  $\text{elétron quantum}^{-1}$ ). Para relação  $F_v/F_0$  (eficiência quântica efetiva da conversão de energia absorvida) observou-se que as CRA de 75% e 100% proporcionaram os maiores resultados (0,740 e 1,276  $\text{elétron quantum}^{-1}$ , respectivamente) (Tabela 3). De acordo com Silva et al. (2007a), a habilidade de manter altos valores de  $F_v/F_m$  sob condições de estresse promovido por deficiência ou baixa disponibilidade hídrica indica que a planta mantém alta eficiência do uso da radiação pela fase fotoquímica e assimilação de carbono, o que não foi observado nas menores disponibilidades, já que a 50% CRA apresentou os menores valores.

Para muitas espécies vegetais em condições não estressantes, a razão  $F_v/F_m$  pode variar entre 0,75 e 0,85, enquanto uma queda nesta razão pode refletir a presença de dano fotoinibitório nos centros de reação do PSII, indicando estresse (MAXWELL e JOHNSON, 2000). Neste sentido, apesar de os maiores valores de  $F_m$  (344,33) e  $F_0$  (176,00) terem sido verificados nas plantas mantidas nas maiores CRA; isso não afetou  $F_v/F_m$  já que foi maior capacidade de retenção de água, sendo assim, estes resultados sugerem que, embora tenham sido menor (0,533  $\text{elétron quantum}^{-1}$ ) do que a literatura referência, o processo de captação e



conversão de energia para esse tratamento ainda assim foi maior do que quando comparadas com os valores observados para plântulas mantidas nos regimes hídricos de 50% e 75%.

A produção quântica basal dos processos não fotoquímicos no PSII ( $F_0/F_m$ ) foram maiores na CRA de 50% (0,712), (Tabela 3). Os valores normais para essa característica normalmente varia entre 0,14 e 0,20, sendo que quando esses valores estão acima da referência é indicativo de estresse (ROHAKER, 2002).

**Tabela 3.** Fluorescência inicial ( $F_0$ ), Fluorescência máxima ( $F_m$ ), Fluorescência variável ( $F_v$ ), Eficiência quântica potencial do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ), eficiência do fotossistema efetiva da conversão de energia absorvida ( $F_v/F_0$ ) e produção quântica basal dos processos não fotoquímicos no PSII ( $F_0/F_m$ ) de plantas de *Ormosia arborea* (Vell.) Harms em função de diferentes capacidades de retenção de água (CRA). UFGD, Dourados, 2017.

CRA (%)	$F_0$	$F_m$	$F_v$	$F_v/F_m$	$F_v/F_0$	$F_0/F_m$
50	126,33c	177,33c	51,00c	0,296b	0,405b	0,712a
75	176,00a	306,33b	130,33b	0,425a	0,740b	0,574b
100	151,33b	344,33a	193,00a	0,533a	1,276a	0,439c

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As trocas gasosas ( $A$ ,  $E$ ,  $A/E$ ,  $A/C_i$ ,  $A/G_s$  e  $C_i$ ) foram significativamente reduzidas com a diminuição da disponibilidade de água no solo, com exceção da  $G_s$  que foi  $0,010 \text{ mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  independentemente da CRA. Para a taxa fotossintética ( $A$ ) observou-se maiores valores quando a CRA foi de 75% e 100% (média de  $0,6245 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) (Tabela 4). Provavelmente, sob condição de suprimento hídrico limitado, ocorreu uma inibição da  $A$ , ocasionada pelo fechamento dos estômatos e redução da condutância estomática, que por sua vez é um dos primeiros mecanismos de proteção para evitar a perda excessiva de água e manutenção de turgescência da planta levando a redução da fotossíntese e respiração e muitos processos metabólicos básicos, sendo que sob desidratação intensa ocorre desorganização do protoplasma e a morte da maioria dos organismos (KERBAUY, 2009; MARENCO e LOPES, 2009; HU et al., 2010; TAIZ e ZIEGER, 2013).

Os maiores valores de transpiração ( $E$ ) foram proporcionados pela CRA de 75% (Tabela 4). É importante salientar que a taxa de transpiração depende da umidade do solo, bem como do enraizamento em profundidade e da densidade da área da raiz (MANZONI et al., 2013). A água perdida para a atmosfera através da  $E$  é uma consequência inevitável, necessária para a assimilação do  $\text{CO}_2$  atmosférico para a  $A$ , pois quando a planta abre os

estômatos para a aquisição do CO<sub>2</sub> conseqüentemente ocorre a perda de água para a atmosfera por meio da transpiração (HSIAO e XU, 2000). Os maiores valores de taxa fotossintética (*A*) são, normalmente acompanhados de elevadas taxas de transpiração (*E*) e condutância estomática (*G<sub>s</sub>*) para diversas espécies de região tropical (NOGUEIRA et al., 2004; SANTIAGO e WRIGHT, 2007).

Os baixos valores encontrados na transpiração (*E*) obtidas nas CRA de 50 e 100%, podem ter sido ocasionados pelo fato de ambas as disponibilidades terem provocado uma condição de estresse as plantas, pois tanto o déficit quanto o excesso de água leva ao fechamento estomático que provoca à perda de solutos das células-guarda, provocando a perda de água e diminuição de turgidez, ou ate mesmo pelo aumento dos níveis de ácido abscísico (ABA), provocado pela desidratação moderada do mesofilo, que induz o fechamento estomático e como consequência, reduz a transpiração, a fotossíntese e o consumo de assimilados nas folhas (TAIZ e ZEIGER, 2013).

A disponibilidade hídrica proporcionada pela CRA de 50% e 100% proporcionaram menor concentração interna de CO<sub>2</sub> (*C<sub>i</sub>*) embora a taxa fotossintética e eficiência de carboxilação da Rubisco (*A/C<sub>i</sub>*) tenham sido menores a 50%. O mesmo comportamento não foi observado para 75% CRA. A eficiência de carboxilação da rubisco (*A/C<sub>i</sub>*) foi maior nas plantas sob 100% CRA (Tabela 4). Portanto, o aumento de *A/C<sub>i</sub>* deve ter ocorrido em função da disponibilidade de ATP e NADPH e do substrato para a Rubisco que a maior disponibilidade de água proporcionou (FARQUHAR e SHARKEY, 1982).

**Tabela 4.** Taxa fotossintética (*A*), Transpiração foliar (*E*), Concentração interna de CO<sub>2</sub> (*C<sub>i</sub>*), eficiência instantânea do uso da água (*A/E*), eficiência de carboxilação da Rubisco (*A/C<sub>i</sub>*) e eficiência intrínseca do uso de água (*A/G<sub>s</sub>*) de plantas de *Ormosia arborea* (Vell.) Harms em função de diferentes capacidades de retenção de água (CRA). UFGD, Dourados, 2017.

CRA (%)	<i>A</i> (μmol m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> )	<i>E</i> (mmol m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> )	<i>C<sub>i</sub></i> (μmol mol <sup>-1</sup> )	<i>A/C<sub>i</sub></i> (μmol m <sup>-2</sup> s <sup>1</sup> /μmol mol <sup>-1</sup> )	<i>A/E</i> (μmol CO <sub>2</sub> /mmol <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O)	<i>A/G<sub>s</sub></i> (μmol CO <sub>2</sub> /mmol <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O)
50	0,483b	0,108b	188,33b	0,0026b	4,533b	48,33b
75	0,586a	0,156a	254,66a	0,0023b	3,804a	58,66a
100	0,663a	0,103b	213,00b	0,0032a	6,635a	66,33a

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A eficiência do uso da água (*A/E*) é caracterizada como a quantidade de água evapotranspirada pela planta para a produção de certa quantidade de matéria seca. Os maiores

valores para esta característica foram de obtidos na CRA de 100% (Tabela 4). A maior parte da água absorvida pelas raízes é evaporada das superfícies foliares por transpiração, enquanto pequena parte permanece na planta para atender as demandas de crescimento, da fotossíntese e outros processos metabólicos. A  $A/E$  de determinada espécie expressa a sua efetividade de fixar carbono enquanto transpira (MAHOUACHI, 2009; DONATO et al., 2013).

Os maiores valores obtidos para eficiência intrínseca do uso da água ( $A/G_s$ ) foram média de  $62,49 \mu\text{mol CO}_2/\text{mmol}^{-1} \text{H}_2\text{O}$ , nas maiores CRA (Tabela 4). A manutenção de elevadas taxas fotossintéticas associadas a menores valores de  $E$  são características de plantas tolerantes a menores disponibilidade de água no solo, que é refletido por maiores valores de  $A/G_s$  e  $A/E$  (MA et al., 2004). Em ambientes em que a disponibilidade de recursos é limitada (em particular, água e nutrientes), a magnitude positiva desses parâmetros de eficiência torna-se essencial para o bom funcionamento e sobrevivência das plantas e se prestam como indicadores para monitorar o estabelecimento das mesmas no campo, assim como para demonstrar a plasticidade fisiológica das espécies em relação aos fatores abióticos (SANTOS JÚNIOR et al., 2006; FUNK e VITOUSEK, 2007; LI et al., 2008; SILVA et al., 2008).

Scalon et al. (2011) avaliaram o metabolismo e crescimento inicial de mudas de mutambo (*Guazuma ulmifolia* (Lam)), cultivadas em diferentes disponibilidades hídricas (100%, 50%, 25% e 12,5% da capacidade de campo) e observaram que as mudas submetidas a menor capacidade de campo apresentaram valores menores de condutância estomática, fotossíntese e transpiração, e sugeriram que a queda do conteúdo de água no solo pode ter acarretado fechamento parcial dos estômatos, levando também à redução da condutância estomática que implica na queda da transpiração e da assimilação de  $\text{CO}_2$ , levando à redução na produção de fotoassimilados.

As enzimas superóxido dismutase e peroxidase (SOD) apresentaram maior atividade tanto nas folhas quanto nas raízes das plantas cultivadas na CRA de 50%. Sob as CRA de 75% e 100% não diferiram entre si exceto para a atividade da POD nas folhas que foi menor sob 100%. As SOD são metaloenzimas que constituem uma importante defesa primária das células contra os radicais superóxido gerados sob condições de estresse; assim, o aumento em sua atividade é conhecido por conferir tolerância ao estresse oxidativo (JALEEL et al., 2007), sendo assim seu aumento nas plantas cultivadas na CRA de 50% é um indicativo de estresse.

**Tabela 5.** Atividade antioxidante das enzimas superóxido dismutase ( $SOD_F$ ) nas folhas e nas raízes ( $SOD_R$ ) e Peroxidase nas folhas ( $POD_F$ ) e nas raízes ( $POD_R$ ) de plantas de *Ormosia arborea* (Vell.) Harms em função de diferentes capacidades hídricas e tempos de avaliação (CRA). UFGD, Dourados, 2017.

CRA (%)	$SOD_F$ units $mg^{-1}$ matéria fresca	$SOD_R$ units $mg^{-1}$ matéria fresca	$POD_F$ $min^{-1}g$ matéria fresca $^{-1}$	$POD_R$ $min^{-1}g$ matéria fresca $^{-1}$
50	0,055a	0,035a	1,600a	1,410a
75	0,041b	0,022b	1,210b	0,464b
100	0,043b	0,025b	0,832c	0,444b

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quando as enzimas antioxidantes não atuam de forma eficiente na eliminação das espécies reativas de oxigênio (EROs) geradas, a peroxidação lipídica se torna mais evidente, sendo esta a principal característica atribuída ao dano oxidativo, frequentemente utilizada como um indicador de dano às membranas celulares (HERNANDEZ et al., 2000). A POD desempenha papel chave no ciclo ascorbato-glutationa e na eliminação de  $H_2O_2$  nos cloroplastos e citossol, sendo que, mudanças na atividade dessa enzima estão estritamente correlacionadas com a tolerância das plantas ao estresse oxidativo (LEE et al., 2001; SUDHAKAR et al., 2001).

## CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos nossa hipótese foi confirmada sendo que as disponibilidades hídricas de 25% e 50% prejudica a emergência e crescimento inicial, assim como as demais características de plantas de *Ormosia arborea*.

Tanto para emergência e crescimento quanto para as trocas gasosas, clorofila, fluorescência da clorofila *a* de plantas de *Ormosia arborea*(Vell.) podem ser recomendados o cultivo nas disponibilidades hídricas entre 75% e 100% CRA.

A CRA de 50% acarretou um aumento de enzimas antioxidantes (SOD e POD), indicando estresse nessa condição.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ALMEIDA, F. A. C; MORAIS, J. S. Efeito do beneficiamento, tipo de embalagem e ambiente de armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de amendoim. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v. 22, n.2, p. 27-33, 1997.

ANYIA, A.O.; HERZOG, H. Genotypic variability in drought performance and recovery in cowpea under controlled environment. **Journal Agronomy and Crop Science**, v.190, n. 2 p. 151–159, 2004.

ÁVILA, M. R.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; FAGLIARI, J. R.; SANTOS, J. L. Influência do estresse hídrico simulado com manitol na germinação de sementes e crescimento de plântulas de canola. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 1, p. 98-106, 2007.

AWAL, M.A.; IKEDA, T. Recovery strategy following the imposition of episodic soil moisture deficit in stands of peanut (*Arachis hypogaea* L.). **Journal Agronomy and Crop Science**, v.188, n.3, p.185–192, 2002.

AZEVEDO, M. R. Q. A; GOUVEIA, J. P. G; TROVÃO, D. M. M. Influência das embalagens e condições de armazenamento no vigor de sementes de gergelim. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 3, p. 519-524, 2003.

AZEVEDO, I. M. G.; ALENCAR, R. M.; BARBOSA, A. P.; ALMEIDA, N. O. Estudo do crescimento e qualidade de mudas de marupá (*Simarouba amara* Aubl.) em viveiro. **Acta Amazônica**, v. 40, p. 157-164, 2010.

BAKER, N. R.; ROSENQVIST, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, n.403, p.1607-1621, 2004.

BAKER, N. R. Chlorophyll fluorescence: a probe of photosynthesis in vivo. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, p. 89-113, 2008.

BEAUCHAMP, C.; FRIDOVICH, I. Superoxide dismutase: improved assays and an assay applicable to acrylamide gels. **Analytical Biochemistry**, v. 44, n. 1, p. 276-287, 1971.

BENEDITO, C. P. **Armazenamento e viabilidade de sementes de Catanduva (*Piptadenia moniliformis* Benth)**. 2010, 63 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia: Área de concentração em Agricultura Tropical)-Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN, 2010.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York: Plenum, 1994, p. 445.

CAMARGO, I. P.; CASTRO, E. M.; GAVILANES, M. L. Aspectos da anatomia e morfologia de amêndoas e plântulas de castanheira-do-brasil. **Cerne**, v.6, n.2, p.11-18, 2000.

CHAVES, M. M. Photosynthesis and drought: can we make metabolic connections from available data. **Journal of Experimental Botany**., v. 62, n. 3, p. 869–88, 2011.

CHAGAS, R. M. **Alterações fotossintéticas e respostas oxidativas em plantas de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) tratadas com paraquat**. 2007. 82 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2007.

COLOM, M. R.; VAZZANA, C. Photosynthesis and PSII functionality of drought-resistant and drought sensitive weeping lovegrass plants. **Environmental and Experimental Botany**, v. 49, n. 2, p. 135-144, 2003.

CORDEIRO, Y. E.M.; PINHEIRO, H. A.; SANTOS FILHO, B.G.; CORREA, S. S.; SILVA, J. R. R., DIAS-FILHO, M. B. Physiological and morphological responses of young mahogany

(*Swietenia macrophylla* King) plants to drought. **Forest Ecology and Management**, v. 258, p.1449–1455, 2009.

CUNHA, G. R.; BERGAMASCHI, H. Efeitos da disponibilidade hídrica sobre o rendimento das culturas. In: BERGAMASCHI, H (Coord.). **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. 2.ed. Porto Alegre: Editora Universidade/UFRGS, cap. 6, p. 85-97, 1999.

CUNHA, M. C. L.; FERREIRA, R. A. Aspectos morfológicos da semente e do desenvolvimento da planta jovem de *Amburana cearensis* (Arr. Cam.) A. C. Smith - cumaru – *Leguminosae Papilionoideae*. **Revista Brasileira de Sementes**, v.25, n.2, p.89-96, 2003.

DA MATTA, F. M.; RONCHI, C.; MAESTRI, M.; BARROS, R. S. Ecophysiology of coffee growth and production. **Brazilian Journal Plant Physiology**, v. 19, n.4, p.485-510, 2007.

DAVIS, S. D.; MOONEY, H. A. Water use patterns of four co-occurring chaparral shrubs. **Oecologia**, v. 70, n. 2, 1986, p. 172-177.

DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R.; BOTELHO, S. A. **Propagação de espécies florestais**. Belo Horizonte: CEMIG/ UFLA/ FAEPE, 1995, p. 40.

DEL LONGO, O.T.; GONZÁLEZ, C.A.; PASTORI, G.M.; TRIPPI, V.S. Antioxidant defenses under hyperoxygenic and hyperosmotic conditions in leaves of two lines of maize with differential sensitivity to drought. **Plant Cell Physiology**, v. 34, n. 7, p. 1023-1028, 1993.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HONSER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedlings stock in nurseries. **Forest Chronicle**, v. 36, p. 10-13, 1960.

DONADIO, N. M. M.; DEMATTÊ, M. E. S. P. Morfologia de frutos, sementes e plântulas de canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.) e jacarandá – da – Bahia (*Dalbergia nigra*

(Vell.) Fr.All. exBenth.) – Fabaceae. **Revista Brasileira de Sementes**, v.22, n.1, p.64-73, 2000.

DONATO, S. L. R.; MARQUES, P. R. R.; COELHO, E. F. Vegetative traits and yield of a Dwarf Pome and its tetraploid hybrid under different irrigation systems. **Acta Horticulturae**, v.986, p.131-138, 2013.

DRESCH, D. M.; SCALON, S. P. Q.; MUSSURY, R. M.; KODAMA, F. M. Initial growth of *Campomanesia adamantium* (Cambess) O. Berg. Seedlings on substrates with different compositions and water retention capacities. **Bioscience Journal**, v. 32, n. 1, p. 1-10, 2016.

