

MAYKY FRANCLEY PEREIRA DE LIMA

**ECOFISIOLOGIA DE PLANTAS DANINHAS
SUBMETIDAS A ESTRESSE HÍDRICO E À
REIDRATAÇÃO**

MOSSORÓ-RN

2015

**Catálogo na Fonte Catálogo de Publicação na Fonte.
UFERSA - BIBLIOTECA CENTRAL ORLANDO TEIXEIRA -
CAMPUS MOSSORÓ**

Lima, Mayky Francley Pereira de.

Ecofisiologia de espécies de plantas daninhas submetidas a estresse hídrico e reidratação / Mayky Francley Pereira de Lima. - Mossoró, 2015.

82f: il.

1. Plantas daninhas. 2. Competição por água - plantas daninhas. 3. Fotossíntese. 4. Potencial. 5. Condutância estomática. I. Título

RN/UFERSA/BCOT/355

CDD 632.5 L732e

MAYKY FRANCLEY PEREIRA DE LIMA

**ECOFISIOLOGIA DE PLANTAS DANINHAS SUBMETIDAS A
ESTRESSE HÍDRICO E À REIDRATAÇÃO**

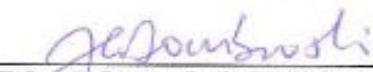
Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como parte das exigências para obtenção do grau de Mestre em Agronomia: Fitotecnia.

APROVADA EM: 23/02/15

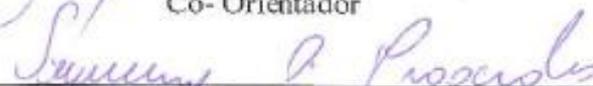
BANCA EXAMINADORA



Prof. DSc. Francisco Cláudio Lopes de Freitas - UFERSA
Orientador



Prof. DSc. Jeferson Luiz Dallabona Dombroski - UFERSA
Co-Orientador



Prof. DSc. Sidney Carlos Praxedes - UFRN
Membro da banca

AGRADECIMENTOS

Neste momento mais que especial, um sonho idealizado, que agora é real e concreto gostaria de externar a minha gratidão...

A Deus, por estar sempre comigo, nos momentos felizes e tristes e por ter me dado força, coragem, saúde para a conclusão do curso, obrigado senhor!

Aos meus pais, Antônia Heidenir (Dadê) e Leovigildo (Leó), os responsáveis por minha existência, por estarem sempre comigo compartilhando os momentos fáceis e difíceis da vida, dando-me seus ensinamentos, conselhos, carinho e amor durante todos esses anos. Sou eternamente grato, sem vocês eu nada seria. Amo muito vocês!

À minha esposa Jéssica Paloma, pelo amor, companheirismo, paciência e por estar sempre ao meu lado.

À minha filha Maria Cecília, por ser acima de tudo o melhor presente de Deus. Te amo!!!

Ao meu irmão Rayner, pela amizade, preocupação e ajuda durante toda minha vida.

Às minhas cunhadas Janicleide, Wigna e Taisa e ao meu grande primo Klébio, pela ajuda, conselhos e amizade.

À toda minha família, por acreditarem em mim e pelas palavras de incentivo e carinho que sempre recebi.

À UFERSA pela oportunidade de estar concluindo um mestrado.

Ao meu orientador Francisco Cláudio e ao co-orientador Jeferson Dombroski, pelos ensinamentos, conselhos, incentivos e acima de tudo grandes amigos pela orientação indispensável em todas as etapas deste trabalho e principalmente pela simplicidade e amizade.

Ao meu grande amigo Donato, que dividimos momentos bons e ruins guiados por uma amizade verdadeira, que com certeza, levaremos para sempre.

Aos meus colegas de turma em especial aos meus amigos: Keivianne, Ravier, Ângelo, Andréia Mitsa, Tamires, Wigna, Deise, Mateus e Vagna pela ajuda, carinho e conversas...! Obrigado pela amizade!!!!!!

Aos meus colegas de Moradia na Vila Academica: Márcio (Rato), Cleriston, Aravena, Eduardo, Gilvan, Carlos, Weydson, Dimas, Daniel, Sávio, Efrain, Rodrigo, Richarlison, Douglas, Herikson, Gustavo e Paulinho, pela convivência e aprendizagem da vida.

Aos meus amigos Junior de Baia, Liliane, Túlio, Márcio (Basília), Romário, Diego Rabelo e Gelson, pela grande amizade e companheirismo nos momentos difíceis, fáceis e de farras!!!!

À equipe de planta daninha: Kaliane, Fabiana, Maria Alice, Héliida, Paulinha, Larissa, Márcio, Ana Paula, Eribaldo, Cheyla, Donato, Alex, Gabriela, Daniely, Vitória, Eliane, Jorge, Arthur, Valesca, e Vanessa, pelo aprendizado em muitos experimentos. Obrigado!

Aos amigos Rômulo, Rivanildo e Gidalto pelas atividades realizadas durante a condução do experimento. Sem vocês essa etapa não seria vencida! Obrigado por tudo!

Enfim, a todos e todas que de alguma maneira contribuíram para que esse trabalho fosse concluído. Deus dará a recompensa.

Muito obrigado a todos!!!!!!

RESUMO

LIMA, Mayky Francley Pereira de. **Ecofisiologia de espécies de plantas daninhas submetidas a estresse hídrico e à reidratação**. 2015. 81f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2015.

Não há dúvidas de que a interferência das plantas daninhas causa prejuízos a diversas atividades do ser humano e principalmente aquelas destinadas à agricultura. Por isso, se não forem manejadas adequadamente, podem reduzir a produtividade e a qualidade da produção, devido à competição por luz, nutrientes e principalmente água, que é o recurso mais abundante e, ao mesmo tempo, o mais limitante à produtividade agrícola. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial de competição de quatro espécies de plantas daninhas por água. O experimento foi conduzido no esquema fatorial 4 x 2, distribuídos no delineamento experimental em blocos casualizados, com cinco repetições. Foram estudadas as espécies malva-branca (*Waltheria indica* L.); crotalária (*Crotalaria retusa* L.); mussambê (*Cleome affinis* DC.) e trapoeraba (*Commelina benghalensis* L.)], com dois regimes hídricos (com e sem estresse hídrico). As plantas submetidas ao estresse hídrico tiveram a irrigação suspensa por ocasião do florescimento, e mantida até a taxa de assimilação de CO₂ das plantas às 9h da manhã atingisse valores próximos a zero, quando foi retomada a irrigação. A partir da data da suspensão da irrigação as plantas foram submetidas às seguintes avaliações: potencial hídrico antes do amanhecer (Ψ_{AM}) e potencial hídrico ao meio dia (Ψ_{MD}) (MPa); fotossíntese (A ; $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}$); condutância estomática (g_s ; $\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), e a transpiração (E ; $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) realizadas todos os dias até que as taxas de

fotossíntese das plantas submetidas ao estresse hídrico se igualassem à das plantas sem estresse. Ao final do experimento foi mensurada a área foliar (cm^2), a massa seca das raízes, caules, folhas e total (g), o Índice de conteúdo de clorofila das folhas próximas ao ápice e das folhas próximas a base. Também foi determinado o consumo de água diário das espécies (mL). Os resultados permitiram agrupar as plantas em dois grupos: trapoeraba e mussambê, consideradas como conservadoras, mantendo o potencial hídrico alto e com baixa transpiração, sendo pouco competitivas por água, e crotalária e malva-branca, medianamente investidoras, capazes de reduzir o potencial hídrico e com valores de abertura estomática mais altos, implicando em maior potencial de competição por água. E em condições de baixa disponibilidade de água, a malva-branca é a mais competitiva por água, pois consegue manter altos valores de consumo de água por mais tempo.

Palavras-chaves: Fotossíntese, Potencial hídrico, Condutância estomática, Transpiração, Competição.

ABSTRACT

LIMA, Mayky Francley Pereira de. **Ecophysiology of weed under water stress and rehydration**. 2015. 81f. Dissertation (Master in Agronomy: Crop science) – Universidade Federal Rural do Semi-árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2015.

There is no doubt that the effect of weed causes damage to various human activities and especially those for agricultural use. Therefore, if not properly handled, can reduce productivity and production quality due to competition for light, nutrients, and especially water, which is the most abundant resource, while the most limiting to agricultural productivity. This study aimed to assess the potential for competition four weed species by water. The experiment was conducted in a factorial 4 x 2, distributed in a randomized complete block design, with five replications. were studied species malva-branca (*Waltheria indica* L.); crotalária (*Crotalaria retusa* L.); mussambê (*Cleome affinis* DC.) and trapoeraba (*Commelina benghalensis* L.), with two water regimes (with and without water stress). Plants subjected to water stress had suspended irrigation during flowering, and maintained until the CO₂ assimilation rate of plants to morning 9am reached values close to zero, at the resumed irrigation. As from the date irrigation suspension the plants were submitted to the following evaluations: water potential before dawn (Ψ_{AM}) and water potential at noon (Ψ_{MD}) (MPa); photosynthesis (A ; CO₂ $\mu\text{mol m}^{-2}$); stomatal conductance (g_s ; $\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), and transpiration (E ; $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) carried out every day until the photosynthetic rates of plants subjected to water stress is to equalize plants without stress. At the end of the experiment was measured leaf area (cm^2), the dry mass of roots, stems, leaves and total (g), the

chlorophyll content index near the apex of the leaves and the next leaves the base. Was also determined daily water consumption species (mL). The results grouped the plants into two groups: trapoeraba and mussambê, considered conservative, keeping the high water potential and transpiration, being uncompetitive by water, and crotalária and malva-branca, medium investors, able to reduce the water potential and stomatal aperture values higher, resulting in greater potential for competition for water. And in low water availability conditions, the mauve-white is the most competitive for water, because it can maintain high water consumption levels over time.

Keywords: Photosynthesis, water potential, stomatal conductance, transpiration, Competition.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Efeito da suspensão da irrigação nas plantas de crotalária (A), mussambê (B), malva-branca (C) e trapoeraba (D) sobre o potencial hídrico foliar, antes do amanhecer (Ψ_{AM}). A seta indica o momento da retomada da irrigação. Os asteriscos indicam diferenças significativas entre os regimes hídricos a 1% (**) e 5% (*) de probabilidade..... 36
- Figura 2 - Potencial hídrico foliar antes do amanhecer (Ψ_{AM}) das quatro espécies de plantas daninhas (crotalária, mussambê, malva-branca e trapoeraba), submetidas ao estresse hídrico (A) e controle da irrigação (B).....37
- Figura 3 - Efeito da suspensão da irrigação nas plantas de crotalária (A), mussambê (B), malva-branca (C) e trapoeraba (D) sobre o potencial hídrico foliar ao meio dia (Ψ_{MD}). A seta indica o momento da retomada da irrigação. Os asteriscos indicam diferenças significativas entre os regimes hídricos a 1% (**) e 5% (*) de probabilidade.....41
- Figura 4- Potencial hídrico foliar ao meio dia (Ψ_{MD}), das quatro espécies de plantas daninhas (crotalária, mussambê, malva-branca e trapoeraba), submetidas ao estresse hídrico (A) e controle da irrigação (B).....43
- Figura 5 - Efeito da suspensão da irrigação nas plantas de crotalária (A), mussambê (B), malva-branca (C) e trapoeraba (D) sobre a Fotossíntese (A). A seta indica o momento da retomada da

- irrigação. Os asteriscos indicam diferenças significativas entre os regimes hídricos a 1% (**) e 5% (*) de probabilidade..... 47
- Figura 6 - Fotossíntese (A), das quatro espécies de plantas daninhas (crotalária, mussambê, malva-branca e trapoeraba), submetidas ao estresse hídrico (A) e controle da irrigação (B)..... 48
- Figura 7 - Efeito da suspensão da irrigação nas plantas de crotalária (A), mussambê (B), malva-branca (C) e trapoeraba (D) sobre a Condutância estomática. A seta indica o momento da retomada da irrigação. Os asteriscos indicam diferenças significativas entre os regimes hídricos a 1% (**) e 5% (*) de probabilidade..... 52
- Figura 8 - Condutância estomática, das quatro espécies de plantas daninhas (crotalária, mussambê, malva-branca e trapoeraba), submetidas ao estresse hídrico (A) e controle da irrigação (B)..... 54
- Figura 9 - Efeito da suspensão da irrigação nas plantas de crotalária (A), mussambê (B), malva-branca (C) e trapoeraba (D) sobre a transpiração. A seta indica o momento da retomada da irrigação. Os asteriscos indicam diferenças significativas entre os regimes hídricos a 1% (**) e 5% (*) de probabilidade..... 58
- Figura 10 - Transpiração, das quatro espécies de plantas daninhas (crotalária, mussambê, malva-branca e trapoeraba), submetidas ao estresse hídrico (A) e controle da irrigação (B)..... 59
- Figura 11 - Efeito da suspensão da irrigação nas plantas de crotalária (A), mussambê (B), malva-branca (C) e trapoeraba (D) sobre o consumo de água diário (CAD). A seta indica o momento da retomada da irrigação. Os asteriscos indicam diferenças

significativas entre os regimes hídricos a 1% (**) e 5% (*) de probabilidade..... 68