DUARTE, M. R.; DRANKA, E. R. K.; YANO, M. (2012) Leaf Microscopic Characters of *Ormosia arborea* (Vell.) Harms, Fabaceae. **Latin American Journal of Pharmacy** v.31(4), p. 526-530, 2012.

FARQUHAR, G. D.; SHARKEY, T. D. Stomatal conductance and photosynthesis. **Annual Review of Plant Physiology**, v.33, p. 317-345, 1982.

FERREIRA, M. J.; GONÇALVES, J. F. C.; FERRAZ, J. B. S. Photosynthetic parameters of young Brazil nut (*Bertholletia excelsa* H. B.) plants subjected to fertilization in a degraded area in Central Amazonia. **Photosynthetica**, v. 47, n. 4, p. 616-620, 2009.

FERREIRA, D.F. SISVAR: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

FLOSS, E. **Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo que está por trás do que se vê**. 4 ed. Passo Fundo: UPF, 2008. 733p.

FONSECA, E. P.; VALÉRI, S. V.; MIGLIORANZAM E.; FONSECA, N. A. N.; COUTO L. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, v. 26, p. 515 - 523, 2002.



FUNK, J. L.; VITOUSEK, P. M. Resource-use efficiency and plant invasion in low-resource systems. **Nature**, v. 446, n. 7139, p.1079-1081, 2007.

GIANNOPOLITIS, C.N.; RIES, S.K. Superoxide dismutases. I. Occurrence in higher plants. **Plant Physiology**, v. 59, n. 2, p. 309-314, 1977.

GOMES, M. M. A.; LAGÔA, M. M. A.; MEDINA, C. L; MACHADO, E. C.; MACHADO, M. A. Interactions between leaf water potential, stomatal conductance and abscisic acid content of orange trees submitted to drought stress. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 16, n. 3, p. 155-161, 2004.

GORDIN, C. R. B. **Emergência de plântulas e crescimento inicial de *Hancorniaspeciosa* Gomes em diferentes substratos, disponibilidades hídricas e níveis de luz.** 2011, p. 53. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-Ms.

GUIMARÃES, T. P; MANESCHY, R. Q; OLIVEIRA, I. K. S; COSTA, K. C. G; CASTRO, A. A. Avaliação do crescimento inicial de frutíferas em sistema agroflorestais no P. A. Belo Horizonte I, São Domingos do Araguaia, PA. **Agroecossistemas**, v. 2, n. 1, p. 39-47, 2010.

HERNÁNDEZ, J.A.; JIMENEZ, A.; MULLINEAUX, P.; SEVILLA, F. Tolerance of pea plants (*Pisumsativum*) to long term salt stress is associated with induction of antioxidant defences. **Plant Cell and Environment**, v.23, p.853-862, 2000.

JALEEL, C.A.; MANIVANNAN, P.; SANKAR, B.; KISHOREKUMAR, A.; GOPI, R.; SOMASUNDARUM, R.; PANNEERSELVAN, R. Water deficit stress mitigation by calcium chloride in *Catharanthus roseus*: Effects on oxidative stress, praline metabolism and in dole alkaloid accumulation. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v.60, p.110-116, 2007.

HSIAO, T. C.; FRENCH, J.; ROJAS-LARA, B.A The pressure-jump technique shows maize leaf growth to be enhanced by increases in turgor only when water status is not too high, **Plant Cell Environmental**, v. 21, p. 33-42, 1998.

HU, L.; WANG, Z.; HUANG, B. Diffusion limitations and metabolic factors associated with inhibition and recovery of photosynthesis from drought stress in a C<sub>3</sub> perennial grass species. **Physiologia Plantarum**, v. 139, p. 93–106, 2010.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009, p.452.

KOLB, R. M.; JOLY, C. A. Germination and anaerobic metabolism of seeds of *Tabebuia cassinoides* (Lam.) DC subjected to flooding and anoxia. **Flora**, v. 205, p. 112–117, 2010.

KOS, M.; POSCHLOD, P. Correlates of inter-specific variation in germination response to water stress in a semi-arid savannah. **Basic and Applied Ecology**, v. 9, p. 645–652, 2008.

LABOURIAU, L. G., VALADARES, M.E.B. On the germination of seeds *Calotropis procera* (Ait.) Ait.f. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 48, n. 2, p. 263-284, 1976.

LABOURIAU, L.G. **A germinação de sementes**. Washington: Organização dos Estados Americanos, 1983, p. 174.

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

LEE, D.H.; KIM, Y.S.; LEE, C.B. The inductive responses of the antioxidant enzymes by salt stress in the rice (*Oryza sativa* L.). **Journal of Plant Physiology**, v.158, p.737-745, 2001.

LENHARD, N. R.; SCALON, S. P. Q.; NOVELINO, J. O. Crescimento inicial de mudas de pau ferro (*Caesalpinia ferrea* MART. ex Tul. var. *leiostachya* Benth.) sob diferentes regimes hídricos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 4, p. 870-877, 2010.

LI, F. L.; BAO, W. K.; WU, N. Growth, biomass partitioning, and water use efficiency of a leguminous shrub (*Bauhinia faberi* var. *microphylla*) in response to various water variabilities. **New Forests**, Dordrecht, v. 36, n. 1, p. 53-65, 2008.

LIMA, B. G.; TORRES, S. B. Estresses hídrico e salino na germinação de sementes de *Zizyphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae). **Revista Caatinga**, v. 22, n. 4, p. 93-99, 2009.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras** - manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil - Vol. 01- 5. edição. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2008, p.384.

MA, C. C.; GAO, Y. B.; GUO, Y.H.; WANG, J. L. Photosynthesis, transpiration and water use efficiency of *Caragana microphylla*, *C. intermedia* and *C. korshinskii*. **Photosynthetica**, v. 42, n. 1, p. 65-70, 2004.

MACEDO, G.A.; PASTORE, G.M.; SATO, H.H.; PARK, Y.K. **Bioquímica Experimental de Alimentos**. São Paulo: Livraria Varela, 2005, p. 187.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination and selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.

MAHOUACHI, J. Changes in nutrient concentrations and leaf gas exchange parameters in banana plantlets under gradual oil moisture depletion. **Scientia Horticulturae**, v.120, p.466-469, 2009.

MARQUES, M. A.; RODRIGUES, T. de J. D.; PAULA, R. C. de. Germination of *Ormosia arborea* (Vell.) Harms seeds submitted to different pre-germination treatments. **Científica**, v.32, n.2, p.141-146, 2004.

MANZONI, S.; VICO, G.; KATUL, G.; PORPORATO, A. Biological Constraints on water transport in the soil-plant-atmosphere. **Advanced Água Resources International**, v. 51, p. 292-304, 2013.

MARAGHNI, M.; GORAI, M.; NEFFATI, M. Seed germination at different temperatures and stress levels, and seedling emergence from different depths of *Ziziphus lotus*. **South African Journal of Botany**, v. 76, p. 453–459, 2010.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ. 2015, p. 660.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia Vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas nutrição mineral**. 3ª ed, Editora UFV, Minas Gerais, 2009, p.486.

MAXWELL, K.; JOHNSON, G. Chlorophyll fluorescence-a practical guide. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.51, p.659- 668, 2000.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; BARBOSA, D. C. A.; MORAES, J. A. P. Trocas gasosas e relações hídricas em plantas jovens envasadas de três espécies da caatinga, submetidas à deficiência hídrica. **Phyton**, v.62, n.1/2, p.37-46, 1998.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; SILVA, E. C. Comportamento estomático em plantas jovens de *Schinopsis brasiliensis* Engl. cultivadas sob estresse hídrico. *Iheringia*, **Série Botânica**, v.57, n.1, p.31-38, 2002.

NOGUEIRA, A; MARTINEZ, C. A; FERREIRA, L. L.; PRADO, C. H. B. A. Photosynthesis and water use efficiency in twenty tropical tree species of differing succession status in a Brazilian reforestation. **Photosynthetica**, v. 42, n. 3, 2004, p. 351-356.

PAIVA, R.; OLIVEIRA, L. M. **Fisiologia e Produção Vegetal**. Lavras. ed. UFLA. p. 104, 2006.

PIANA, Z.; CAVARIANI, C.; TILLMANN, M.A.A.; MINAMI, K. Disponibilidade hídrica e germinação de sementes de cebola (*Allium cepa* L.). **ScientiaAgricola**, v.51, n.3, p.486-489, 1994.

PINÃ-RODRIGUES, F. C. M. **Guia prático para a colheita e manejo de sementes florestais tropicais**. Rio de Janeiro: IDACO, 2002. 39p.

PORTES, M.T.; ALVES, T.H.; SOUZA, G.M. Water deficit affects photosynthesis induction in *Bauhinia forficata* Link (Fabaceae) and *Esenbeckia leiocarpa* Engl.(Rutaceae) growing in understorey and gap conditions. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.18, 2006, p.491-502.

RAZERA, L.F. **Emergence of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) seed at various levels of soil temperature and moisture**. Mississippi: Mississippi State University. 1982. 83p. Tese (PhD in the Department of Agronomy), 1982.

ROHÁČEK, K. Chlorophyll fluorescence parameters: the definitions, photosynthetic meaning, and mutual relationships. **Photosynthetica**, v.40, p.13-29. 2002.

RODRIGUES, R. S.; TOZZI, A. M. G. A. Morfologia de plântulas de cinco leguminosas genistóides arbóreas do Brasil (*Leguminosae Papilionoideae*). **Acta Botanica Brasilica**, v.21, n.3, p.599-607, 2007.

SANTIAGO, L. S.; WRIGHT, S. J. Leaf functional traits of tropical forest plants in relation to growth form. **Functional Ecology**, Malden, v. 21, n. 1, p. 19-27, 2007.

SANTOS JUNIOR, U.M.; GONÇALVES, J.F.C.; FELDPAUSCH, T.R. Growth, leaf nutrient concentration and photosynthetic nutrient use efficiency in tropical tree species planted in degraded areas in central Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v. 226, 2006, p. 299-309.

SATO, T.; ABDALLA, O. S.; OWEIS, T. Y.; SAKURATANI, T. The validity of predawn leaf water potential as an irrigation-timing indicator for field grown wheat in northern Syria. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 82, n. 1-2, p. 223-236, 2006.

SCALON, S. P. Q.; MUSSURY, R. M.; EUZÉBIO, V. L. M.; KODAMA, F. M.; KISSMAN, C. Estresse hídrico no metabolismo e crescimento inicial de mudas de mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 4, p. 655-662, 2011.

SCALON, S. P. Q.; JEROMINE, T. S. Substratos e níveis de água no potencial germinativo de sementes de uvaia. **Revista Árvore**, v.37, n.1, p.49-58, 2013.

SCREMIN-DIAS, E. (Org.). **Produção de sementes de espécies florestais nativas**. Campo Grande: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2006. 43p. (Série Rede de Sementes do Pantanal).

SENA, C. M. de; GARIGLIO, M. A. **Sementes florestais: colheita, beneficiamento e armazenamento**. Natal: MMA/ Secretaria de Biodiversidade e Florestas/Departamento de

Florestas/Programa Nacional de Florestas/Unidade de Apoio ao PNF no Nordeste, 2008. p. 28.

SCHOLANDER, P. F., HAMMEL, H. T., HEMINGSEN, E. A., BRADSTREET, E. D., 1964. Hydrostatic pressure and osmotic potentials in leaves of mangroves and some other plants. **Proceedings of National Academy of Sciences**, v. 52, n. 1, p. 119-125.

SILVA, J. B. C.; NAKAGAWA, J. Estudos de Fórmulas para Cálculo de Germinação. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 5, n. 1, p. 62- 73, 1995.

SILVA, S. R. S.; DEMUNER, A. J.; BARBOSA, L. C. A.; CASALI, V. W. D.; NASCIMENTO, E. A.; PINHEIRO, A. L. Efeito do estresse hídrico sobre características de crescimento e a produção de óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* Cheel. **ActaScientiarum Agronomy**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1363-1368, 2002.

SILVA, M. A.; JIFON, J. L.; SILVA, J. A. G.; SHARMA, V. Use of physiological parameters as fast tools to screen for drought tolerance in sugarcane. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.19, n.3, p.193-201, 2007a.

SILVA, T. T. A; SOUZA, L. A.; OLIVEIRA, L. M. Temperatura de germinação, sensibilidade à dessecação e armazenamento de sementes de jaqueira. **Revista Ciências Agronômicas**, v. 38, p. 436-439, 2007b.

SILVA, C. E. M.; GONÇALVES, J. F. C. FELDPAUSH, T. R. Water-use efficiency of tree species following calcium and phosphorus application on an abandoned pasture, central Amazonia, Brazil. **Environmental and Experimental Botany**, p. 189-195, 2008.

SOUZA, C. C.; OLIVEIRA, F. A.; SILVA, I. F.; AMORIM NETO, M. S. Avaliação de métodos de determinação de água disponível e manejo da irrigação em terra roxa sob cultivo de algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.3, p.338-342, 2000.

SOUZA, R. P., MACHADO, E. C., SILVA, J. A. B., LAGOA, A., SILVEIRA, J. A. G. Photosynthetic gas exchange, chlorophyll fluorescence and some associated metabolic

changes in cowpea (*Vigna unguiculata*) during water stress and recovery. **Environmental and Experimental Botany**, v.51, n.1, p. 45–56, 2004.

SUDHAKAR, C.; LAKSHMI, A.; GIRIDARAKUMAR, S. Changes in the antioxidant enzyme efficacy in two high yielding genotypes of mulberry (*Morus alba* L.) under NaCl salinity. **Plant Science**, v.161, n.5, p.613-619, 2001.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013, p.918

VAN DER PIJL, L. **Principles of seed dispersal in higher plants**. Berlin: Springer-Verlag, 1982.

VERMA, K. K; VATSA, S; GUPTA, R. K; RANJAN, S; VERMA, C. L; SINGH, M. Influence of water application on photosynthesis, growth and biomass characteristics in *Jatropha curcas*. **Current Botany**, v.3, n.4, p.26-30, 2012.

VIEIRA, E. A.; GOMES, A. S. Desenvolvimento inicial de plantas de pau-terra-do-cerrado sob diferentes regimes hídricos. **Evolução e Conservação da Biodiversidade**, p. 58-65, 2011.

YOKOTA, A. TAKAHARA, K; AKASHI, K. Water stress. In: MADHAVA RAO, K. V. et al. (Eds.). **Physiology and molecular Biology of Stress Tolerance in Plants**. Berlin: Springer-Verlag, p. 15–39, 2006.

ZHANG, S.; LI, Q.; MA, K.; CHEN, L., 2001. Temperature dependent gas exchange and stomatal/non-stomatal limitation to CO<sub>2</sub> assimilation of *Quercus liaotungensis* under midday higher irradiance. **Photosynthetica**, v. 39, p. 383-388, 2001.

## **CAPÍTULO II**

**Crecimiento inicial e características fisiológicas de mudas de *Ormosia arborea* (Vell.) Harms em diferentes disponibilidades hídricas**



**Crescimento inicial e características fisiológicas de mudas de *Ormosia arborea* (Vell.)  
Harms em diferentes disponibilidades hídricas**

**RESUMO**

O objetivo neste trabalho foi avaliar as disponibilidades hídricas adequadas para o crescimento inicial plantas de *Ormosia arborea* (Vell.) Harms, pertencente a família Fabaceae. Foram utilizadas mudas com seis meses de idade, sendo estas transplantadas e aclimatadas por 15 dias antes de dar início ao experimento. A irrigação foi realizada em dias alternados, nas capacidades de retenção de água: 25%, 50%, 75%, e 100%, calculada com base na densidade do solo empregado. As características morfológicas e suas relações para determinação dos índices de qualidade das mudas foram analisadas aos 15, 50, 85 e 120 dias após serem transplantadas. O delineamento adotado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 4 (4 disponibilidades hídricas x 4 tempos de avaliação), sendo cada tratamento constituído por 10 mudas. As plantas de *O. arborea* cultivadas nas maiores capacidade (75% e 100% CRA) apresentaram melhores resultados de crescimento, índice de clorofila, potencial hídrico, além de proporcionar os maiores valores para fluorescência da clorofila *a* e trocas gasosas, enquanto que a CRA de 25% e 50% proporcionaram os menores resultados para as características estudadas. O déficit hídrico reduziu o potencial hídrico nas folhas e todas as características do metabolismo fotossintético. Sob estresse, as mudas apresentam um sistema antioxidante ativo comprovado pela presença das enzimas SOD, POD e CAT.

**Palavras-chave:** Fotossíntese, Enzimas antioxidantes, Fluorescência da Clorofila *a*.

**Initial growth and physiological characteristics of seedlings of *Ormosia arborea* (Vell.)****Harms in different water availability****ABSTRACT**

The aim of this study was to evaluate the appropriate water availability for the initial growth plants of *Ormosia arborea* (Vell). Harms, belonging to the Fabaceae family. Seedlings were used with six months of age, being transplanted and acclimated for 15 days before starting the experiment. Irrigation was done out on alternating days, in water holding capacities: 25%, 50%, 75%, and 100%, calculated based on the density of soil used. Morphological characteristics and their relations to determination of the quality indexes of the seedlings were analyzed at 15, 50, 85 and 120 days after being transplanted. The design was completely randomized in 4 x 4 factorial scheme (4 water availability X 4 evaluation times), each treatment consisting of 10 seedlings. The plants of *O. arborea* cultivated in greater capacity (75% and 100% CRA) have presented better growth results, chlorophyll content, water potential, in addition to providing the highest values for chlorophyll *a* and gaseous exchanges, while the 25% and 50% CRA provided the smallest results for the studied characteristics. The water deficit has reduced the water potential in the sheets and all the characteristics of photosynthetic metabolism. Under stress, seedlings present an active antioxidant system proven by the presence of SOD, POD and CAT enzymes.

**Keywords:** Photosynthesis, antioxidant enzymes, fluorescence of chlorophyll *a*.

## INTRODUÇÃO

A espécie *Ormosia arborea* (Vell.) Harms, também conhecida popularmente como olho-de-cabra ou olho-de-boi, pertencente a família Fabaceae (Papilionoideae) é característica da Floresta Latifoliada Semi-decídua e Pluvial Atlântica. Usualmente, esta espécie é recomendada para plantios destinados à recuperação de áreas degradadas, bem como, pode ser utilizada para fins ornamental e artesanal (LORENZI, 2008). Infelizmente, em consequência das contínuas devastações de florestas nativas, a espécie encontra-se em vias de extinção (MARQUES et al., 2004).