Figura 12 - Consumo de água diário (CAD) das quatro espécies de plantas daninhas (crotalária, mussambê, malva-branca e trapoeraba), submetidas ao estresse hídrico (A) e controle da irrigação (B)... 70

LISTAS DE TABELAS

- Tabela 1 - Valores médios de Potencial hídrico antes do amanhecer (Ψ_{AM}), submetidos ao estresse hídrico e ao controle da irrigação em quatro espécies de plantas daninhas (crotalária, mussambê, malva-branca e trapoeraba).....38
- Tabela 2 - Valores médios de Potencial hídrico ao meio dia (Ψ_{MD}), submetidos ao estresse hídrico e ao controle da irrigação em quatro espécies de plantas daninhas (crotalária, mussambê, malva-branca e trapoeraba).....44
- Tabela 3 - Valores médios de fotossíntese (A), submetidos ao estresse hídrico e ao controle da irrigação em quatro espécies de plantas daninhas (crotalária, mussambê, malva-branca e trapoeraba)...49
- Tabela 4 - Valores médios de Condutância estomática (Gs), submetidos ao estresse hídrico e ao controle da irrigação em quatro espécies de plantas daninhas (crotalária, mussambê, malva-branca e trapoeraba).....55
- Tabela 5 - Valores médios de Transpiração (E), submetidos ao estresse hídrico e ao controle da irrigação em quatro espécies de plantas daninhas (crotalária, mussambê, malva-branca e trapoeraba)...60
- Tabela 6 - Índice de conteúdo de clorofila das folhas do ápice (ICCfa), Índice de conteúdo de clorofila das folhas da base (ICCfb), massa seca da raiz (MSR), do caule (MSC), das folhas (MSF) e

total (MST) e área foliar (AF), submetidos ao estresse hídrico e ao controle da irrigação, no dia de máximo estresse (ICCfa e ICCfb) e ao final do experimento (MSR, MSC, MSF, MST e AF) em quatro espécies de plantas daninhas (crotalária, mussambê, malva-branca e trapoeraba).....65

Tabela 7 - Valores médios de Consumo de água diário, submetidos ao estresse hídrico e ao controle da irrigação em quatro espécies de plantas daninhas (crotalária, mussambê, malva-branca e trapoeraba).....71

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1	ASPECTOS GERAIS DAS ESPÉCIES ESTUDADAS	19
2.1.1	Malva-branca (<i>Waltheria indica</i> L.).....	19
2.1.2	Crotalária (<i>Crotalaria retusa</i> L.)	20
2.1.3	Trapoeiraba (<i>Commelina benghalensis</i> L.).....	21
2.1.4	Mussambê (<i>Cleome affinis</i> DC.)	22
2.2	ESTRESSE HÍDRICO	23
2.2.1	Aspectos Gerais.....	23
2.2.2	Respostas ecofisiológicas de plantas ao estresse hídrico ...	24
3	MATERIAL E MÉTODOS	30
3.1	LOCAL E CONDUÇÃO EXPERIMENTAL.....	30
3.2	MATERIAL VEGETAL E COLETA DAS SEMENTES.....	30
3.3	PRODUÇÃO DAS PLANTAS.....	31
3.4	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E CONDIÇÕES DE CULTIVO DAS PLANTAS	31
3.5	VARIÁVEIS ANALISADAS.....	32
3.5.1	Potencial hídrico (Ψ_w).....	32
3.5.2	Trocas gasosas.....	32
3.5.3	Crescimento.....	33
3.5.4	Consumo de água diário	33
3.6	ANÁLISES DOS DADOS.....	34
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1	POTENCIAL HÍDRICO ANTES DO AMANHECER.....	35
4.2	POTENCIAL HÍDRICO AO MEIO DIA.....	39

4.3 FOTOSÍNTESE.....	45
4.4 CONDUTÂNCIA ESTOMÁTICA.....	50
4.5 TRANSPIRAÇÃO.....	56
4.6 CRESCIMENTO	61
4.7 CONSUMO DE ÁGUA DIÁRIO.....	66
5 CONCLUSÕES	72
REFERÊNCIAS.....	73

1 INTRODUÇÃO

Não há dúvidas de que a interferência das plantas daninhas causa prejuízos a diversas atividades do ser humano e principalmente aquelas destinadas à agricultura.

As espécies infestantes causam problemas em rodovias e ferrovias, reduzindo a visibilidade. Em logradouros públicos, impedem a recreação infantil, além de servir como habitat para animais peçonhentos. Tiram a beleza de parques e jardins e podem reduzir o valor da terra em função da presença de espécies de difícil controle. Impedem a navegação e a recreação em mananciais aquáticos. Em pastagens, as plantas daninhas interferem com as plantas forrageiras reduzindo a capacidade de lotação dos pastos. Espécies espinhosas podem ferir os animais; outras podem conferir sabor desagradável ao leite se ingeridas por animais em lactação (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2011).

Contudo, é mesmo na agricultura que as plantas daninhas causam os maiores danos econômico. Em termos médios, 30% a 40% de redução da produção agrícola mundial é atribuída à interferência das plantas daninhas (LORENZI, 2008). Além destes prejuízos diretos, a presença das plantas daninhas reduz a eficiência agrícola, aumentando os custos de produção, devido principalmente ao rápido crescimento, facilidade de disseminação, produção de grande número de sementes e a crescerem em condições adversas.

Por isso, se não manejadas adequadamente, as plantas daninhas podem reduzir a produtividade e a qualidade da produção, devido à competição por luz, água e nutrientes. Fatores estes indispensáveis no crescimento e desenvolvimento das plantas (FREITAS et al., 2009; SOARES et al., 2010).

De todos esses recursos, a água é o mais abundante e, ao mesmo tempo, o mais limitante à produtividade agrícola, podendo comprometer as funções vitais ou estimular reações adaptativas que capacitem as plantas a sobreviverem por períodos longos de estresse hídrico (DINIZ, 1999; VIEIRA JÚNIOR et al., 2007).

Por isso, o déficit de água nos tecidos das plantas, causado pela excessiva demanda evaporativa ou pelo limitado suprimento de água no solo, afetam todos os aspectos do crescimento e desenvolvimento dos vegetais (KRIEG, 1993). Como as plantas daninhas em competição com as culturas apresentam diferentes habilidades de sobrevivência em resposta ao estresse hídrico, é de suma importância o estudo desse comportamento e avaliar o grau de competitividade por água. São poucos estudos com plantas daninhas sobre o potencial de competição por água, não sendo encontradas informações sobre as respostas fisiológicas que permitam o entendimento da competitividade das plantas daninhas frente a condições de estresse hídrico e irrigação diária.

Cabe ressaltar que a competição por água é mais importante quando a disponibilidade de água é limitada, como ocorre em determinadas condições nos plantios em sequeiro, ou sob disponibilidade de irrigação limitada, condições características de regiões semiáridas, e situações que tendem a ser cada vez mais comuns no futuro.

Diante disso, objetiva-se nesse estudo avaliar o potencial de competição de quatro espécies de plantas daninhas por água.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ASPECTOS GERAIS DAS ESPÉCIES ESTUDADAS

2.1.1 Malva-branca

A malva-branca (*Waltheria indica* L.) também conhecida como falsa guanxuma, guanxuma branca, malva branca de santarém, malva sedosa ou malva-veludo (MOREIRA; BRAGANÇA, 2011), pertence à família malvaceae e é uma espécie de planta herbácea, perene, considerada uma invasora comum em regiões do cerrado onde, além de invadir áreas cultivadas, ocorre em margens das estradas, beiradas de cercas, voçorocas e em ambientes não aproveitáveis diretamente e em propriedades rurais (LACA-BUENDIA et al., 1989). A espécie tende a ocorrer agregadamente e podem produzir grande quantidade de flores durante todo o ano (MACEDO; MARTINS, 1998).

Possui caule cilíndrico, verde, ramificado desde a base e revestido por um indumento de pelos lanuginosos. Folhas alternadas helicoidais, também recobertas por pilosidade semelhante à do caule. pecioladas, providas com 1 par de estípulas e com o limbo polimórfico, podendo ser ovalado ou lanceolado ou oblongo. Sua inflorescência é axilar e terminal do tipo glomérulo. Glomérulos sésseis, pegajosos assentados sobre os ramos ou no ápice de eixos originados nas axilas das folhas, bracteados e constituídos por numerosas flores. Flores com cálice de 5 sépalas soldadas, corola com 5 pétalas parcialmente soldadas e de coloração amarelada. Fruto seco do tipo cápsula. (MOREIRA; BRAGANÇA, 2011).

É uma planta daninha que pode ser hospedeiras de pragas e doenças, tolerando, mesmo com desenvolvimento limitado, solos pouco férteis e ácidos. É uma agressiva infestante em diversas culturas anuais,

principalmente em plantio direto, e também em perenes, pomares, jardins, pastagens e áreas desocupadas, já que tolera longos períodos de déficit hídrico, além de dificultar a colheita mecânica em culturas anuais, devido à resistência do caule (CUNHA, 2012).

Atualmente, algumas espécies do mesmo gênero têm se destacado como tóxicas a bovinos, apresentando relativa importância econômica no Sul do Brasil (FURLAN et al., 2009; PEDROSO et al., 2010).

2.1.2 Crotalária

Também conhecida como chocalho, chocalho-de-cascavel, crotalária, guizo-de-cascavel e xique-xique, a crotalária (*Crotalaria retusa* L.) pertencente a família Fabaceae, é uma espécie herbácea anual que se desenvolve em todo o país, vegetando em áreas ocupadas por fruticultura, especialmente as do polo irrigado do Nordeste. Apresenta caule verde, cilíndrico anguloso, glabro e bastante ramificado. Folhas simples, alternadas helicoidais, curto-pecioladas, estipuladas, ceríceas e com o limbo em formato ovulado, de margens inteiras e ápice com pequena reentrância. Flores pedunculadas, cálice com 5 sépalas soldadas e persistentes nos frutos, corola com 5 pétalas livres, amareladas e estriadas de vermelho, a mais externa totalmente diferente das demais, tanto no tamanho quanto na forma, androceu com estames soldados e gineceu unicarpelar com ovário longo. Fruto seco do tipo legume inflado, amarelo-avermelhado na maturação e contendo numerosas sementes que se desprendem na maturação (MOREIRA; BRAGANÇA, 2011).

É uma espécie muito utilizada como adubo verde, contudo tem perpetuado nos solos agrícolas como indesejável devido a existência de sementes duras que vem a germinar nos anos seguintes junto com as

culturas implantadas em sequência e provocando uma competição com as mesmas (LORENZI, 2008).

Ocorre ainda em pastagens, onde passa a ser indesejável em função da planta apresentar compostos tóxicos. Encontrada com frequência em taludes de corte de rodovias, onde houve revegetação por meio de hidrossemeadura, utilizando-se coquetel de sementes de gramíneas e leguminosas (MOREIRA; BRAGANÇA, 2011).

2.1.3 Trapoeraba

Também conhecida como rabo de cachorro, andacá, marianinha, marianinha-branca e maria-mole, a trapoeraba (*Commelina benghalensis* L.) pertence a família Commelinaceae, é uma planta perene, semi-prostada, de caules suculentos, de 30-70 cm de altura, originária do Sudeste asiático (LORENZI, 2008).

Apresenta caule rizomatoso e caule aéreo ereto a decumbente, muito ramificado, cilíndrico, verde e com esparsa pilosidade. Folhas simples, alternadas, sésseis ou curtamente pecioladas, bainha envolvendo o entrenó, aberta de um lado, estriada de vermelho e também pilosa. Limbo largo-ovalado com ápice agudo ou com ápice obtuso e revestido por indumento de pelos esparsos em ambas as faces, margem inteira e ciliada. Inflorescência terminal constituída por 3 flores, podendo ocorrer maior número, sempre protegidas por uma ou um conjunto de brácteas espatáceo-sésseis, triangulares com ápice agudo e com a base fechada. Flores pedunculadas, cálice com 3 sépalas livres, corola com 3 pétalas, sendo 2 maiores reniformes, com unha desenvolvida e ápice arredondado, e 1 pétala menor ovalada, com ápice agudo. As pétalas são azuladas, podendo aparecer em tons muito claros, inclusive o branco. Androceu com 3 estames férteis e 3

estaminódios, gineceu tricarpelar. Fruto do tipo capsular. Esta espécie pode ser reconhecida em campo, inclusive no estado vegetativo, pelas folhas largo-ovaladas, que não ocorrem nas outras espécies afins. Propagação por meio de fragmentação do rizoma, fragmentação do caule aéreo e por sementes (MOREIRA; BRAGANÇA, 2011).