O crescente interesse mundial pela conservação das florestas tropicais e suas plantas nativas tem impulsionado a realização de pesquisas em diversos biomas brasileiros, entre eles as fitofisionomias do Cerrado (SANTOS et al., 2006). Isso porque a crescente devastação nesses cenários vem nos últimos anos, fortalecendo as políticas ambientais na promoção por um aumento de demanda de sementes de espécies nativas, que constituem insumo básico nos programas de recuperação ou conservação de ecossistemas, melhoramento florestal e obtenção de produtos biotecnológicos (SARMENTO e VILLELA, 2010).

O cultivo de qualquer espécie nativa depende dos conhecimentos técnicos a respeito da propagação e do comportamento das mesmas, diante das variações ambientais. No entanto, esses conhecimentos são incipientes e muitas vezes encontram-se dispersos, principalmente aqueles ligados aos parâmetros fisiológicos frente às situações adversas (NOGUEIRA et al., 2003), principalmente com relação a disponibilidade hídrica.

Durante as condições de estresse hídrico ocorre uma série de eventos que podem ser nocivos à planta, cuja gravidade aumenta dependendo do estágio de desenvolvimento das plantas e com a intensidade e duração da condição estressante (PORPORATO et al., 2001). O déficit hídrico reduz a expansão celular e pode afetar o processo de divisão celular, interferindo no desenvolvimento das plantas.

Na maioria das vezes, as plantas nessa condição de estresse, apresentam como resposta a diminuição da turgescência, diminuição do potencial hídrico da folha, e associada a esses eventos, a diminuição do processo de crescimento. Durante este processo, nas folhas se desencadeia a síntese de ácido abscísico (ABA) que induz o fechamento estomático e abscisão foliar, resultando na redução das trocas gasosas e, conseqüentemente, na produção de biomassa (GINDABA et al., 2004; LARCHER, 2006; KUNZ et al., 2007;).

O crescimento e o desenvolvimento das plantas também são reduzidos em ambientes com excesso de água no solo, indutor da respiração anaeróbia das raízes, com conseqüente produção de ácido láctico e o etanol, causadores da morte das células radiculares por acidose.

Com isso, há menor crescimento radicular e menor absorção de água e nutrientes (FLOSS, 2008).

O grau e o mecanismo de tolerância ao estresse hídrico variam de espécie para espécie, sendo o desempenho da planta no campo frequentemente controlado pela interação entre múltiplos fatores (GINDABA et al., 2004). Dessa forma, estudos sobre condição hídrica proporcionam uma visão de como as diferentes espécies vegetais respondem ao estresse hídrico em condições de campo.

A relação água planta vem sendo estudada há algum tempo, com o objetivo de se entender os processos de absorção, transporte e perda de água, assim como, as estratégias de sobrevivência das plantas submetidas a ambientes com condições extrema, com falta ou excesso de água no solo (MEDRI, 2002), que podem desencadear diferentes graus de estresse.

Em condições de baixa disponibilidade de água no solo, as plantas apresentam como resposta, mudanças em vários processos metabólicos, como o fechamento estomático, redução da condutância estomática, redução da fotossíntese e transpiração, alteração na eficiência quântica do fotossistema e na fluorescência da clorofila *a*, levando ao declínio da taxa de crescimento (PORTES et al., 2006; JALEEL et al., 2009; TAIZ E ZEIGER, 2013; DAMOLIM, 2013).

À medida que o teor de água do solo diminui, verifica-se inicialmente a redução da velocidade de germinação, crescimento e desenvolvimento das plantas, sendo que restrições mais severas passam a prejudicar o seu estabelecimento (ÁVILA et al., 2007; MARAGHNI et al., 2010, SCALON e JEROMINE, 2013; MARCOS FILHO, 2015). Visando a produção de mudas de qualidade destaca-se a necessidade de estudos das interações causadas pelo estresse hídrico nos processos fisiológicos e desenvolvimento de *O. arborea*, uma vez que, o estresse abiótico tem efeitos sobre diversos processos das plantas, muitos dos quais refletem em mecanismos de tolerância e adaptação a diferentes habitats, visto que na literatura até o momento, a maior parte dos estudos são relacionados a germinação e superação de dormência de suas sementes

*O. arborea* é uma espécie frequentemente encontrada em mata ciliar assim, nossa hipótese é de que suas mudas devem crescer melhor e realizarem maiores trocas gasosas quando cultivadas em solo com maior disponibilidade de água. Considerando esta hipótese, este trabalho desenvolvido com o objetivo de avaliar a produção de mudas de *Ormosia arborea* sob diferentes disponibilidades hídricas, assim como, suas respostas fisiológicas quando expostas a essas condições.

## MATERIAL E METODOS

Este trabalho foi realizado na Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), com mudas de *Ormosia arborea* (Vell.) Harms com seis meses de idade.

O experimento foi realizado no período de março a setembro de 2016 e conduzido em casa de vegetação, revestida de Sombrite® com redução da luminosidade em 30% e cobertura plástica, de baixa densidade, instalada para evitar o contato dos vasos com a água da chuva. Os vasos possuíam capacidade para 5 litros e foram preenchidos com substrato constituído de Latossolo Vermelho distroférico (peneirado) e areia, na proporção de 1:1.

Os vasos receberam irrigação de forma a manter 25, 50, 75 e 100% da capacidade de retenção de água (CRA), segundo metodologia de Souza et al. (2000), onde a CRA de 100% foi determinada por meio do conteúdo de água retida após o escoamento e as CRA de 25, 50 e 75%, obtidas por meio de regra de três simples em função da massa. Em seguida, aferiu-se a massa de todos os vasos em balança de precisão (0,001 g), sendo a irrigação individualizada realizada em dias alternados, com água de torneira em quantidade suficiente para atingir a massa pré-estabelecida para cada tratamento. As plantas foram aclimatadas nos vasos por 15 dias, nas diferentes disponibilidades hídricas antes de dar início ao experimento.

O experimento teve duração de 120 dias, sendo as características morfológicas e fisiológicas avaliadas aos 15, 50, 85 e 120 dias, utilizando-se três mudas representativas de cada repetição.

**Crescimento e biomassa: Comprimento da parte aérea e raiz** - obtida por meio de régua graduada e expressa em centímetros (cm). **Diâmetro do coleto** – obtido com auxílio de paquímetro digital de precisão (0,001 mm). **Índice relativo de clorofila** - efetuado por meio do clorofilômetro SPAD 502. **Número de folhas** – obtido por meio da contagem do número total de folhas completamente expandidas por planta. A **área foliar** – foi aferida com aparelho LI-COR modelo LI-3100C; a **massa fresca e sua total** foram obtidas aferindo-se cada órgão fresco em balança analítica de precisão (0,0001g). A **massa seca** foi obtida a partir da secagem de cada órgão em estufa de circulação forçada de ar, regulada à 70°C por 72 horas ou até atingir massa constante.

**Potencial hídrico da folha ( $\Psi_w$ )**: obtido a partir de leituras realizadas em folhas individuais pertencentes ao terceiro par de folhas totalmente expandidas do ápice para a base, entre 10 e 11h da manhã, usando uma câmara de pressão tipo Scholander (Portable Plant water status console - modelo 3115) (SCHOLANDER et al., 1964). A leitura foi realizada imediatamente após a coleta das folhas. Os valores obtidos em bar foram posteriormente convertidos em MPa (1 bar = -0,1 MPa).

**Fluorescência da clorofila *a***: obtida por meio de fluorômetro portátil modelo OS-30p (Opti-Sciences Chlorophyll Fluorometer, Hudson, USA), sendo registradas as medidas de **fluorescência inicial ( $F_0$ )**, **fluorescência máxima ( $F_m$ )** e a **eficiência quântica potencial do fotossistema II ( $F_v/F_m$ )**. A partir dos dados de fluorescência foram calculados: **fluorescência variável ( $F_v = F_m - F_0$ )**, **eficiência do fotossistema II efetiva na conversão de energia absorvida ( $F_v/F_0$ )** e **produção quântica basal dos processos não fotoquímicos no PSII ( $F_0/F_m$ )**. A determinação da fluorescência foi realizada entre 8 e 11h da manhã, nas mesmas folhas utilizadas para as avaliações das trocas gasosas, sendo estas submetidas a um período de 30 minutos de adaptação ao escuro, com o auxílio de cliques adaptadores, para que todos os centros de reação nessa região foliar, adquirissem a condição de “aberto”, ou seja, oxidação completa do sistema fotossintético de transporte de elétrons.

**Trocas gasosas: taxa fotossintética ( $A \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )**, **transpiração foliar ( $E \text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )**, **condutância estomática ( $G_s \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )** e **concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $C_i \mu\text{mol mol}^{-1}$ )** utilizando-se analisador de gases no infravermelho (IRGA), marca ADC, modelo LCI PRO (Analytical Development Co. Ltda, Hoddesdon, UK). As avaliações foram realizadas em duas folhas de três mudas de cada tratamento ( $N=6$ ) no período da manhã, entre 8 e 11 horas, em folhas completamente expandidas e previamente marcadas, de modo que todas as medições fossem realizadas na mesma. A partir dos dados de trocas gasosas foram calculadas as seguintes relações: **eficiência instantânea do uso da água ( $A/E \mu\text{mol CO}_2/ \text{mmol}^{-1} \text{H}_2\text{O}$ )**, **eficiência intrínseca do uso de água ( $A/G_s \mu\text{mol CO}_2/ \text{mmol}^{-1} \text{H}_2\text{O}$ )** e **eficiência de carboxilação da ribulose-1,5-bifosfato carboxilase oxigenase (RUBISCO) ( $A/C_i \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}/ \mu\text{mol mol}^{-1}$ )** (ZHANG et al., 2001), mensurados sempre no mesmo horário, das 8 as 10 horas da manhã.

**Atividade de enzimas antioxidantes**: Para as análises da atividade de enzimas do sistema antioxidante, inicialmente foram separadas a raiz da parte aérea, sendo estas posteriormente congeladas e armazenadas em nitrogênio líquido a  $-20 \text{ }^\circ\text{C}$  até a realização das análises para determinação das enzimas superóxido dismutase (SOD) ( $\text{units mg}^{-1}$  matéria fresca), catalase (CAT) ( $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{min}^{-1} \text{mg}^{-1}$  matéria fresca) e peroxidase (POD) ( $\text{min}^{-1}\text{g}$  matéria fresca $^{-1}$ ) sendo todas as análises realizadas em triplicatas.

Para obtenção de extratos enzimáticos procedeu-se com a homogeneização de 1 g de folhas ou raízes de cada tratamento, fragmentadas em almofariz, com adição de 6 mL de solução de extração, constituída de EDTA 0,1 mM em 50 mL de tampão de fosfato de potássio 0,2 M, contendo 1,5 g de PVP (polivinil polipirrolidona), preparado na hora do uso.

O homogeneizado foi centrifugado por 20 minutos, a 4000 rpm, e, o sobrenadante coletado utilizado nas avaliações enzimáticas.

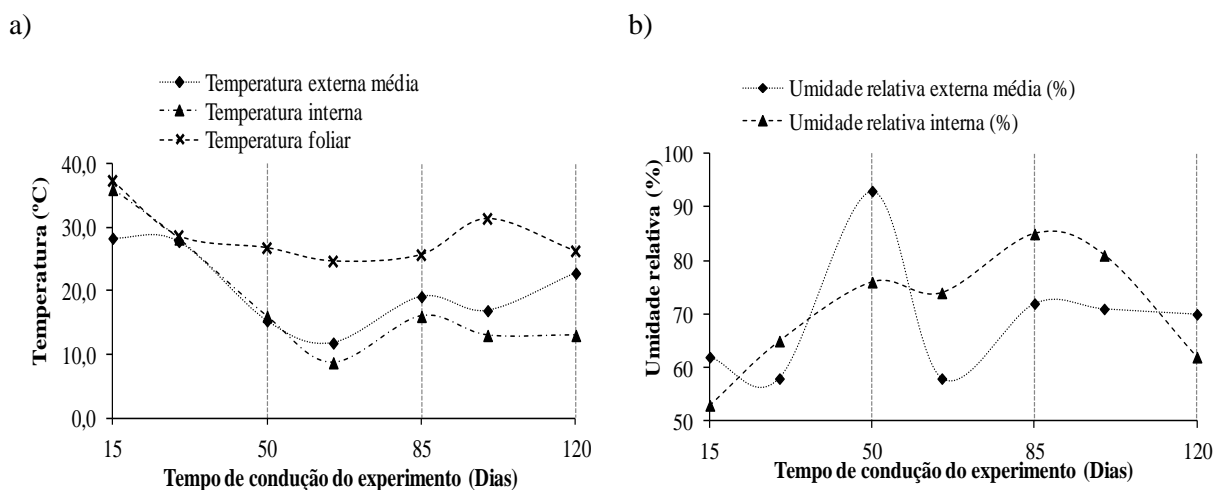
A atividade da **peroxidase** nos tecidos da parte aérea e do sistema radicular foi determinada em alíquotas de 20 µL do extrato enzimático bruto. Adicionaram-se 2 mL de tampão fosfato de potássio 0,2 M, pH 7,0, onde os tubos foram levados para banho maria até a estabilização da temperatura a 25 °C, em seguida, foram acrescidos 200 µL de guaiacol (0,5%) e 200 µL de peróxido de hidrogênio (0,8%). Em espectrofotometro realizou-se a leitura da absorbância da solução foi lida a 470 nm, utilizando-se, para os cálculos, o coeficiente de extinção molar  $2,47 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$  (MACEDO et al., 2005).

A atividade da **catalase** nos tecidos da parte aérea e do sistema radicular foi determinada após a adição de 100 µL do extrato enzimático, constituído de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 12,5 mM em tampão de fosfato de potássio (50 mM, pH 7,0) a 30°C. A atividade da enzima foi determinada pelo decréscimo na absorbância a 240 nm (ANDERSON et al., 1995).

Para a determinação da atividade da **superóxido dismutase** foi adicionado 100 µL do extrato enzimático, com solução de extração, constituída de L-metionina (13 Mm), azul de p-nitro tetrazólio (NBT) (0,44 Mm), EDTA (100 nM) e riboflavina (1 µM,) (DEL LONGO et al., 1993). A reação foi conduzida a 25 °C em câmara de reação, sob a iluminação de duas lâmpadas fluorescentes de 15 W. A reação foi iniciada pelo acendimento das lâmpadas fluorescentes e, após 15 minutos, interrompida pelo desligamento das mesmas (GIANNOPOLITIS e RIES, 1977). A produção de formazana azul, resultante da foto-redução do NBT, foi medida pela determinação do incremento na absorbância a 560 nm (BEAUCHAMP e FRIDOVICH, 1971).

O delineamento estatístico adotado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 4 (4 disponibilidades hídricas x 4 tempos de avaliação), sendo cada tratamento composto por 10 mudas. Todos os dados foram submetidos à análise de variância, a 5% de probabilidade de erro, no caso de significância, foram ajustados por equações de regressão, com auxílio do programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2011).

Os dados de temperatura (°C) externa ao sombrite, interna (dentro da cobertura plástica), temperatura da folha; umidade relativa externa e interna durante o período de condução do experimento estão apresentados na Figura 1. Os dados externos foram registrados e retirados do banco de dados da estação meteorologica da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados/MS e os dados internos, dentro da cobertura plástica foram obtidos utilizando um termohigrógrafo. A temperatura foliar foi obtida utilizando dados do IRGA, marca ADC, modelo LCi PRO (Analytical Development Co. Ltda, Hoddesdon, UK).



**Figura 1.** Dados de temperatura externa, interna, foliar (a) e umidade relativa externa e interna (b). UFGD, Dourados, 2017.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### *Características de crescimento*

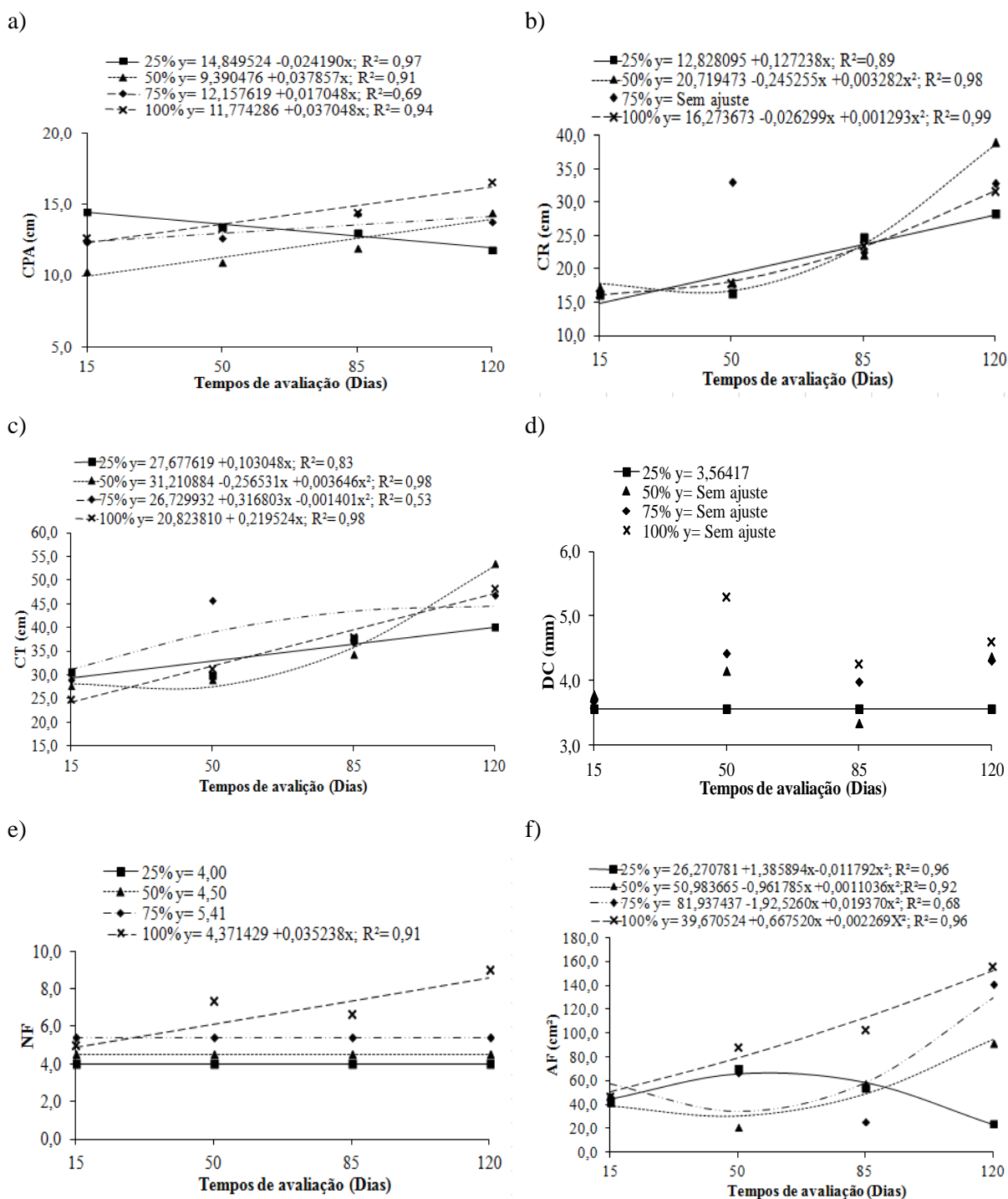
As características de crescimento das mudas de *Ormosia arborea* (Vell.) Harms foram influenciadas pela interação entre os tratamentos.