É uma das plantas daninhas mais importantes e das mais citadas na literatura brasileira, causando prejuízos econômicos a diversas lavouras (RODRIGUES, 2010), devido principalmente à sua eficiente reprodução, capacidade de sobreviver em condições adversas e dificuldade de controle (TUFFI SANTOS et al., 2004; DURIGAN et al., 2006).

É de ocorrência mais comum em locais medianamente úmidos, solos argilosos e levemente sombreados (LORENZI, 2008). De acordo com Santos et al. (2001) a trapoeraba produz sementes polimórficas com grandes diferenças no grau de dormência o que permite que ela se estabeleça nos mais diversificados ambientes em diferentes épocas do ano, o que dificulta o manejo (MONQUERO et al., 2004).

Além de formar compostos alelopáticos que inibem o desenvolvimento da alface, é hospedeira do *Cucumber mosaic virus* – CMV –, transmitido para outras culturas por meio dos afídeos e ainda do ácaro *Brevipalpus phoenicis*, que transmite o vírus da leprose dos citros. (MOREIRA; BRAGANÇA, 2011).

2.1.4 Mussambê

O mussambê (*Cleome affinis* DC.), é uma planta daninha pertencente à família Brassicaceae que se desenvolve em todo o país ocupando áreas de culturas agrícolas e áreas de pastagens (LISTIK, 2006).

É uma espécie anual, um pouco espinhenta, ereta, muito ramificada, levemente glandulosa, pubescente, herbácea, de 30-50 cm de altura, nativa do Brasil (LORENZI, 2008).

Apresenta caule verde com intensa pigmentação castanha. Folhas alternadas, pecioladas. Flores isoladas, axilares, longo-pedunculadas, cálice com 5 sépalas verdes e livres, corola com 4 a 5 pétalas branco- amareladas livres que protegem o androceu e o gineceu. Cada flor apresenta na base do pedúnculo uma bráctea que se assemelha ao folíolo terminal das folhas compostas e que permanece durante a frutificação (MOREIRA; BRAGANÇA, 2011).

É uma que apresenta um rápido crescimento podendo chegar a florescer com menos de 30 dias. Devido à forte deiscência de seus frutos, as sementes são projetadas longe da planta-mãe, facilitando sua dispersão (LORENZI, 2008).

2.2 ESTRESSE HÍDRICO

2.2.1 Aspectos Gerais

A água é a substância mais importante na superfície terrestre. Além de ser o constituinte principal das células vivas, é essencial para o metabolismo de toda a forma de vida, e fundamental para a manutenção da integridade funcional de moléculas biológicas, células, tecidos e organismo como um todo (GRACIANO, 2009).

A planta pode sofrer danos por excesso ou por falta de água, contudo, na natureza, o estresse por insuficiência de água é mais comum, ocasionando alterações nos mecanismos fisiológicos das plantas (ANGELOCCI, 2002).

Estresse hídrico causado pela deficiência hídrica do solo é um dos fatores ambientais mais importantes que afetam o desenvolvimento da planta (UZILDAYA et al., 2012). Em geral, o estresse exerce uma influência desvantajosa sobre a planta, que na maioria dos casos, pode ser medido pela sobrevivência, crescimento (acumulação de biomassa) ou o processo primário de assimilação (absorção de CO₂ e de minerais). Esse fator é de extrema importância, pois o estresse desempenha um papel na determinação de como o solo e o clima limitam a distribuição de espécies vegetais. Assim, a compreensão dos processos fisiológicos subjacentes aos danos provocados por estresse e dos mecanismos de adaptação e aclimação de plantas a estresses ambientais é de grande importância para a agricultura e o meio-ambiente (TAIZ; ZEIGER, 2009).

De acordo com Nogueira et al. (2005), todos os aspectos do crescimento e desenvolvimento das plantas são afetados pelo estresse hídrico nos tecidos, causado pela excessiva demanda evaporativa ou limitado suprimento de água. Segundo os autores, como consequência da deficiência hídrica, verifica-se uma diminuição do volume celular, um aumento na concentração de solutos e aos poucos a desidratação do protoplasma. Aliado a isto, a diminuição da turgescência pode ser admitida como indutora de resposta ao estresse hídrico, sendo o processo de crescimento, principalmente em extensão, o primeiro afetado. Segundo Oliveira et al. (2005) a condição hídrica das plantas está muito relacionada aos processos fisiológicos e as condições do meio em que vivem.

2.2.2 Respostas ecofisiológicas de plantas ao estresse hídrico

As plantas daninhas apresentam diversos mecanismos de funcionamento em função da disponibilidade hídrica, sendo algumas mais

sensíveis a deficiência hídrica, e portanto menos competitivas, e outras mais tolerantes, o que pode lhes conferir maior capacidade de competição com as culturas. O estudo desses parâmetros é importante para o entendimento da relação entre as culturas e as plantas daninhas em resposta ao estresse hídrico, podendo ser determinada a capacidade de competição das plantas daninhas por água.

Alterações nos fatores abióticos, como alta irradiância e baixa disponibilidade hídrica ou nutricional, afetam sobremaneira a atividade fisiológica de quaisquer plantas em suas diferentes fases de crescimento (GONÇALVES et al., 2009). E desses fatores, segundo Chaves et al. (2004), a baixa disponibilidade de água é o principal fator ambiental que limita o crescimento da planta e o seu rendimento em todo o mundo. A deficiência hídrica provoca alterações no comportamento vegetal, cuja irreversibilidade vai depender do genótipo, da duração, da severidade e do estágio de desenvolvimento da planta (SANTOS e CARLESSO, 1998). As plantas podem apresentar tolerância, quando sobrevivem às adversidades, ou suscetibilidade, quando sofrem redução em seu crescimento, que pode levar à morte, a depender da intensidade do estresse ao qual a planta é submetida (CAMBRAIA, 2005).

O estresse hídrico tanto pode enfraquecer as funções vitais como estimular mecanismos para se adaptarem às condições de baixa disponibilidade de água no solo, como: fechamento dos estômatos, ajustamento osmótico, redução das trocas gasosas, redução da área foliar e aumento na densidade e profundidade de raízes (PEREZ, 1998).

A primeira resposta das plantas a deficiência hídrica é a diminuição da turgescência (LARCHER, 2006), por meio da qual ocorre o fechamento dos estômatos, isto é, quando as plantas sofrem estresse hídrico, para evitar a desidratação essas fecham os estômatos. A absorção e a perda de água

(quando estressada) nas células-guarda modifica seu turgor e modula a abertura e fechamento dos estômatos (TAIZ; ZEIGER, 2009; SILVA et al., 2007; WAHID; CLOSE, 2007; LOBATO et al., 2008), de forma hidropassiva (quando não há gasto de energia e a planta fecha os estômatos em resposta a redução do potencial hídrico da planta) e hidroativa (ocorre com gasto de energia).

Para Souza et al. (2004), o controle da perda de água pelo fechamento estomático consegue manter elevado o potencial hídrico e o conteúdo relativo de água nas folhas. Como consequência, há restrições na condutância estomática e trocas gasosas, que reduz drasticamente a taxa de transpiração, já que a maior parte é transpiração estomática, e a assimilação de CO₂, com a redução da fotossíntese, diminuindo a eficiência do processo de fixação de carbono, suprimindo a formação e expansão foliar, podendo induzir a queda de folhas (PALLARDY, 2008).

O controle estomático tem sido indicado como principal limitante da fotossíntese (PEEVA e CORNIC, 2009). Por outro lado, a falta de água pode afetar as taxas de fixação do CO₂ por redução da atividade ou síntese da Rubisco, regeneração da ribulose-1,5bi-fosfato (RuBP) ou redução na síntese de ATP (LAWLOR, 2002).

Gonçalves et al. (2009), verificando a transpiração em andiroba (*Carapa guianensis*) observaram que esta foi reduzida em 91% aos 14 dias de estresse hídrico. Com quatro dias após a reidratação, os autores verificaram recuperação na turgescência foliar e significativa redução na abertura estomática.

Albuquerque et al. (2013), trabalhando com mogno-africano (*Khaya ivorensis*), observaram que a transpiração e a condutância estomática foram reduzida em 95% aos 14 dias de estresse hídrico, e a recuperação das demais variáveis se completou sete dias após a retomada da irrigação. Esses

resultados são indicativos de que o mogno-africano pode, em um curto espaço de tempo, retomar seu metabolismo fotossintético e, com isso, recuperar a síntese de fotoassimilados.

Outro mecanismo desenvolvido pelas plantas, de adaptação a estas condições, é o ajustamento osmótico, caracterizado pelo acúmulo intracelular de solutos osmoticamente ativos em resposta a condições estressantes de baixa disponibilidade de água e salinidade (ORTIZ et al., 2003). Esse mecanismo é responsável pela manutenção da turgescência, crescimento e fotossíntese sob baixos valores de potencial hídrico (MORGAN, 1984). Muitos estudos mostram a relação entre o estresse hídrico e a redução do potencial hídrico. Oliveira et al. (2002), avaliando as respostas da pupunheira (*Bactris gasipaes*) sob deficiência hídrica, observaram que a deficiência hídrica causou redução na condutância estomática e nas taxas de transpiração, sendo essas reduções acompanhadas pela queda do potencial hídrico.

Segundo Vieira Junior (2007), o ajustamento osmótico tem sido verificado em várias espécies e é considerado um dos mais eficazes para manutenção da turgescência celular, permitindo, principalmente, a manutenção da abertura estomática e fotossíntese sob condições de baixo potencial hídrico no solo.

Além disso, certas plantas podem, juntamente com a redução do potencial hídrico do solo, promover uma maior redução no potencial da folha, de forma a manter a diferença de potencial e continuar com os estômatos abertos por um maior período sem água. Essas plantas são comumente denominadas de plantas investidoras (LARCHER, 2006).

Outras plantas utilizam outro tipo de estratégia em resposta ao estresse hídrico denominada de plantas conservadoras, que quando a disponibilidade de água no solo diminui, elas simplesmente param sua

atividade metabólica, conservando o máximo de energia, porém, com isso reduzem a sua capacidade fotossintética, paralisando seu crescimento quando há falta de água no solo (LARCHER, 2006).

Santos et al. (2014) verificaram reduções no potencial hídrico de -0,5 para -1,8 MPa em plantas de *Zea mays* e -0,5 para -1,3 MPa para *Sorghum bicolor* quando submetidas ao estresse hídrico, quando comparadas com plantas irrigadas diariamente, caracterizando essas espécies como pouco investidoras.

Já Esposti (2013), submetendo *Handroanthus crysotrichus* ao estresse hídrico, observou que o potencial hídrico foliar decresceu significativamente, atingindo -3,0 MPa no décimo sétimo dia de estresse hídrico. Valor muito baixo quando comparado com o tratamento sem déficit hídrico (-1,0 MPa). Mostrando que essa espécie se caracteriza como investidora, capaz de acumular solutos e reduzir o potencial hídrico em resposta ao estresse hídrico.

Os aspectos de crescimento e desenvolvimento das plantas também são afetados pela deficiência hídrica nos tecidos, causada pela excessiva demanda evaporativa ou limitado suprimento de água (MARTINS et al., 2010).

Benincasa (2003) ressalta que a análise de crescimento é de fundamental importância para o entendimento das reações do vegetal em consequência de fatores ambientais. Taiz e Zeiger (2009) apresentam a redução de área foliar como a primeira resposta a redução da disponibilidade hídrica, como consequência da diminuição do conteúdo de água da folha, contração das células e afrouxamento da parede celular. Como a pressão de turgor é a principal força que alavanca a expansão foliar, em situações de déficit hídrico as folhas não têm como manter a sua expansão normal. Após essa parada no crescimento da parte aérea, ocorre

uma consequente diminuição na demanda de fotoassimilados, direcionando uma maior taxa na distribuição de fotoassimilados para as raízes do que para a parte aérea. Uma explicação para isto é sugerida por Pereira e Pallardi (1989), que afirmam que as raízes podem ser superiores à parte aérea na capacidade de crescer em situações adversas, particularmente em situações de estresse hídrico, onde as mesmas tendem a crescer para as áreas mais profundas do solo em busca de água.

Martins et al. (2008), estudando o crescimento de eucalipto, analisaram que o crescimento e o desenvolvimento das mudas foram afetados pela deficiência hídrica, sendo o crescimento em altura e o diâmetro do caule as variáveis mais afetadas pela ação do estresse hídrico.

Souza e Amorim (2009) avaliaram o crescimento de plantas jovens de *Physalis angulata* sob estresse hídrico e verificaram que as plantas não irrigadas produziram área foliar menor (35%) em relação às irrigadas.

Santos e Carvalho (2013) verificaram reduções significativas no crescimento de plantas de *Hyptis pectinata* quando submetida a estresse hídrico. Em comparação ao tratamento controle, as plantas estressadas tiveram redução de 45% na matéria seca das folhas em 4 dias de estresse hídrico.