Os regimes hídricos disponibilizados em cada capacidade de retenção hídrica ocasionaram diferenças no crescimento da parte aérea (Figura 2-a). As plantas da CRA de 25% apresentaram redução no crescimento ao longo do tempo quando comparado aos demais tratamentos, sendo os valores médios observados de 11,94 cm aos 120 dias, enquanto a melhor condição proporcionou no mesmo período um crescimento 16,22 cm na disponibilidade hídrica de 100% CRA. Cabral et al. (2004) estudando mudas ipê amarelo (*Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. e Hook f. ex S. Moore) cultivadas com 100, 50 e 25% capacidade de campo (cc) também verificaram que altura das mesmas foi maior nas plantas submetidas a maior disponibilidade de água e a área foliar foi menor sob 25% cc.

A maioria dos processos fisiológicos das plantas é influenciada pelo déficit hídrico e, como o crescimento das plantas é controlado pela divisão celular, seguido de sua expansão, uma quantidade de água insuficiente mantendo células das zonas de crescimento em condições de flacidez, reduz o coeficiente de divisão celular e a expansão de todas as células impedindo, deste modo, o crescimento vegetativo das plantas (TAIZ e ZEIGER, 2013). Estudos com a cultura da mamona (*Ricinus communis* L.) em diferentes conteúdos de água disponível no



solo (40%, 60%, 80% e 100%), Barros Júnior et al. (2008), constataram que a altura média das plantas cultivadas na maior disponibilidade (100% de água disponível) foi significativamente maior do que nos menores níveis de água.



**Figura 2.** Comprimento da parte aérea (CPA) (a), Comprimento de raiz (CR) (b), Comprimento total (c), Diâmetro do coleto (DC) (d), Número de folhas (NF) (e) e Área foliar (AF) (f) de plantas de *Ormosia arborea* (Vell.) Harms em função de diferentes capacidades de retenção de água e tempos de avaliação. UFGD, Dourados, 2017.

O crescimento da raiz primária e total foram maiores na disponibilidade hídrica de 50% (38,55 cm e 52,93 cm respectivamente) (Figura 2-b e c), apesar de ambas as características terem apresentado um crescimento mínimo aos 35 e 37 dias, respectivamente. O estresse hídrico desencadeia a síntese de ácido abscísico (ABA) nas raízes onde estimula também o crescimento das mesmas e a formação de raízes laterais, ao ser transportado para diferentes partes da planta, podendo apresentar dentre outras respostas, a supressão do crescimento da folha (LARCHER, 2006; TAIZ e ZEIGER, 2013). Outro efeito desencadeado pela restrição hídrica é a redução do crescimento, causado pela diminuição da expansão celular devido à desidratação do protoplasto e aumento na concentração de solutos (MARTINS et al., 2010). Por sua vez, têm-se como consequência modificações morfológicas, fisiológicas e metabólicas em toda planta, que afetam a produção e translocação de fotoassimilados para as novas áreas de crescimento, neste caso para as raízes (VERMA et al., 2012; SAPETA et al., 2013).

Assim como para o comprimento da parte aérea das mudas, o diâmetro também foi menor na CRA de 25%, sendo observados os menores valores (3,56 mm), e apesar de não ter tido ajuste para as equações dos demais tratamentos pode se observar que a CRA 100% proporcionou valores observados superiores aos demais (Figura 2-d). Albuquerque et al. (2009) avaliando a influência de níveis de água disponível no solo em pinhão manso (*Jatropha curcas L.*) observaram maior crescimento em diâmetro caulinar aos 150 dias após a semeadura, no tratamento com 100% de água disponível no solo.

As mudas de *O. arborea* apresentaram maior número de folhas de acordo com o aumento da disponibilidade hídrica. Assim como para o crescimento da parte aérea, raiz, total e diâmetro do coleto, a CRA 25% proporcionou mudas com o menor número médio de folhas (4 folhas), quando comparada à maior disponibilidade hídrica (100% CRA) que proporcionou o dobro do número das folhas (Figura 2-e). Nascimento et al. (2011) verificaram maior número de folhas na CRA de 100% e redução da emissão de folhas de jatobá (*Hymenaea courbaril L.*) com o déficit hídrico, sugerindo que esse comportamento pode ser reflexo de menor taxa de divisão celular, o que reduz a formação de novas folhas.

Resultados semelhantes foram encontrados em espécies como, por exemplo, para mutambo (*Guazuma ulmifolia Lam.*) (SCALON et al., 2011), melaleuca (*Melaleuca alternifolia* Cheel) (SILVA et al., 2002) e aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) (FIGUEIRÔA et al., 2004), submetidas a diferentes tratamentos hídricos. Estes autores verificaram reduções na altura, número de folhas e diâmetro do caule das plantas estudadas sob estresse hídrico.

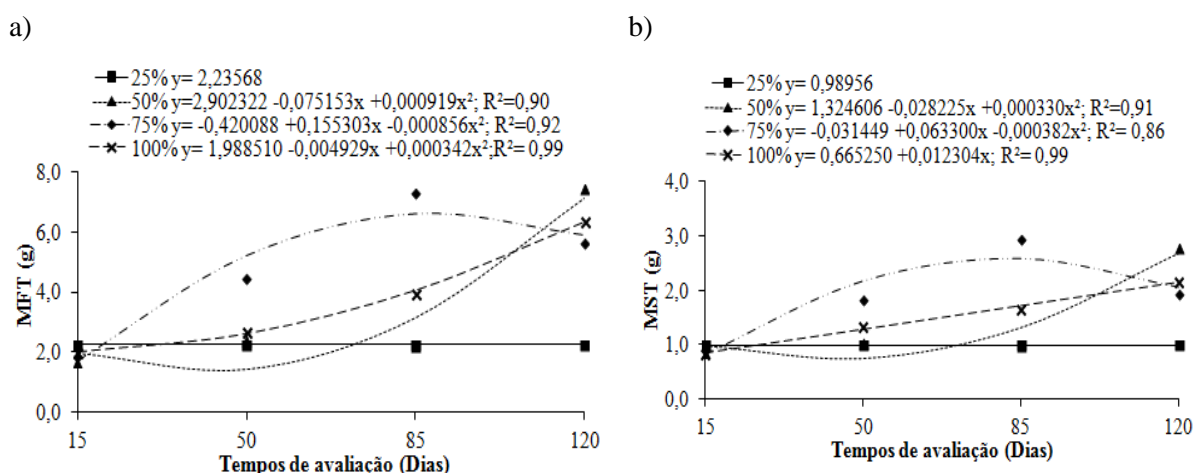
Ao final das avaliações (120 dias) verificou-se folhas com menor área foliar (AF) nas mudas da CRA 25% e 50% (24,73 e 94,49 cm<sup>2</sup>, respectivamente). A maior área foi observada em plantas cultivadas com CRA de 100%, que apresentaram comportamento crescente ao longo do período experimental (Figura 2-f). Como a expansão foliar é um processo governado pela turgidez celular (TAIZ e ZEIGER, 2013), plantas sob condição de estresse hídrico, tendem a ter uma diminuição da turgescência celular, ocorrendo a redução na expansão e conseqüentemente no tamanho das folhas (LIMA e TORRES, 2009), o que explicaria os resultados obtidos nesse estudo. Dessa forma, a área foliar menor transpira menos, conservando efetivamente sua turgescência por um período mais longo em situação de suprimento de água limitado no solo (TAIZ e ZEIGER, 2013).

Scalon et al. (2011) avaliaram o metabolismo e crescimento de mudas de mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.), cultivadas em diferentes disponibilidades hídricas (12,5%, 50%, 75% e 100% da capacidade de campo) e observaram que a área foliar das mudas cultivadas em maior capacidade de campo (100% cc) foi de 400 a 800% maior que aquelas cultivada sob menores disponibilidades hídricas (25% cc e 12,5% cc respectivamente).

Em relação ao acúmulo de massa seca e fresca total (Figura 3-a e b), os maiores acúmulos foram observados na CRA de 75% aos 90 e 83 dias de condução do experimento (7,48g e 2,59g, respectivamente). Entretanto ao final de 120 dias, a CRA de 50% proporcionou os maiores resultados (7,11g e 2,68g) e assim como para as demais características, a disponibilidade hídrica de 25% CRA apresentou os menores valores. A biomassa da parte aérea e da raiz de mudas de pau-terra do Cerrado (*Qualea grandiflora* Mart.) foi maior em substrato com 50% da CRA, verificando-se resultados inferiores em menor disponibilidade (12,5% CRA) (VIEIRA e GOMES, 2011). Resultados semelhantes foram observados por Cabral et al. (2004) em mudas de ipê amarelo (*Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. e Hook. f. ex S. Moore) e em mudas de pau-ferro (*Caesalpineia ferrea* Mart.) por Lenhard et al. (2010).

De acordo com Silva et al. (2008) e Lima e Torres (2009), menores comprimentos e acúmulo de massa seca em plantas ocorrem em função do fechamento dos estômatos em condições de estresse hídrico, o que compromete o ganho de CO<sub>2</sub>, reduzindo a produção de biomassa e a produtividade das plantas. Outros fatores, como a redução da absorção de elementos do solo, mudanças no balanço hormonal da planta, translocação, respiração, fotorrespiração e metabolismo de proteínas também contribuem para a redução de crescimento das plantas (LARCHER, 2006). Com isso, justificam-se as reduções das massas seca total à medida que o estresse hídrico se torna mais severo (MARTINS et al., 2010).

Durante o estresse por déficit hídrico, as plantas investem na produção de massa seca radicular devido à estocagem de assimilados na parte subterrânea em resposta à redução da expansão foliar e, conseqüentemente, diminuem o consumo de carbono e energia, resultando em reduções no crescimento da parte aérea (CARVALHO et al., 2012), da área foliar (FIGUEIROA et al., 2004; SCALON et al., 2011; MAR et al., 2013), como encontrados neste estudo. Segundo Griffiths e Parry (2002), a redução da produção de fitomassa seca em plantas submetidas a estresse hídrico, se torna mais visível na medida em que a exposição ao estresse é mais prolongada.



**Figura 3.** Massa fresca da parte aérea total (MFT) (a) e Massa fresca de raiz total (MST) (b) de plantas de *Ormosia arborea* (Vell.) Harms em função de diferentes capacidades de retenção de água e tempos de avaliação. UFGD, Dourados, 2017.

O crescimento das mudas de *Ormosia arborea* de modo geral foi maior com o aumento da disponibilidade de água, sugerindo que a espécie é sensível à deficiência hídrica.

#### Potencia hídrico ( $\Psi_w$ ) e Índice de clorofila

O potencial hídrico ( $\Psi_w$ ) das mudas de *O. arborea* foi influenciado pela interação entre os tratamentos (Figura 4-a). As mudas de todas as disponibilidades hídricas apresentaram comportamento decrescente, sendo que as mudas sob déficit hídrico proporcionado pelas CRA de 25% e 50% apresentaram maiores reduções para o  $\Psi_w$  no decorrer dos tempos de avaliações com valores de -1,7 e -1,3 MPa, respectivamente aos 120 dias. O fato de até mesmo as mudas sob maiores disponibilidades (75% e 100% CRA) terem decrescido, pode estar relacionado ao crescimento das plantas, já que houve um aumento da massa e provavelmente interferiu na

quantidade de água que passou a não suprir mais a demanda, pois, com o crescimento a planta passou a transpirar mais.

Os valores do potencial hídrico das folhas observados para CRA de 25% foram superiores aos considerado crítico (-1,5 MPa), seguido da CRA de 50%, essa diminuição do potencial afetou negativamente as características de crescimento, fluorescência da clorofila *a* e trocas gasosas bem como aumentos na atividade de enzimas antioxidantes (Figura 2, 5, 6, 7 e 8) (DA MATTA et al., 2007). O potencial de água na folha ( $\Psi_w$ ) diminui com o declínio da disponibilidade de água no solo, levando à perda da turgescência e induzindo também ao fechamento estomático, e tais respostas diferenciam-se de espécie para espécie (MANSUR e BARBOSA, 2000; TAVARES, 2009).

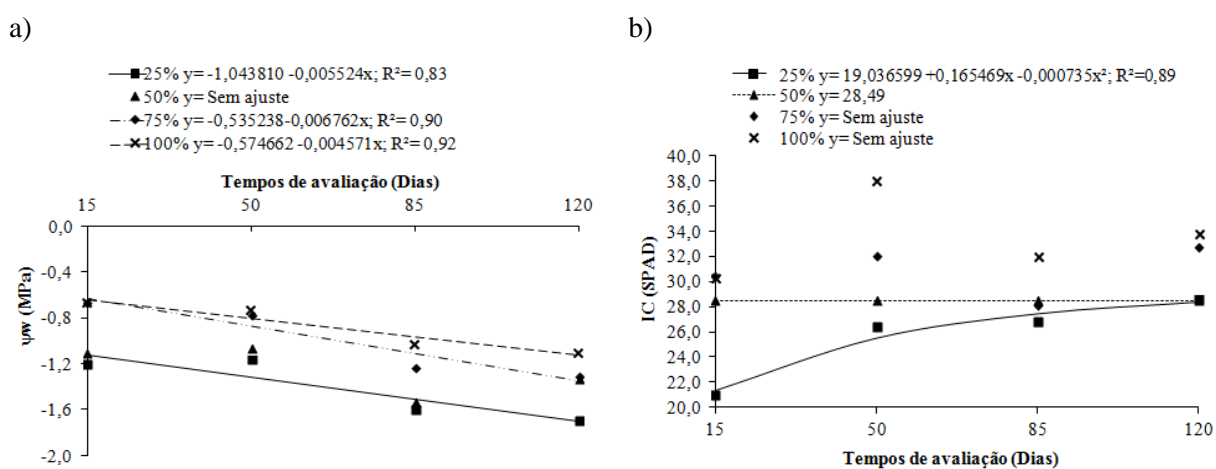
Redução no  $\Psi_w$  em condições de seca também foram observadas por Chaves et al. (2004) e Tatagiba et al. (2009), em plantas de eucalipto (*Eucalyptus sp*); por Silva et al. (2003) em espécies lenhosas como sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth), tamboril (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong.) e craibeira (*Tabebuia aurea* (Manso) Benth e Hook.); por Gonçalves et al. (2009) em plantas jovens de andiroba ([Carapa guianensis Aubl.](#)), e em pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth) por Oliveira et al. (2002).

Há alta correlação entre o potencial de água nas folhas e a fotossíntese, pois plantas expostas a condições estressantes tendem a ter uma diminuição do  $\Psi_w$  por causa do decréscimo de atividades enzimáticas que envolvem o processo de fixação e redução do CO<sub>2</sub> (KOONJAH et al., 2006). Valores de  $\Psi_w$  foliares inferiores a -0,9 MPa representam um déficit hídrico moderado, decréscimos na fotossíntese resultam da limitação estomática (DU et al., 1998). A limitação metabólica inicia-se quando os tecidos foliares atingem  $\Psi_w$  menores que -1,2 MPa, apresentando redução da atividade enzimática (INMAN-BAMBER e SMITH, 2005).

O  $\Psi_w$  descreve o estado energético foliar, cujos gradientes explicam os fluxos da água no sistema solo-planta-atmosfera. Embora haja variação ao longo do dia, mesmo em plantas irrigadas, essa variável descreve o estado hídrico da planta, e tem sido muito utilizado em estudos das relações hídricas dos vegetais. O valor do  $\Psi_w$  indica a diferença entre o estado hídrico da planta no sistema considerado e num estado de referência. No estado de referência, o potencial da água é considerado zero, sendo assim, quando mais próximo de zero a planta encontra-se mais hidratada (BERGONCI et al., 2000).

O índice de clorofila das plantas, mantidas nas capacidades de retenção hídrica de 25% e 50% foram menores (28,34 e 28,49 SPAD, respectivamente), apesar dos tratamentos com maior disponibilidade hídrica não terem apresentado ajuste de suas equações, foi possível

observar que seus valores foram superiores (Figura 4-b). O conteúdo de clorofila vem sendo utilizado como uma ferramenta efetiva e confiável para diferenciar plantas tolerantes e susceptíveis ao estresse hídrico, além de ser de fácil obtenção (O'NEILL et al., 2006). Normalmente, plantas submetidas ao estresse hídrico apresentam decréscimo acentuado no conteúdo de pigmentos fotossintéticos (DIN et al., 2011; ASHARAF e HARRIS, 2013). Isso ocorre devido à degradação da clorofila ou devido à deficiência na síntese (DALMOLIM, 2013). A redução dos níveis de clorofila das plantas submetidas à capacidade de retenção de 25 e 50%, provavelmente, se deve à menor síntese de pigmentos, uma vez que não foi observado o amarelamento das folhas.