Já para o sistema radicular, vários relatos científicos comprovam que muitas espécies vegetais apresentam uma tendência de aumentar o crescimento radicular quando sob situações de deficiência hídrica. Fato corroborado por Figueirôa et al. (2004), onde os autores encontraram a maior alocação de biomassa para as raízes quando comparada com os valores obtidos para os demais órgãos em plantas de *Myracrodruon urundeuva*.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCAL E CONDUÇÃO EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido no viveiro de mudas do Departamento de Ciências Vegetais da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), situada no município de Mossoró-RN no período de março a junho de 2014. Mossoró apresenta coordenadas geográficas 5°11' de latitude Sul, 37°20' de longitude W. Gr., com 18 m de altitude, com uma temperatura média anual em torno de 27,5 °C, umidade relativa de 68,9%, nebulosidade média anual de 4,4 décimos e precipitação média anual de 673,9 mm, com clima quente e seco, localizada na região semiárida do nordeste brasileiro (CARMO FILHO et al., 1991).

3.2 MATERIAL VEGETAL E COLETA DAS SEMENTES

Foram utilizadas quatro espécies de plantas daninhas, malva-branca (*Waltheria indica* L.) da família malvaceae, Crotalária (*Crotalaria retusa* L.), família Fabaceae, mussambê (*Cleome affinis* DC.), família Brassicaceae e trapoeraba (*Commelina benghalensis* L.), família Commelinaceae.

As sementes dessas espécies foram coletadas em setembro de 2013 (malva-branca, crotalária e mussambê) ao redor da horta didática da UFERSA. Já as sementes de trapoeraba foram adquiridas pela Empresa Agrocósmos Produção e Serviços Rurais Ltda localizada em Engenheiro Coelho/SP.

Anteriormente a semeadura, as sementes dessas espécies foram submetidas a procedimentos para superação da dormência, através do desponte na extremidade oposta ao hilo.

3.3 PRODUÇÃO DAS PLANTAS

As plantas foram cultivadas em vasos com capacidade de 1,9 L, os quais foram preenchidos com solo Latossolo vermelho Amarelo de textura arenoso.

A semeadura foi realizada em bandejas de 128 células e posteriormente transplantadas nos recipientes quando essas apresentarem o primeiro par de folhas totalmente expandido, deixando-se uma planta por vaso. Nessa etapa foi realizada a seleção de plantas uniformes. As irrigações foram diárias, sempre no final da tarde.

Antes da semeadura foi feito um estudo prévio para determinar o período do início do florescimento para cada espécie, no intuito de realizar as avaliações nas quatro espécies juntas na mesma fase de crescimento (início do florescimento). Com isso, as plantas de malva-branca foram avaliadas com 92 dias após a emergência (DAE), as de crotalária com 66 DAE, as de trapoeraba com 55 DAE e as plantas de mussambê com 39 DAE.

3.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E CONDIÇÕES DE CULTIVO DAS PLANTAS

As plantas foram organizadas seguindo o delineamento experimental em blocos casualizados, no esquema fatorial 4 x 2, sendo quatro espécies de plantas daninhas com dois regimes hídricos (com e sem estresse hídrico), com cinco repetições. Cada unidade experimental foi composta por um vaso de 1,9 L de solo, com uma planta.

As plantas sem estresse hídrico foram irrigadas diariamente, mantendo o solo próximo à capacidade de campo, enquanto que as

submetidas ao estresse hídrico a suspensão da irrigação foi realizada por ocasião do florescimento e mantida até a taxa de assimilação de CO₂ das plantas às 9h da manhã atingisse valores próximos a zero, quando foi retomada a irrigação. A partir da data da suspensão da irrigação as plantas foram submetidas às avaliações todos os dias até que as taxas de fotossíntese das plantas submetidas ao estresse hídrico se igualassem às plantas sem estresse.

3.5 VARIÁVEIS ANALISADAS

3.5.1 Potencial hídrico (Ψ_w)

O potencial hídrico (Ψ_w ; MPa) das plantas foi determinado no pré-amanhecer (pre-dawn) e ao meio-dia, com auxílio de bomba de pressão (bomba de Schollander). Antes de cada avaliação foi identificado o terceiro ou quarto par de folhas, sem danos físicos e bem iluminadas.

3.5.2 Trocas gasosas

Foi avaliada a fotossíntese (A ; $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}$), condutância estomática (g_s ; $\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), e a transpiração (E ; $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) com auxílio de um analisador de gases no infravermelho LI-6400 (LI-COR Biosciences). Os teores de CO₂ foram fixados em 400 $\mu\text{moles.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ e a intensidade luminosa em 1500 $\mu\text{moles de fótons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Foram avaliadas folhas jovens, recém expandidas, não danificadas e bem iluminadas (quando a intensidade luminosa for superior a 1000 $\mu\text{moles de fótons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).

3.5.3 Crescimento

Ao final das avaliações foi mensurado a área foliar (AF) (cm²), determinada pelo método do disco corrigido (LOPES et al., 2010), utilizando-se um furador de rolhas. Sendo obtida pelo produto entre a área total dos discos (AD) e o peso seco total das folhas (MSF), dividido pelo peso médio dos discos (MSD).

Também foi determinado a massa seca da raiz (MSR), caule (MSC), folha (MSF) e total (MST) (g), obtida a partir de uma amostra de três plantas da parcela. Em seguida, foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar a 70 °C, durante 72 horas. A massa obtida para cada tratamento foi dividida pelo número de plântulas.

Foi determinado o Índice de conteúdo de clorofila das folhas próximas ao ápice (ICCfa) e das folhas próximas a base (ICCfb), obtida a partir de uma amostra de cinco folhas por parcela utilizando o Clorofilômetro Portátil Modelo CCM-200, Opti-Science.

3.5.4 Consumo de água diário

Para a determinação do consumo de água diário (CAD) foi determinado a transpiração diária a partir de 6h da manhã até às 16h, com intervalos de 2h, sendo calculada a transpiração diária durante os dias de avaliações. Além disso, levou-se em consideração a área foliar, para o cálculo do volume de água consumida diariamente pelas plantas (mL).

3.6 ANÁLISES DOS DADOS

Os resultados foram submetidos à análise de variância, pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade para cada época de avaliação. Na comparação entre os regimes hídricos, em caso de significância, os tratamentos foram comparados pelo teste *t* de Student, a 5% de probabilidade, e entre as espécies, foram comparadas pelo teste de Skott-Knott, a 5% de probabilidade, com o auxílio do programa estatístico Sistema para Análise de Variância – SISVAR (FERREIRA, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 POTENCIAL HÍDRICO ANTES DO AMANHECER

A suspensão da irrigação ocasionou redução nos valores de potencial hídrico foliar antes do amanhecer (Ψ_{AM}) em todas as espécies analisadas.