**Figura 4.** Potencial hídrico ( $\psi_w$ ) (a) e Índice de clorofila (IC) (b) de plantas de *Ormosia arborea* (Vell) Harms em função de diferentes capacidades de retenção de água e tempos de avaliação. UFGD, Dourados, 2017.

#### Fluorescência da clorofila a

As variáveis  $F_0$ ,  $F_v$  e  $F_m$  nas plantas sob baixa disponibilidade (25% e 50% CRA), diminuiram significativamente ao final do período de condução do experimento, enquanto que as CRA de 75% e 100% apresentaram os valores mais elevados (Figura 5-a, b e c). A variável  $F_0$  é independente dos eventos fotoquímicos, sendo assim seu aumento pode ser consequência, tanto de danos no centro de reação do PSII, com da redução da capacidade de transferência da energia de excitação do sistema antena para o centro de reação. O fato de  $F_0$  ter apresentado os maiores valores aos 120 dias para as disponibilidades 75% e 100% CRA (174,00 e 194,33), do que as CRA de 25% e 50% (120, 23 e 123), o processo de captação e conversão de energia para  $F_v$  e  $F_m$  ainda assim foi maior nas maiores disponibilidades hídricas, indicando que o aumento dessa variável não influenciou negativamente o processo

(BAKER e ROSENQVST, 2004; BAKER, 2008). Assim, pode ser verificado que os baixos valores encontrados nas plantas cultivadas nas CRA de 25% e 50% para as variáveis  $F_v$ ,  $F_m$ ,  $F_v/F_m$  e  $F_v/F_0$  possivelmente são um indicativo de que o PSII foi afetado pela baixa disponibilidade hídrica (Figura 5).

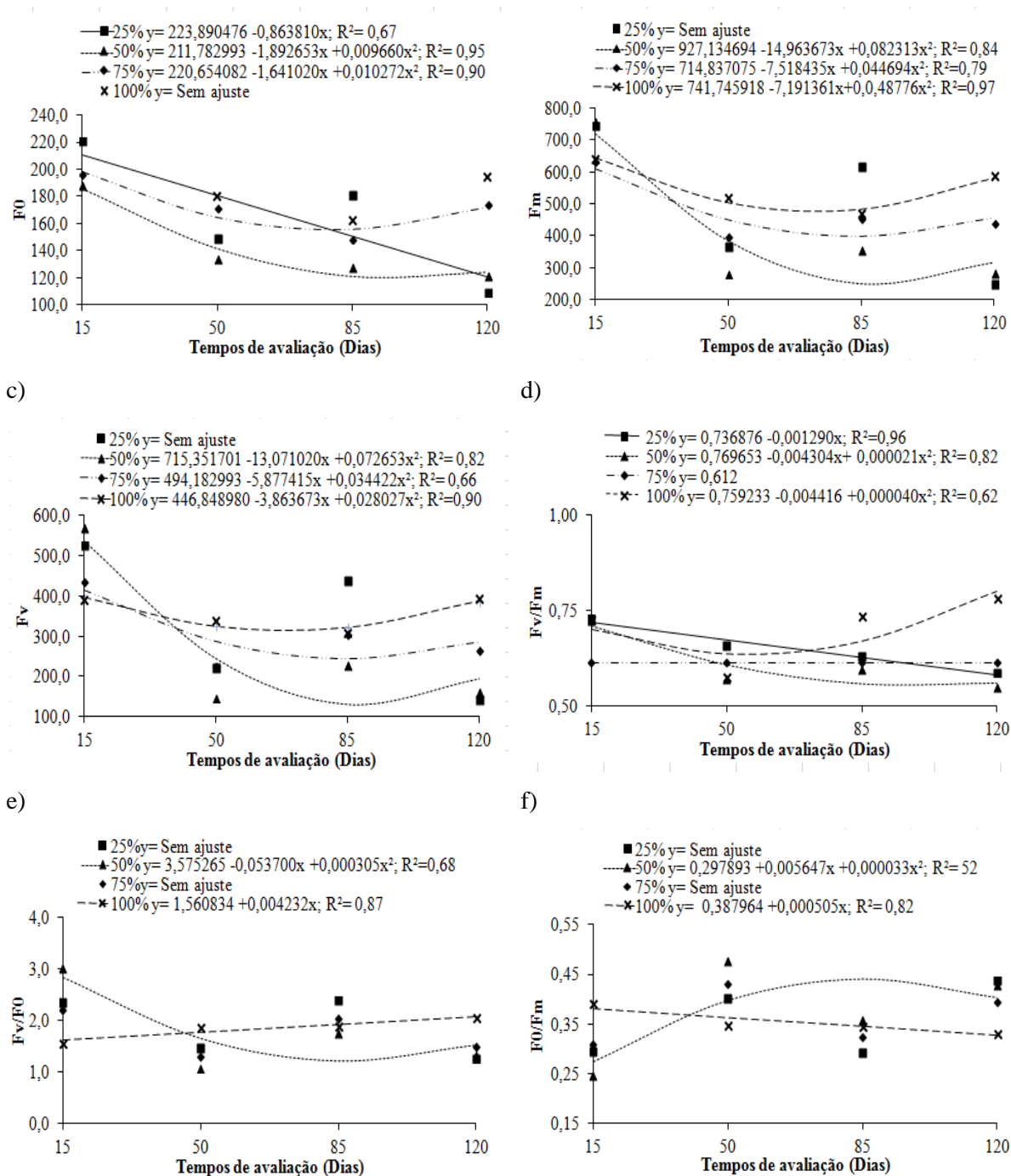
Quanto mais elevada for a variável  $F_v$ , maior será a capacidade da planta em transferir a energia das moléculas dos pigmentos para a formação de moléculas como o NADPH e ATP e, conseqüentemente, maior a capacidade de assimilação do  $\text{CO}_2$  na fase bioquímica da fotossíntese (ROHÁČEK, 2002; BAKER, 2008). Além disso,  $F_v$  é uma variável altamente sensível e reduz-se dependendo da temperatura em que a leitura é feita (PORTES, 1990), sendo assim, os valores mínimos encontrados para esta variável nas mudas cultivadas nas CRA de 75% e 100% (243, 29 e 313,69, respectivamente) aos 69 e 89 dias (Figura 5-c), podem ser explicados pelas baixas temperaturas registradas nesse período de avaliação entre os 50 e 85 dias de avaliação (Figura 1-a).

Já para razão  $F_v/F_m$ , que corresponde a eficiência quântica potencial do fotossistema II (PSII) observou-se que, as plantas cultivadas na capacidade de 25% decresceram e as plantas de 50% apresentaram um mínimo aos 107 dias ( $0,549 \text{ elétron quantum}^{-1}$ ). Os melhores resultados foram proporcionados pela CRA de 100% aos 120 dias ( $0,800 \text{ elétron quantum}^{-1}$ ) (Figura 5-d). Os valores observados de  $F_v/F_m$  para as CRA de 25% e 50% (0,582 e 0,559, respectivamente) aos 120 dias estão abaixo do limite crítico que pode variar de 0,75 e 0,8 (MAXWELL e JOHNSON, 2000; TAIZ e ZEIGER, 2013).

Alterações na  $F_v/F_m$  em plantas submetidas a condições de estresse hídrico é relatada por vários autores, como um indicativo de estresse, sendo que a redução na disponibilidade de água potencializa os processos fotoinibitórios nos centros de reação do PSII (LAGE-PINTO et al., 2012). De acordo com Silva et al. (2007), quando a planta tem a habilidade de manter altos valores de  $F_v/F_m$  mesmo sob condições de estresse, promovido por deficiência hídrica, existe uma alta eficiência do uso da radiação pela fotossíntese, o que não foi o caso neste trabalho, já que as plantas da CRA de 25% e 50% apresentam os menores valores.

a)

b)



**Figura 5.** Fluorescência inicial ( $F_0$ ) (a), Fluorescência máxima ( $F_m$ ) (b), Fluorescência variável ( $F_v$ ) (c), Eficiência quântica potencial do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ) (d), eficiência do fotossistema efetiva da conversão de energia absorvida ( $F_v/F_0$ ) (e) e produção quântica basal dos processos não fotoquímicos no FSII ( $F_0/F_m$ ) (f) de plantas de *Ormosia arborea* (Vell.) Harms em função de diferentes capacidades de retenção de água. UFGD, Dourados, 2017.

Estudos realizados por Björkman e Demmig (1987) avaliando a relação  $F_v/F_m$  em diferentes espécies e ambientes, encontraram um valor médio de 0,830, porém acima dos que



foram relatados por Li et al. (2004), que estudaram a relação  $F_v/F_m$  para 99 espécies nativas da região da Mongólia, que apresentam habitats diferentes e citam que os valores variaram de 0,57 a 0,79, com média 0,76, mas alterando-se em função do tipo de planta.

Para relação  $F_v/F_0$  (eficiência quântica efetiva da conversão de energia absorvida) observou-se que as mudas cultivadas sob CRA de 25% apesar de não ter tido ajuste das equações testadas e 50% proporcionaram os menores valores ao final do período de condução do experimento (Figura 5-e). Alguns autores utilizam a relação  $F_v/F_0$  como indicador da eficiência máxima do processo fotoquímico no FSII e/ou da atividade fotossintética potencial (razão máxima de produção quântica dos processos concorrentes fotoquímicos e não fotoquímicos no PSII) apresentando valores entre 4 e 6, essa razão tem sido recomendada para detectar mudanças induzidas pelos estresses (LICHTENTHALER et al., 2005).

A produção quântica basal dos processos não fotoquímicos no PSII ( $F_0/F_m$ ) foi maior nas plantas cultivadas sob CRA de 25% apesar de não terem ajuste e de 50% (0,404) (Figura 5-f). Ao contrário da razão de  $F_v/F_m$  que quando há diminuição dos seus valores são um indicativo de estresse, os valores da relação de  $F_0/F_m$  quando aumentam são um indicativo de estresse, sendo seus valores normais entre 0,14 e 0,20 (ROHÁCEK, 2002).

A queda na relação  $F_v/F_m$  em plantas sob condições estressantes é simultânea à queda da fotossíntese devido à menor eficiência fotoquímica que, por sua vez, pode reduzir a atividade de algumas enzimas do ciclo de Calvin e mudanças nas rotas químicas, como acúmulo de aminoácidos e ácidos orgânicos (CHAGAS, 2007), como observado no presente estudo.

#### *Trocas gasosas*

Durante o período experimental, os tratamentos apresentaram valores máximos de taxas fotossintéticas (A) de 4,81  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (75% CRA aos 51 dias) e 4,91  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (100% CRA aos 61 dias), enquanto que as menores capacidades (25% e 50% CRA) proporcionaram 2,71 e 3,14  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , respectivamente (Figura 6-a). Ao final de 120 dias pode-se observar um declínio para todas as CRA, possivelmente decorrente do aumento da temperatura e diminuição da umidade no período de avaliação dos 85 aos 120 dias do experimento (Figura 1). Segundo Cabral et al. (2004) a redução na área foliar, tem como consequência o decréscimo da fotossíntese e no crescimento, tornando-se um dos efeitos mais drásticos do estresse hídrico na planta. Do mesmo modo, como foi observado nesse trabalho, as menores taxas fotossintéticas foram proporcionadas pelas menores disponibilidades hídricas, assim como as menores áreas foliares.

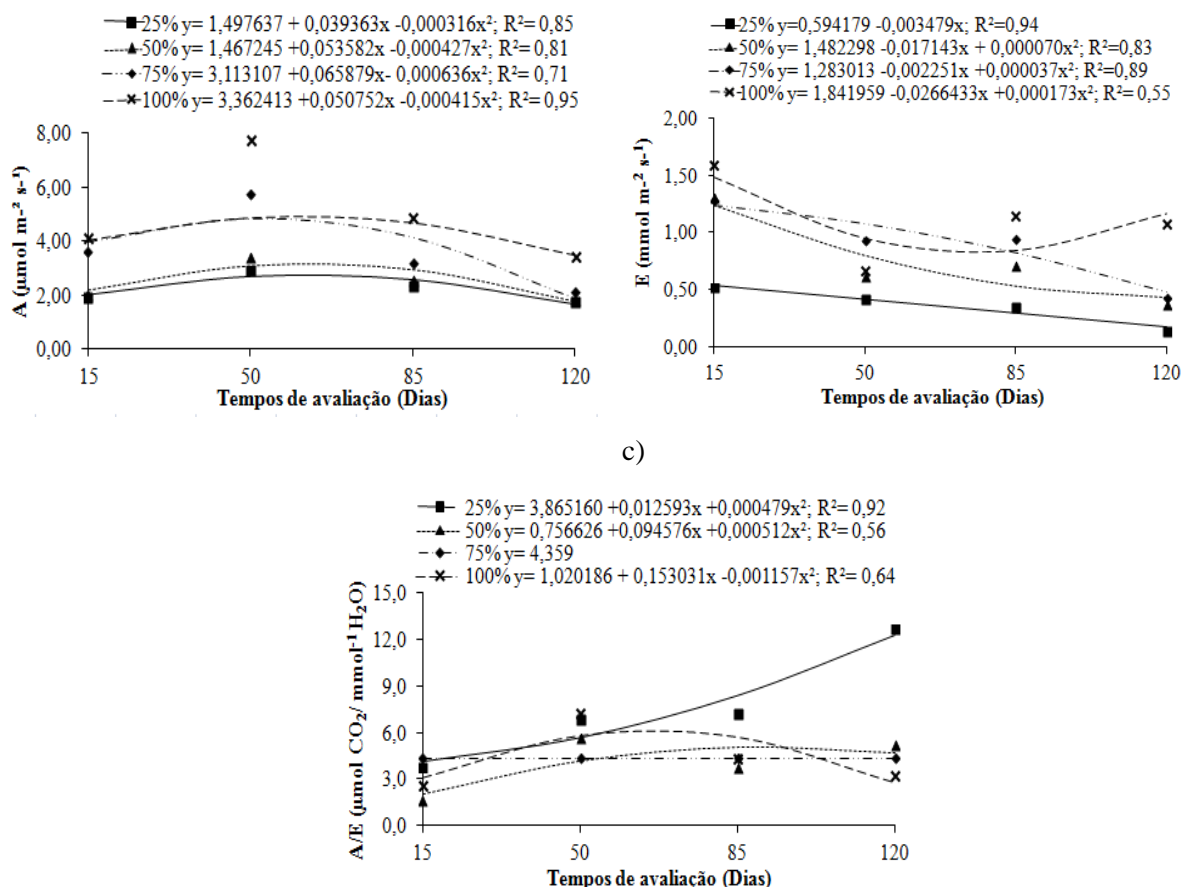
Fernandes (2012) relata que o estresse ambiental pode diminuir a taxa de fotossíntese não só por causa dos efeitos prejudiciais sobre a bioquímica celular, mas também por causa de mudanças na difusão de CO<sub>2</sub> da atmosfera para o local de carboxilação. Como o status hídrico da folha e a absorção de carbono estão sob o controle dos estômatos, assim, o fechamento estomático é uma das primeiras linhas de resposta das plantas ao déficit hídrico, protegendo-as contra a desidratação. Porém, esse processo tem como consequência inevitavelmente a redução da captação de CO<sub>2</sub> para a fotossíntese, e consequentemente, reduz a difusão de CO<sub>2</sub> na folha, logo a concentração interna de CO<sub>2</sub> diminui (CECHIN et al., 2010), por isso as plantas cultivadas nas menores disponibilidades hídricas apresentaram as menores taxas fotossintéticas.

Os menores valores de transpiração (*E*) foram observados nas plantas cultivadas com CRA de 25 e 50% que ao final de 120 dias, sendo observado 1,676 e 1,755 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, respectivamente, enquanto que plantas sob a melhor condição (100% CRA) apresentaram 3,472 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> (Figura 6-b). Segundo Bucci et al. (2008) a redução da transpiração, em baixas disponibilidade hídricas é uma forma estratégica da planta para lidar com a disponibilidade de água limitada, evitando a perda de água por evaporação durante o período de seca. No entanto, em razão do fechamento estomático, são gerados decréscimos na assimilação do CO<sub>2</sub> e no rendimento quântico do fotossistema II (MARIANO et al., 2009). Segundo Marengo e Lopes (2007), mesmo havendo água disponível no solo, em dias mais quentes, a quantidade de água transpirada nas folhas é superior à quantidade absorvida pelas raízes e transportada pelo xilema, causando assim um estresse hídrico temporário.

Figueiroa et al. (2004) observaram que o aumento da área foliar total é explicado pela boa disponibilidade hídrica e tal fenômeno é devido à relação existente entre o tamanho alcançado pelas folhas e a umidade do solo. Assim, em solo seco são produzidas folhas pequenas, o que contribui para reduzir o aquecimento dos tecidos foliares e consequentemente a transpiração na estação mais quente do ano.

a)

b)



**Figura 6.** Taxa fotossintética (A) (a), Transpiração foliar (E) (b) e eficiência instantânea do uso da água (A/E) (c) de plantas de *Ormosia arborea* (Vell.) Harms em função de diferentes capacidades de retenção de água e tempos de avaliação. UFGD, Dourados, 2017.

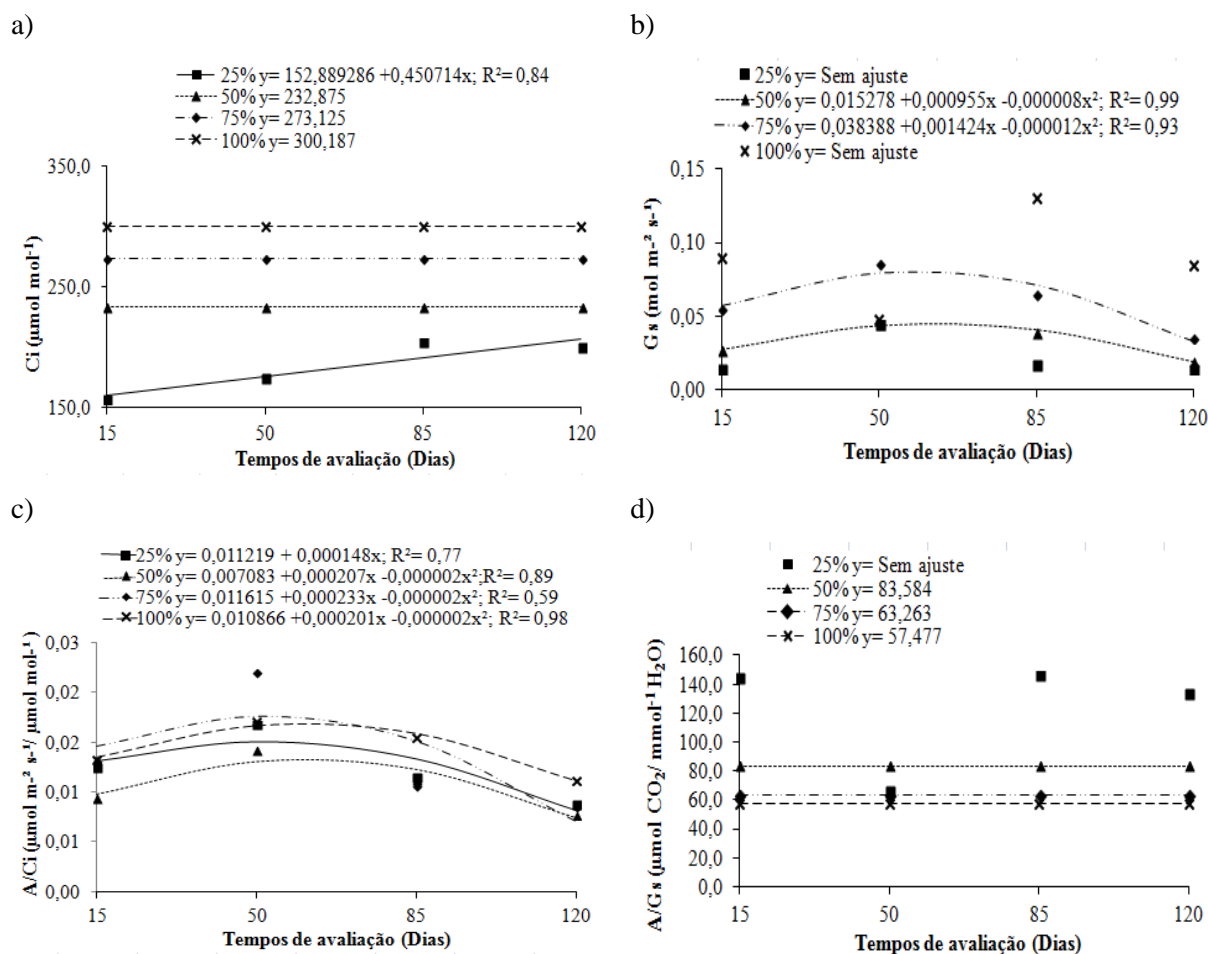
Em relação à razão de eficiência do uso da água (A/E), nas mudas da CRA de 100% foram observados valores máximos de 6,49  $\mu\text{mol de CO}_2 / \text{mmol de H}_2\text{O}$  aproximadamente aos 66 dias, seguido da CRA de 75% (5,40  $\mu\text{mol de CO}_2 / \text{mmol de H}_2\text{O}$ ). Contudo aos 120 dias observou-se os maiores valores para CRA de 25% (12,28  $\mu\text{mol de CO}_2 / \text{mmol de H}_2\text{O}$ ) (Figura 6-c). A medida que os estômatos se fecham no início do estabelecimento do déficit hídrico, a eficiência no uso da água (A/E) pode ser incrementada nas plantas sob baixa disponibilidade hídrica, uma vez que o fechamento parcial dos estômatos afeta mais a saída de molécula de água, ou seja, a transpiração do que a quantidade de  $\text{CO}_2$  fixado (POMPELLI et al., 2010; SILVA et al., 2010, TAIZ e ZEIGER, 2013). Geralmente a manutenção de taxas relativamente elevadas taxa fotossintética, associadas a menores valores de condutância estomática e transpiração foliar são características de plantas sob menores disponibilidade de água no solo, que é refletido por maiores valores de A/Gs e A/E (MA et al., 2004).

A concentração interna de CO<sub>2</sub> ( $C_i$ ) foi afetada negativamente pelas menores CRA (25% e 50% CRA) (Figura 7-a). Nas mudas das CRA de 75% e 100% CRA foram observados os maiores valores 273,12 e 300,18  $\mu\text{mol mol}^{-1}$ , respectivamente. As maiores reduções da transpiração e condutância estomática ( $G_s$ ) foram registradas também nas menores disponibilidades hídricas, sendo ao final de 120 dias os melhores resultados proporcionados pelas maiores CRA de 75% e 100%. Provavelmente esse resultado deve-se ao fato da espécie ser típica de Mata Ciliar e assim tem seu maior desempenho fotossintético em disponibilidades hídricas mais elevadas.

Essa diminuição na concentração interna de CO<sub>2</sub> acontece porque o fechamento parcial dos estômatos governado pela desidratação das células-guarda, ou por resposta hormonal, restringe a perda de água das folhas por meio da transpiração, levando à queda na entrada e na assimilação de CO<sub>2</sub>, reduzindo assim o processo fotossintético (MAGALHÃES FILHO et al., 2008; ARAÚJO e DEMINICIS, 2009).

Assim como para as demais características a condutância estomática manteve-se foi menor nas plantas cultivadas sob 25% e 50% CRA (0,020 e 0,019  $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , respectivamente aos 120 dias). Observou-se um máximo aos 71 dias para 75% CRA (0,424  $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) e mesmo a equação não tendo ajuste a CRA de 100% proporcionou valores elevados (Figura 7-b). Este comportamento sugere a presença de sinais químicos nas plantas, como o ácido abscísico, que sob seca, controla a abertura estomática (HIRAYAMA e SHINOZAKI, 2010; OLIVEIRA et al., 2011), constituindo em uma estratégia das mesmas para reduzir a perda excessiva de água pela transpiração (ALBUQUERQUE et al., 2013), evitando, assim, a desidratação dos tecidos, além de permitir a manutenção da integridade do sistema de transporte de água e o desenvolvimento de potencial hídrico, quando o solo está em perdendo água progressivamente (MAGALHÃES FILHO et al., 2008).

O déficit de água normalmente leva a uma diminuição da taxa de fotossintética, embora os níveis de tolerância possam variar entre as diferentes espécies vegetais. Mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Alemão) com um ano de idade e submetidas à suspensão da irrigação por 14 dias apresentaram redução da condutância estomática (QUEIROZ et al., 2002).



**Figura 7.** Concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ) (a), condutância estomática ( $G_s$ ) (b), eficiência de carboxilação da RUBISCO ( $A/C_i$ ) (c) e eficiência intrínseca do uso de água ( $A/G_s$ ) (d) de plantas de *Ormosia arborea* (Vell.) Harms em função de diferentes capacidades de retenção de água e tempos de avaliação. UFGD, Dourados, 2017.

A redução da condutância estomática e da transpiração em *O. arborea*, parecem estar associadas para evitar a perda excessiva de água. De acordo com Davanso et al. (2002) essa estratégia contribui para a manutenção do potencial hídrico nas folhas, inibindo a dessecação.

De maneira semelhante em laranjeira (*Citrus sinensis* L. Osbeck) Gomes et al. (2004) verificaram reduções significativas da transpiração e condutância estomática. Em mudas de braúna do sertão (*Schinopsis brasiliensis* Engl.) Nogueira e Silva (2002) verificaram redução da transpiração, após sete dias de suspensão da irrigação. Portes et al. (2006) observaram redução na assimilação do carbono, tanto em pata de vaca (*Bauhinia forficata* var. longiflora (Bong.) Benth), quanto em gurantã (*Esenbeckia leiocarpa* Engl.) após 45 dias sem chuva e avaliadas em condição de sub-bosque e de clareira.

O estresse hídrico mesmo que moderado afeta a fotossíntese e a condutância estomática, e, a medida que este estresse torna-se rigoroso, a desidratação das células do mesófilo inibe a fotossíntese, e a eficiência do uso da água geralmente decresce (TAIZ e ZEIGER, 2013). Por isso, durante a estação seca é presumível que ocorra grande restrição na transpiração, com decréscimos na atividade fotossintética, que mudas de espécies lenhosas do Cerrado atingem valores de fotossíntese próximos a zero (FRANCO, 2006; MARIANO et al., 2009).

Os maiores valores da eficiência instantânea de carboxilação da RUBISCO ( $A/C_i$ ) foram proporcionados pelas maiores disponibilidades hídricas (75% e 100% CRA), que apresentaram valores máximos de  $0,018 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} / \mu\text{mol mol}^{-1}$  aos 58 dias e  $0,015 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} / \mu\text{mol mol}^{-1}$  aos 50 dias de experimento. Após 85 dias foi observado uma queda para todos os tratamentos (Figura 7-c), provavelmente decorrente da queda da umidade e aumento da temperatura nesse período (Figura 1). Medrano et al., (2002) e Parry et al., (2002) em seus estudos comentam que a seca reduz o metabolismo do mesófilo ao diminuir a ativação e a atividade da RUBISCO. Além disso, a menor eficiência da RUBISCO pode ser causada por uma resistência maior do mesófilo devido ao fechamento estomático, restringindo a absorção de  $\text{CO}_2$  nos cloroplastos e aumentando a atividade como oxigenase da RUBISCO, e em consequência, a fotorrespiração.

Liu et al. (2014) observaram em sua revisão que a queda fotossintética é atribuída tanto a limitação estomática, como limitações não-estomáticas, assim, no segundo caso, a fotossíntese pode diminuir por diferentes causas, tais como: diminuição do teor e da atividade da enzima ribulose-1,5- bifosfato carboxilase oxigenase (que pode ser observado na presente pesquisa ao avaliar a relação  $A/C_i$ ); a inibição do transporte fotossintético de elétrons, fosforilação fotossintética, a regeneração da ribulose 1,5-bisfosfato, as desordens metabólicas de oxigênio ativo e aumentos de etileno e outros hormônios endógenos.

Quanto à eficiência intrínseca do uso da água ( $A/G_s$ ) foi possível observar um comportamento semelhante a variável  $A/E$ , que foi maior nas mudas das menores disponibilidades hídricas (25% e 50% CRA), provavelmente a elevação da  $A/G_s$  foi em consequência da redução da  $G_s$  que foi proporcionalmente superior à redução de  $A$  (Figura 7-d). A eficiência instantânea e intrínseca do uso da água da planta relaciona a assimilação de  $\text{CO}_2$  com a transpiração e com a condutância estomática. Esses parâmetros são muito úteis em projetos de irrigação visando à economia de água (FLEXAS et al., 2006; ROMERO e BUTÍA, 2006).

Com a redução na  $E$  decorrente da condição de déficit hídrico, provavelmente foi consequência direta da redução na  $G_s$ , reduzindo assim o uso da água, o que, segundo Machado

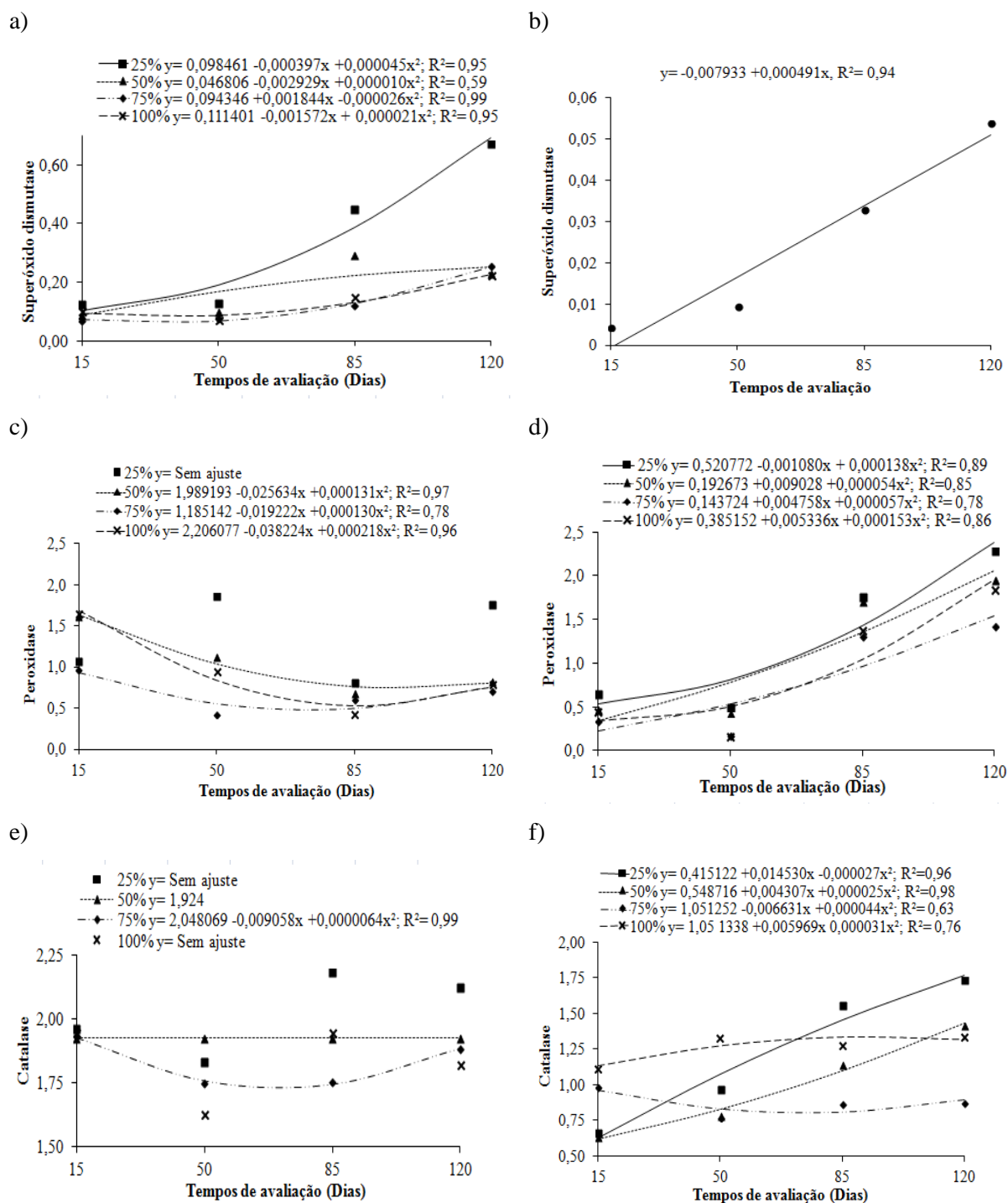
et al. (2009), pode-se considerar como uma estratégia bem-sucedida das plantas em resposta à baixa disponibilidade hídrica. Ferraz et al. (2012) explicam que, de modo geral, as plantas sob estresse hídrico tendem a adotar um mecanismo conservativo, reduzindo  $G_s$  e  $E$ , e aumentando a  $A/E$  fazendo com que nessas condições a taxa de fotossíntese também seja reduzida

#### *Atividade antioxidante*

Observou-se um aumento da atividade da enzima superóxido dismutase (SOD) na parte aérea e raiz das mudas de *O. arborea*. Provavelmente esse aumento deve-se ao crescimento das mudas. Os valores de SOD foram superiores na parte aérea para CRA de 25% em relação aos demais tratamentos. Já para a raiz apenas o tempo foi significativo e aumentou independente da CRA (Figura 8-a e b). Wang e Li (2008) estudando trevo branco (*Trifolium repens* L) verificaram aumentos na atividade da SOD em folhas da espécie sob estresse. Silva et al. (2012) estudando plantas de pinhão manso (*Jatropha. Curcas* L.) submetidas a diferentes déficits hídricos, relataram um ligeiro aumento (20%) na atividade da SOD, o que pode ser um indicativo de que esta enzima desempenha um importante papel na metabolização do  $O_2^-$ , quando as plantas sofreram algum tipo de estresse (BASU et al., 2010).

Na quantificação da enzima peroxidase (POD) na parte aérea observou-se redução da atividade enzimática para todas as disponibilidades, sendo menor para as CRA de 75% e 100%, até os 85 dias, embora as CRA de 50%, 75% e 100% tenham se igualado ao final das avaliações, provavelmente em virtude da queda de umidade relativa do ar que houve nesse período (Figura 1). Já as para raízes, atividade enzimática foi crescente para todos os tratamentos, sendo maiores nas CRA de 25 e 50% (2,384 e 2,059 units  $mg^{-1}$  matéria fresca aos 120 dias, respectivamente) (Figura 8-c e d). A POD desempenha papel chave no ciclo ascorbato-glutationa e na eliminação de  $H_2O_2$  nos cloroplastos e citossol, sendo que, mudanças na atividade dessa enzima estão estritamente correlacionadas com a tolerância das plantas ao estresse oxidativo (LEE et al., 2001; SUDHAKAR et al., 2001).

O radical superóxido produzido sob condições de estresse é tóxico, tendo uma meia-vida de menos de um segundo e, é, geralmente, dismutado de forma rápida pela SOD à  $H_2O_2$ , um produto relativamente estável que pode ser detoxificado por catalases e peroxidases. Estas metaloenzimas constituem numa importante defesa primária das células contra os radicais superóxido gerados sob condições de estresse; assim, o aumento na atividade da SOD é conhecido por conferir tolerância ao estresse oxidativo (JALEEL et al., 2007), sendo assim sua presença é um indicativo de estresse.



**Figura 8.** Valores da atividade antioxidante das enzimas superóxido dismutase (SOD) nas folhas (a) e nas raízes (b); Peroxidase (POD) nas folhas (c) e nas raízes (d) e Catalase (CAT) nas folhas (e) e nas raízes (f) de plantas de *Ormosia arborea* (Vell.) Harms em função de diferentes capacidades hídricas e tempos de avaliação. UFGD, Dourados, 2017.

A atividade da enzima catalase (CAT) foi maior ao final de 120 dias, tanto na parte aérea, como na raiz na menor disponibilidade hídricas (25% CRA) (Figura 8-e e f). Como observado para a parte aérea de mudas de *O. arborea*, houve maior atividade da CAT no



sistema radicular na CRA de 25%. A redução na atividade da CAT promove acúmulo de  $H_2O_2$ , aumentando a peroxidação de lipídios e danos às membranas celulares de plantas sob estresse. Desta forma, o aumento da atividade da CAT é importante para eliminar o acúmulo de  $H_2O_2$  e assim reduzir a peroxidação de lipídios em plantas sob estresse (VAIDYANATHAN et al., 2003; EYIDOGAN e OZ, 2007).

O aumento da atividade enzimática da SOD, POD e CAT na parte aérea e no sistema radicular de mudas de *Ormosia* verificadas no presente trabalho, sugerem que a restrição hídrica, representada por 25% e 50% causou um estresse oxidativo na espécie avaliada. A SOD é a primeira enzima de defesa contra danos provocados pelas ERO nas células, transformando o ânion superóxido ( $O_2^-$ ) em oxigênio ( $O_2$ ) e peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ). O  $H_2O_2$  produzido pode ser eliminado pela atuação da catalase (CAT), que o transforma em  $O_2$  e água ou pela atuação da peroxidase (POD), que ao oxidar o ascorbato, o transforma em monodesidroascorbato.

O aumento da atividade antioxidante observado para *O. arborea* pode ser um indicador de tolerância em períodos de restrição hídrica, uma vez que, para minimizar a perda de água, inicialmente, o metabolismo é reduzido devido ao fechamento estomático, porém sabe-se que tal mudança leva ao aumento do estresse oxidativo (ARCOVERDE et al., 2011), sendo este, amenizado pela ação ativa da SOD como primeira linha de defesa a este dano.

Outro fato relevante foi o aumento da atividade da SOD e POD nas folhas das mudas cultivadas nas menores disponibilidades hídricas (25% e 50%) aos 120 dias de experimento, possivelmente para amenizar os possíveis danos à membrana celular. Tal comportamento pode estar relacionado às mudanças ambientais registradas para estes períodos como à redução da umidade relativa do ar (Figura 1-b) e as mudanças nas temperaturas registradas no final do período de avaliação (Figura 1a).

## CONCLUSÃO

As mudas de *O. arborea* cultivadas nas menores disponibilidade hídricas (25% e 50% CRA) apresentaram os menores resultados para as características de crescimento, índice de clorofila, além de influenciar negativamente na fluorescência da clorofila *a* e trocas gasosas.

As CRA de 75% e 100% são indicadas para o cultivo da espécie, visto que nessas condições foram proporcionados os melhores resultados para crescimento, índice de clorofila, fluorescência da clorofila *a* e trocas gasosas.

O déficit hídrico proporcionado pelas menores disponibilidades (25 % e 50% CRA) reduziu o potencial hídrico nas folhas e todas as características do metabolismo fotossintético das mudas, o que reflete no fechamento estomático e conseqüentemente na redução da condutância estomática, taxa fotossintética, resultando em mudas menores em altura, diâmetro, número de folha e área foliar.

Como tolerância ao estresse as mudas tendem a investir na produção de raízes e reduzem a parte aérea, apresentam um sistema antioxidante ativo que foi comprovado pela atividade elevada das enzimas SOD, POD e CAT.

Com base nos resultados obtidos no presente trabalho, conclui-se que as mudas de *Ormosia arborea* são tolerantes a CRA de 50%, e para o cultivo com melhores resultados de crescimentos e desenvolvimento recomenda-se a CRA de 75%.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ALBUQUERQUE, W. G.; BELTRÃO, N. E. DE M.; FREIRE, M. A. O.; AZEVEDO, C. A. V. Avaliação do crescimento do pinhão manso em função do tempo, quando submetido a níveis de água e adubação nitrogenada. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.9, p.68-73, 2009.

ALBUQUERQUE, M. P. F.; MORAES, F. K. C.; SANTOS, R. I. N.; CASTRO, G. L. S.; RAMOS, E. M. L. S.; PINHEIRO, H. A. Ecofisiologia de plantas jovens de mogno-africano submetidas a déficit hídrico e reidratação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, n.1, p.9-16, 2013.

ANDERSON, M.D.; PRASAD, T.K.; STEWART, C.R. Changes in isozyme profiles of catalase, peroxidase, and glutathione reductase during acclimation to chilling in mesocotylus of maize seedlings. **Plant Physiology**, v. 109, n. 4, p. 1247-1257, 1995.

ARAÚJO, S. A. C.; DEMINICIS, B. B. Fotoinibição da Fotossíntese, **Revista Brasileira de Biociências**, v. 7, n. 4, p. 463-472, 2009.

ARCOVERDE, G. B.; RODRIGUES, B. M.; POMPELLI, M. F.; SANTOS, M. G. Water relations and some aspects of leaf metabolism of *Jatropha curcas* young plants under two water deficit levels and recovery. **Brazilian Society of Plant Physiology**, v. 23, n. 2, p. 23-130, 2011.

ASHARAF, M.; HARRIS, P. J. C. Photosynthesis under stressful environments: An overview. **Photosynthetica**. v.51, 163-190, 2013.

ÁVILA, M. R.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; FAGLIARI, J. R.; SANTOS, J. L. Influência do estresse hídrico simulado com manitol na germinação de sementes e crescimento de plântulas de canola. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 1, p. 98-106, 2007.

BAKER, N. R.; ROSENQVIST, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, n.403, p.1607-1621, 2004.

BAKER, N. R. Chlorophyll fluorescence: a probe of photosynthesis in vivo. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, p. 89-113, 2008.

BARROS JÚNIOR, G.; GUERRA, H. O. C.; CAVALCANTI, M. L. F.; LACERDA, R. D. Consumo de água e eficiência do uso para duas cultivares de mamona submetidas a estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, p.350- 355, 2008.

BASU, S. et al. Differential oxidative responses of indica rice cultivars to drought stress. **Plant Growth Regulation**, v. 60, n.1, p.51-59, 2010.

BEAUCHAMP, C.; FRIDOVICH, I. Superoxide dismutase: improved assays and an assay applicable to acrylamide gels. **Analytical Biochemistry**, v. 44, n. 1, p. 276-287, 1971.

BERGONCI, J. I.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M. A.; SANTOS, A. O. 2000. Potencial da água na folha como um indicador de déficit hídrico em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 8, p. 1531-1540, 2000.

BJÖRKMAN, O.; DEMMIG, B. Photon yield of O<sub>2</sub> evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77 K among vascular plants of diverse origins. **Planta**, v.170, p.489–504, 1987.

BUCCI, S. J.;SCHOLZ, S. Z.; GOLDSTEIN, G.; MEINZER, F. C.; FRANCO, A. C.; ZHANG, Y.; HAO, G. Water relations and hydraulic architecture in Cerrado trees: adjustments to seasonal changes in water availability and evaporative demand. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 20, n. 3, p. 233-245, 2008.

CABRAL, E. L.; BARBOSA, D. C. A.; SIMABUKURO, E. A. Crescimento de plantas jovens de *Tabebuia áurea* (Manso) Benth. e Hook. F. ex S. Moore submetidas a estresse hídrico. **Acta Botânica Brasilica**, v. 18, n. 2, p. 1-16, 2004.

CARVALHO, J. S. B; MARTINS, J. D. L; MOREIRA, K. A. Respostas fisiológicas de *Hyptispectinata*(L.) Poit. ao estresse hídrico. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 12 n. 2, 2012.

CECHIN, I. CORNIANI, N.; FUMIS, T. F.; CATANEO, A.C.. Differential responses between mature and young leaves of sunflower plants to oxidative stress caused by water deficit. **Revista Ciência Rural**, v. 40, n. 6, p. 1290-1294, 2010.

CHAVES, J. H.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; NEVES, J. C. L.; PEZZOPANE, J. E. M.; POLLI, H. Q. Seleção precoce de clones de eucalipto para ambientes com disponibilidade diferenciada de água no solo: relações hídricas de plantas em tubetes. **Revista Árvore**, v. 28, n. 3, p. 333-341, 2004.

CHAGAS, R. M. **Alterações fotossintéticas e respostas oxidativas em plantas de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) tratadas com paraquat**. 2007. 82f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, 2007.

DALMOLIN, Â. C. **Relações hídricas, trocas gasosas e anatomia foliar de *Vochysia divergens* Pohl., espécie invasora no pantanal mato-grossense**. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Cuiabá, 2013, p.106.

DA MATTA, F. M.; RONCHI, C.; MAESTRI, M.; BARROS, R. S. Ecophysiology of coffee growth and production. **Brazilian Journal Plant Physiology**, v. 19, n. 4, p. 485-510, 2007.

DAVANSO, V. M., SOUZA, L. A., MEDRI, M.E., PIMENTA, J. A., BIANCHINI, E. 2002. Photosynthesis, Growth and Development of *Tabebuia avellanadae* Lor. ex Griseb.

(*Bignoniaceae*) in **Flooded Soil. Brazilian Archives of Biotechnology**, v. 45, n. 3, p. 375-384, 2002.

DEL LONGO, O. T.; GONZÁLEZ, C. A.; PASTORI, G. M.; TRIPPI, V. S. Antioxidant defenses under hyperoxygenic and hyperosmotic conditions in leaves of two lines of maize with differential sensitivity to drought. **Plant Cell Physiology**, v. 34, n. 7, p. 1023-1028, 1993.

DIN, J.; KHAN, S.U.; ALI, I.; GURMANI, A. R. Physiological and agronomic response of canola varieties to drought stress. **Journal Animal Plant Science**, v. 21, p. 78- 82, 2011.

DU, Y.C.; NOSE, A.; WASANO, K.; UCHIDA, Y. Responses to water stress of enzyme activities and metabolite levels in relation to sucrose and starch synthesis, the Calvin cycle and the C<sub>4</sub> pathway in sugarcane (*Saccharum* sp.) leaves. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 25, p. 253–260, 1998.

EYIDOĞAN, F.; OZ, M.T. Effect of salinity on antioxidant responses of chickpea seedlings. **Acta Physiology Plant**, v. 29, 48-493, 2007.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p.1039-1042, 2011.

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.

FERRAZ, R. L. S.; MELO, A. S.; SUASSUNA, J. F.; BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P. D.; JÚNIOR, E. S. Trocas gasosas e eficiência fotossintética em ecótipos de feijoeiro cultivados no semiárido. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, p. 181-188, 2012.

FIGUEIROA, J. M.; BARBOSA, D. C. A.; SIMABUKURO, E. A. Crescimento de plantas jovens de *Myracrodruonur undeuva* Allemão (Anacardiaceae) sob diferentes regimes hídricos. **Acta Botânica Brasilica**, v. 18, n. 3, p. 1-14, 2004.

FLEXAS, J.; RIBAS-CARBO, M.; BOTA, J. GALMES, J.; HENKLE, M.; MARTINEZ-CANELLAS, S.; MEDRANO, H. Decreased Rubisco activity during water stress is not induced by decreased relative water content but related to conditions of low stomatal conductance and chloroplast CO<sub>2</sub> concentration. **New Phytologist**, v.172, p. 73-82, 2006.

FLOSS, E. **Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo que está por trás do que se vê**. 4 ed. Passo Fundo: UPF, 2008. p.733.

FRANCO, A. C. Relações hídricas em plantas do cerrado: as plantas lenhosas do cerrado transpiram livremente? In: PRADO, CHBA; CASALI, CA. **Fisiologia Vegetal: práticas em relações hídricas, fotossíntese e nutrição mineral**, 2006, p. 466.

GIANNOPOLITIS, C. N.; RIES, S. K. Superoxide dismutases. I. Occurrence in higher plants. **Plant Physiology**, v. 59, n. 2, p. 309-314, 1977.

GINDABA, J.; ROSANOV, A.; NEGASH, L. Response of seedlings of two Eucalyptus and three deciduous tree species from Ethiopia to severe water stress. **Forest Ecology and Management**, v. 201, p. 119–129, 2004.

GOMES, M. M. A.; LAGÔA, A. M. M. A.; MEDINA, C. L.; MACHADO, E. C; MACHADO, M. A. Interactions between leaf water potential, stomatal conductance and abscisic acid content of orange trees submitted to drought stress. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 16, n. 3, p. 155-161, 2004.

GONÇALVES, J. F. de C.; SILVA, C. E. M. da; 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, p. 814, 2009.

GRIFFITHS, H.; PARRY, M. A. J. Plant responses to water stress. **Annals of Botany**, v.89, p.801-802, 2002.

HIRAYAMA, T.; SHINOZAKI, K. Research on plant abiotic stress responses in the postgenome era: past, present and future. **The Plant journal: for cell and molecular biology**, v. 61, n. 6, p. 1041-52, 2010.

INMAN-BAMBER, N. G.; Smith, D. M. Water relations in sugarcane and response to water deficits. **Field Crops Research**, v.92, p.185-202, 2005.

JALEEL, C.A.; MANIVANNAN, P.; SANKAR, B.; KISHOREKUMAR, A.; GOPI, R.; SOMASUNDARUM, R.; PANNEERSELVAN, R. Water deficit stress mitigation by calcium chloride in *Catharanthus roseus*: Effects on oxidative stress, praline metabolism and indole alkaloid accumulation. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v.60, p.110-116, 2007.

JALEEL, C. A., MANIVANNAN, P., WAHID, A., FAROOQ, M., AL-JUBURI, H. J. SOMASUNDARAM, R., PANNEERSELVAM, R. Drought Stress in Plants: A Review on Morphological Characteristics and Pigments Composition. **International Journal Agricultural Biology**, v. 11, p. 100-105, 2009.

KOONJAH, S.S., WALKER, S.; SINGELS, A.; VAN ANTWERPEN, R.; NAYAMUTH, A.R. A quantitative study of water stress effect on sugarcane photosynthesis. Proceedings South African Sugar **Technology Association**, v. 80, p. 148-158, 2006

KUNZ, J. H. BERGONCI, J. I.; BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; HECKLER, B. M. M.; COMIRAN, F. Uso da radiação solar pelo milho sob diferentes preparos do solo, espaçamento e disponibilidade hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 11, p. 1511-1520, 2007.

LAGE-PINTO, F.; BERNINI, E.; OLIVEIRA, J, G.;VITÓRIA, A, P. Photosynthetic analyses of twonative Atlantic Forest species in regenerativeunderstory of eucalyptus plantation. **Brazilian Journal Plant Physiology**, v.24, n.2, p.95- 106, 2012.

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



LEE, D.H.; KIM, Y.S.; LEE, C.B. The inductive responses of the antioxidant enzymes by salt stress in the rice (*Oryza sativa* L.). **Journal of Plant Physiology**, v.158, p.737-745, 2001.

LENHARD, N. R.; SCALON, S. P. Q.; NOVELINO, J. O. Crescimento inicial de mudas de pau-ferro (*Caesalpinia férrea* MART. ex Tul. var. *leiostachya* Benth.) sob diferentes regimes hídricos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 4, p. 870-877, 2010.

LICHTENTHALER, H. K.; ALEXANDER, A. ě.; MAREK, M. V; KALINA, J.; URBAN, O. How to correctly determine the different chlorophyll fluorescence parameters and the chlorophyll fluorescence decrease ratio RFd of leaves with the PAM fluorometer. **Photosynthetica**, v. 43, n. 03, p. 379-393, 2005.

LI, Y. G.; LI, L. H.; JIANG, G. M.; NIU, S. L.; LIU, M. Z.; GAO, L. M.; PENG, Y.; JIANG, C. D. Traits of chlorophyll fluorescence in 99 plants species from the sparse-elm grassland in Hunshandak Sandland. **Photosynthetica**, v.2, p.243-249, 2004.

LIMA, B. G.; TORRES, S. B. Estresses hídrico e salino na germinação de sementes de *Zizyphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae). **Revista Caatinga**, v. 22, n. 4, p. 93-99, 2009.

LIU, Z. B.; CHENG, R. M.; XIAO, W. F.; GUO, Q. S.; WANG, N. Effect of off-Season flooding on growth, photosynthesis, carbohydrate partitioning, and nutrient uptake in *Distylium chinense*. **PloS One**, v. 9, n. 9, p. 1-9, 2014.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras** - manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil - Vol. 01- 5. edição. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2008, p.384.

MA, C. C.; GAO, Y. B.; GUO, Y.H.; WANG, J. L. Photosynthesis, transpiration and water use efficiency of *Caragana microphylla*, *C. intermedia* and *C. korshinskii*. **Photosynthetica**, v. 42, n. 1, p. 65-70, 2004.

MACEDO, G. A.; PASTORE, G.M.; SATO, H. H.; PARK, Y. K. **Bioquímica Experimental de Alimentos**. São Paulo: Livraria Varela, 2005, p. 187.

MACHADO, R. S.; RIBEIRO, R. V.; MARCHIORI, P. E. R.; MACHADO, D. F. S. P.; MACHADO, E. C.; LANDELL, M. G. A. Respostas biométricas e fisiológicas ao déficit hídrico em cana-de-açúcar em diferentes fases fenológicas. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 44, n.12, 2009.

MAGALHÃES FILHO, J. R.; AMARAL, L. R.; MACHADO, D. F. S. P.; MEDINA, C. L.; MACHADO, E. C. Deficiência hídrica, trocas gasosas e crescimento de raízes em laranjeira “Valência” sobre dois tipos de porta enxerto. **Bragantia**, v.67, n. 1, p. 75-82, 2008

MANSUR, R. J. C. N.; BARBOSA, D. C. A. Comportamento fisiológico em plantas jovens de quatro espécies lenhosas da caatinga submetidas a dois ciclos de estresse hídrico. **Phyton**, n. 68, p. 97-106, 2000.

MARAGHNI, M.; GORAI, M.; NEFFATI, M. Seed germination at different temperatures and water stress levels, and seedling emergence from different depths of *Ziziphus lotus*. **South African Journal of Botany**, v. 76, p. 453–459, 2010.

MARIANO, K. R. S.; BARRETO, L. S.; SILVA, A. H. B.; NEIVA, G. K. P.; RIBEIRO, A. J.; AMORIM, S. M. C. Fotossíntese e tolerância protoplasmática foliar em *Myracrodruon urundeuva* FR. ALL. **Floresta**, v. 39, n. 4, p. 853-859, 2009.

MARQUES, M. A.; RODRIGUES, T. de J. D.; PAULA, R. C. de. Germination of *Ormosia arborea* (Vell.) Harms seeds submitted to different pre-germination treatments. **Científica**, v.32, n.2, p.141-146, 2004.

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.

MAR, C. C.; CONCEIÇÃO, H. E. O.; SANTOS, A. B. R.; VIÉGAS, I. J. M.; SILVA, F. S. N. Produção de massa seca e área foliar do açaizeiro sob déficit hídrico. **Revista Agroecossistemas**, v. 5, n. 2, p. 14-23, 2013.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ. 2015, p. 660.

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

MAXWELL, K.; JOHNSON, G. Chlorophyll fluorescence-a practical guide. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.51, p.659- 668, 2000.

MEDRANO, H.; ESCALONA, J. M.; BOTA, J.; GULÍAS, J.; FLEXAS, J. Regulation of photosynthesis in C<sub>3</sub> plants in response of progressive drought: stomatal conductance as a reference parameter. **Annals of Botany**, v. 89, p. 895-905, 2002.

MEDRI, M. E.; FERREIRA, A. C.; KOLB, R. M.; BIANCHINI, E.; PIMENTA, J. A.; DAVANSO-FABRO, V. M.; MEDRI, C. Alterações morfoanatômicas em plantas de *Lithraea molleoides* (Vell.) Engl. submetidas ao alagamento. **Acta Science Biology of Science**, v.29, n.1, p.15-22, 2007.

NASCIMENTO, H. H. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; SILVA, E. C.; SILVA, M. A. Análise do crescimento de mudas de jatobá (*HymenaeacourbariL.*) em diferentes níveis de água no solo. **Revista Árvore**, v.35, n.3, p.617-626, 2011.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; SILVA, E. C. Comportamento estomático em plantas jovens de *Schinopsis brasiliensis* Engl. cultivadas sob estresse hídrico. Iheringia: **Série Botânica**, v. 57, n. 1, p. 31- 38, 2002.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; ALBUQUERQUE, M. B.; SILVA JÚNIOR, J. F. Efeito do substrato na emergência, crescimento e comportamento estomático em plântulas de mangabeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 1, p. 15-18, 2003.

OLIVEIRA, M. A. J. O.; BOVI, M. L. A.; MACHADO, E. C.; GOMES, M. M. A. G.; HEBERMANN, G.; RODRIGUES, J. D. Fotossíntese, condutância estomática e transpiração em pupunheira sob deficiência hídrica. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 1, p. 59-63, 2002.

OLIVEIRA, A. K. M.; DE GUALTIERI, S. C. J.; BOCCHESI, R. A. Gas exchange of potted *Tabebuia aurea* plants under hydric stress. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 33, n. 4, p. 641-647, 2011.

O'NEILL, P. M.; SHANAHAN, J. F.; SCHEPERS, J. S. Use of chlorophyll fluorescence assessments to differentiate corn hybrid response to variable water conditions. **Crop Science**, v. 46, p. 681-687, 2006.

PARRY, M. A. J.; ANDROLOJC, P. J.; KHAN, S.; LEA, P. J.; KEYS, A. J. Rubisco activity: effects of drought stress. **Annals of Botany**, v. 89, n. 3, p. 833-839, 2002.

POMPELLI, M. F.; BARATA-LUÍS, R.; VITORINO, H. S.; GONÇALVES, E. R.; ROLIM, E. V.; SANTOS, M. G.; ALMEIDA-CORTEZ, J. S.; FERREIRA, V. M.; LEMOS, E. E.; ENDRES, L. Photosynthesis, photoprotection and antioxidant activity of purging nut under drought deficit and recovery. **Biomass and Bioenergy**, v. 34, n. 8, p. 1207-1215, 2010.

PORPORATO, A.; LAIO, F.; RIDOLFI, L.; RODRIGUEZ-ITURBE, I. Plants in water-controlled ecosystems: active role in hydrologic processes and response to water stress. III – Vegetation water stress. **Advances in Water Resources**, v. 24, p. 725-744, 2001.

PORTES, T. DE A. **A emissão de fluorescência pela clorofila *a* e o balanço de O<sub>2</sub> como parâmetros de determinação da variabilidade genética condicionante da produtividade em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1990. 96 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1990.

PORTES, M. T. et al. Water deficit affects photosynthetic induction in *Bauhinia forficata* Link (Fabaceae) and *Esenbeckialeiocarpa* Engl. (Rutaceae) growing in understory and gap conditions **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 18, n. 4, p. 491-512, 2006.

QUEIROZ, C. G. S.; GARCIA, Q. S.; LEMOS FILHO, J. P. Atividade fotossintética e peroxidação de lipídios de membrana em plantas de aroeira-do-sertão sob estresse hídrico e após reidratação. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 14, n. 1, p. 59-63, 2002.

ROHÁČEK, K. Chlorophyll fluorescence parameters: the definitions, photosynthetic meaning, and mutual relationships. **Photosynthetica**, v. 40, n. 1, p. 13-29, 2002.

RODRIGUES, L. N.; NERY, A. R.; FERNANDES, P. D.; BELTRÃO, N. E. M., GHEYI, R. H. Crescimento e produção de bagas da mamoneira irrigada com água residuária doméstica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.825-835, 2009.

ROMERO, P.; BOTÍA, P. Daily and seasonal patterns of leaf water relations and gas exchange of regulated deficit-irrigated almond trees under semiarid conditions. **Environmental and Experimental Botany**, v. 56, p. 158–173,. 2006.

SANTOS, B. R.; PAIVA, R.; DOMBROSKI, J. L. D.; MARTINOTO, C.; GUEIRA, R. C.; SILVA, A. A. N. **Pequizeiro (*Caryocar brasiliense* Camb.) uma espécie promissora do Cerrado Brasileiro**. Lavras: UFLA, 2006, P. 33. (Boletim Agropecuário, 66).

SAPETA, H; COSTA, J. M; LOURENÇO, T; MAROCOD, J; LINDEE; P. V. D; OLIVEIRA, M. M. Drought stress response in *Jatropha curcas*: Growth and physiology. **Environmental and Experimental Botany**, v.85, p.76-84, 2013.

SARMENTO, M.B.; VILLELA, F.A. Sementes de espécies florestais nativas do Sul do Brasil. **Informativo ABRATES**, v.20, n.1,2, p.39-44, 2010.

SCALON, S. P. Q; MUSSURY, R. M; EUZÉBIO, V. L. M; KODAMA, F. M; KISSMANN, C. Estresse hídrico no metabolismo e crescimento inicial de mudas de mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.). **Ciência Florestal**, v. 21, n. 4, p. 655-662, 2011.

SCALON, S. P. Q; JEROMINE, T. S. Substratos e níveis de água no potencial germinativo de sementes de uvaia. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.37, n.1, p.49-58, 2013.

SCHOLANDER, P. F., HAMMEL, H. T., HEMINGSEN, E. A., BRADSTREET, E. D., 1964. Hydrostatic pressure and osmotic potentials in leaves of mangroves and some other plants. **Proceedings of National Academy of Sciences**, v. 52, n. 1, p. 119-125.

SILVA, S. R. S. et al. Efeito do estresse hídrico sobre características de crescimento e a produção de óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* Cheel. **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 5, p. 1363- 1368, 2002.

SILVA, B. M. S.; LIMA, J. D.; DANTAS, V. A. V.; MORAES, W. S.; SABONARO, D. Z. Efeito da luz no crescimento de mudas de *Hymenaea parvifolia* Huber. **Revista Árvore**, v. 31, n. 6, p. 1019-1026, 2007.

SILVA, M. A. V; NOGUEIRA, R. J. M. C; OLIVEIRA, A. F. M; SANTOS, V. F. Resposta estomática e produção de matéria seca em plantas jovens de aroeira submetidas a diferentes regimes hídricos. **Revista Árvore**, v.32, n.2, p.335-344, 2008.

SILVA, E. N.; FERREIRA, S. L. S.; FONTENELE, A. V.; RIBEIRO, R. V.; VIÉGAS, R. A.; SILVERIA, J. A. G. Photosynthetic changes and protective mechanisms against oxidative damage subjected to isolated and combined drought and heat stresses in *Jatropha curcas* plants. **Journal Plant Physiology**, v. 167, p. 1157-1164, 2010.

SILVA, E.N. et al. Coordinate changes in photosynthesis, sugar accumulation and antioxidative enzymes improve the performance of *Jatropha curcas* plants under drought stress. **Biomass and Bioenergy**, v.45, p.270-279, 2012.

SOUZA, C. C.; OLIVEIRA, F. A.; SILVA, I. F.; AMORIM NETO, M. S. Avaliação de métodos de determinação de água disponível e manejo da irrigação em terra roxa sob cultivo de algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.3, p.338-342, 2000.

SUDHAKAR, C.; LAKSHMI, A.; GIRIDARAKUMAR, S. Changes in the antioxidant enzyme efficacy in two high yielding genotypes of mulberry (*Morus alba* L.) under NaCl salinity. **Plant Science**, v.161, n.5, p.613-619, 2001.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal, 5ª edição Internacional. Ed. Artmed. 954 p., 2013.

TATAGIBA, S. D.; PEZZOPANE, J. E. M.; REIS, E. F.; RICARDO M. PENCHEL, R. M. Desempenho de clones de eucalipto em resposta a disponibilidade de água no substrato. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 17, n. 3, p. 179-189, 2009.

TAVARES, A. C. S. **Sensibilidade da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) ao excesso de água no solo**. 2009, p. 220. Tese (Doutorado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2009.

VAIDYANATHAN, H.; SIVAKUMAR, P.; CHAKRABARSTY, R.; THOMAS, G. Scavenging of reactive oxygen species in NaCl - stressed rice (*Oryza sativa* L.) - differential response in salt-tolerant and sensitive varieties. **Plant Science**, v.165, n. 10, p.1411-1418, 2003.

VERMA, K. K; VATSA, S; GUPTA, R. K; RANJAN, S; VERMA, C. L; SINGH, M. Influence of water application on photosynthesis, growth and biomass characteristics in *Jatropha curcas*. **Current Botany**, v.3, n.4, p.26-30, 2012.

VIEIRA, E. A.; GOMES, A. S. Desenvolvimento inicial de plantas de pau-terra-do-cerrado sob diferentes regimes hídricos. **Evolução e Conservação da Biodiversidade**, p. 58-65, 2011.

ZHANG, S.; LI, Q.; MA, K.; CHEN, L. Temperature-dependent gas exchange and stomatal/non-stomatal limitation to CO<sub>2</sub> assimilation of *Quercus liaotungensis* under midday high irradiance. **Photosynthetica**, v.39, p.383-388, 2001.

WANG, C.Q.; LI, R.C. Enhancement of superoxide dismutase activity in the leaves of white clover (*Trifolium repens* L.) in response to polyethylene glycol-induced water stress. **Acta Physiol Plant**, v. 30, n.6, p. 841-847, 2008.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando que na literatura os relatos sobre o comportamento e as respostas de espécies nativas a fatores de estresse como a deficiência hídrica ainda são restritos, este estudo pode contribuir com informações valiosas com respostas sobre o comportamento e mecanismos adotados pela espécie frente a diferentes disponibilidades hídricas.

A emergência de mudas de *Ormosia arborea* pode ser realizada com capacidade de retenção de água entre 75% e 100%, sem comprometer a qualidade de suas mudas. As capacidades de retenção de água abaixo de 50% prejudicam na emergência e características fisiológicas das plantas, refletindo no metabolismo fotossintético, apresentando efeitos negativos sobre parâmetros de crescimento como altura, diâmetro e número de folhas, contudo mudas cultivadas nessa mesma capacidade se mostraram tolerantes.

A produção de mudas de *O. arborea* pode ser realizada com da capacidade de retenção de água entre 75% e 100%, sem comprometer a qualidade de suas mudas, sendo recomendado a CRA de 75 para seu cultivo.

Entre as primeiras respostas fisiológicas das plantas testadas, a primeira forma de tolerar a restrição hídrica implicou no fechamento estomático, comprovado pela redução da condutância estomática nas menores disponibilidades (25 e 50% CRA), que reflete no metabolismo fotossintético, apresentando efeitos sobre parâmetros de crescimento como altura, diâmetro e número de folhas.

Para tolerar o estresse a espécie investe na produção de raízes e reduzem o da parte aérea, apresentam um sistema antioxidante ativo comprovado pelo aumento da atividade das enzimas SOD, CAT e POD e SOD e POD na emergência, que amenizam os danos a membrana celular.



## ANEXOS

a)



b)



c)



Fonte: Google imagens e SOUZA, 2016.

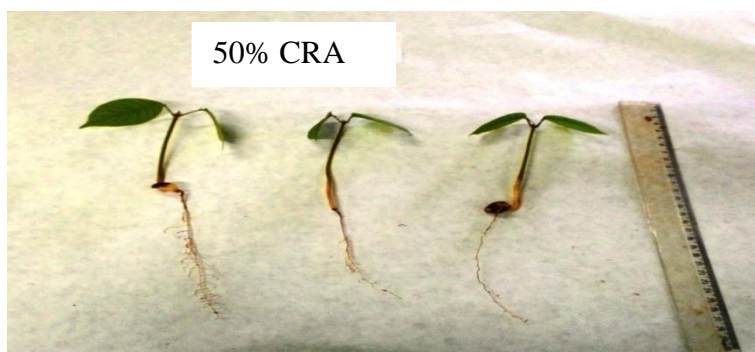
**ANEXO A:** Árvore de *Ormosia arborea* (Vell.) Harms (a), detalhe dos frutos (b) e suas sementes (c). UFGD, Dourados-MS, 2017.

## CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA

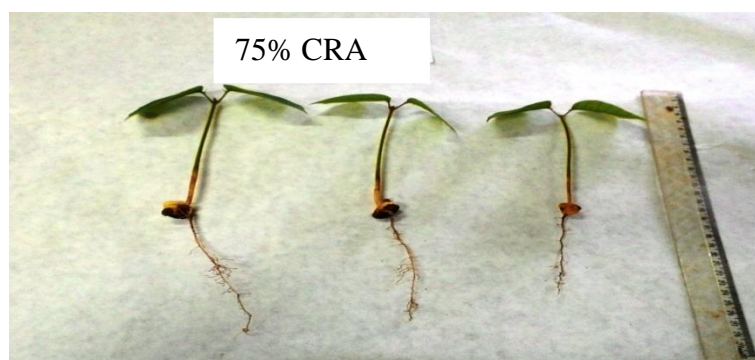
25%

\*

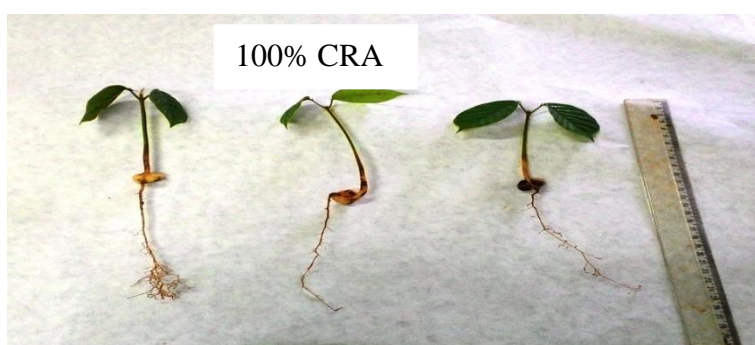
50%



75%



100%



**ANEXO B:** Plantas de *Ormosia arborea* (Vell.) Harms, com 60 dias após a sementeira e submetidas á diferentes disponibilidades hídricas. UFGD, Dourados-MS, 2017.

(\*) sementes que não emergiram.

## CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA

25%



50%



75%



100%



**ANEXO C:** Mudras de *Ormosia arborea* (Vell.) Harms tempo de avaliação 15 dias após submetidas á diferentes disponibilidades hídricas. UFGD, Dourados-MS, 2017.

## CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA

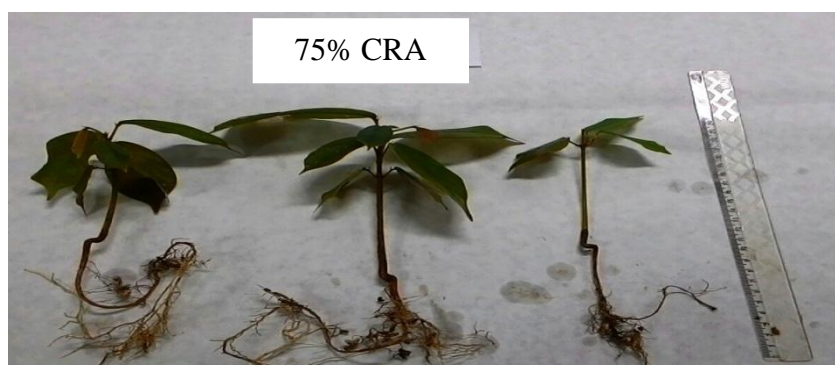
25%



50%



75%



100%



**ANEXO D:** Mudanças de *Ormosia arborea* (Vell.) Harms tempo de avaliação 50 dias após submetidas á diferentes disponibilidades hídricas. UFGD, Dourados-MS, 2017.

---

**CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA**

---

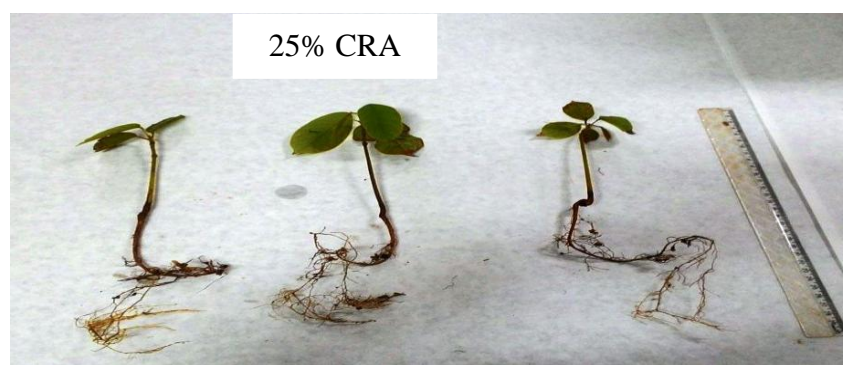
**25%****50%****75%****100%**

**ANEXO E:** Mudanças de *Ormosia arborea* (Vell.) Harms tempo de avaliação 85 dias após submetidas á diferentes disponibilidades hídricas. UFGD, Dourados-MS, 2017.

---

## CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA

25%



50%



75%



100%



**ANEXO F:** Mudanças de *Ormosia arborea* (Vell.) Harms tempo de avaliação 120 dias após submetidas á diferentes disponibilidades hídricas. UFGD, Dourados-MS, 2017.