As espécies de crotalária e de malva-branca que não sofreram estresse hídrico apresentaram um Ψ_{AM} de $-0,39a \pm 0,1$ MPa e $-0,35a \pm 0,07$ MPa, respectivamente. Quando submetidas ao estresse hídrico, a partir do terceiro dia de aplicação dos tratamentos, houve redução do Ψ_{AM} para ambas as espécies até o quinto dia, chegando a atingir $-1,27$ e $-1,29$ MPa, respectivamente (Figura 1A e 1C).

Depois de reidratadas, as espécies restabeleceram os valores de Ψ_{AM} em um e dois dias, respectivamente, se igualando aos valores do tratamento controle, o que evidencia a rápida recuperação do status hídrico das plantas (Figura 1A e 1C). Essa rápida recuperação também foi constatada em plantas jovens de café, cujos valores de Ψ_{AM} aumentaram de $-3,5$ MPa para $-0,6$ MPa após um dia da retomada da irrigação (MELO, 2008).

Para a trapoeraba e mussambê, a redução do Ψ_{AM} dos indivíduos foi lenta, sendo observada a partir do quarto e sétimo dia após a suspensão da irrigação, com redução de $-0,65$ para $-1,04$ MPa e $-0,52$ para $-0,85$ MPa, respectivamente. Depois de reidratadas, ambas as espécies restabeleceram os valores em um dia, se igualando aos valores do tratamento controle (Figura 1B e 1D). Comportamento semelhantes foram verificados por Esposti (2013) em estudos conduzidos com *Cariniana estrellensis*, que também apresentou uma redução lenta do Ψ_{AM} e não chegou a valores menores que $-1,1$ MPa.

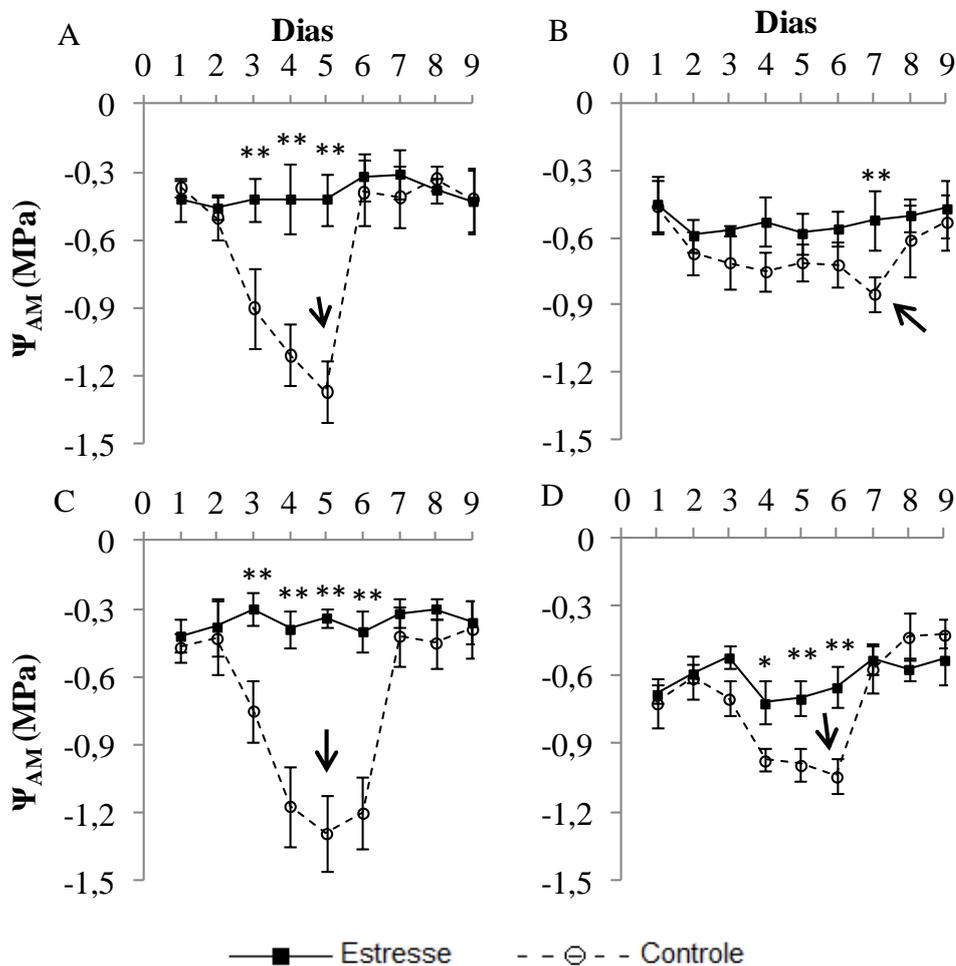


Figura 1 - Efeito da suspensão da irrigação nas plantas de crotalária (A), mussambê (B), malva-branca (C) e trapoeraba (D) sobre o potencial hídrico foliar, antes do amanhecer (Ψ_{AM}). A seta indica o momento da retomada da irrigação. As barras de erro indicam os intervalos de confiança das médias a 5% de probabilidade. Os asteriscos indicam diferenças significativas entre os regimes hídricos a 1% (**) e 5% (*) de probabilidade.

Quando comparadas as espécies dentro de cada regime hídrico, a análise dos valores de Ψ_{AM} nas plantas irrigadas permitiu observar que todas as espécies apresentaram valores semelhantes, variando de -0,32 a -0,68 MPa (Tabela 1). Vale salientar que o Ψ_{AM} tem sido considerado um

indicador do estado hídrico das plantas, bem como da quantidade de água disponível no solo (LARCHER, 2006; TAIZ e ZEIGER, 2009).

Quando as plantas foram submetidas ao estresse hídrico, as plantas de crotalária e malva-branca apresentaram um menor Ψ_{AM} , com -1,27 e -1,29 MPa no quinto dia, em relação ao mussambê e a trapoeraba que apresentaram -0,77 e -0,99 MPa, respectivamente (Figura 2A). Isso sugere que a crotalária e a malva-branca apresentam maior capacidade de realizar ajustamento osmótico durante o déficit hídrico, e conseqüentemente podem se tornar mais agressivas ao ponto de conseguirem se desenvolver em condições mais adversas, podendo se tornar importantes competidoras por água justamente quando essa começa a ficar escassa.

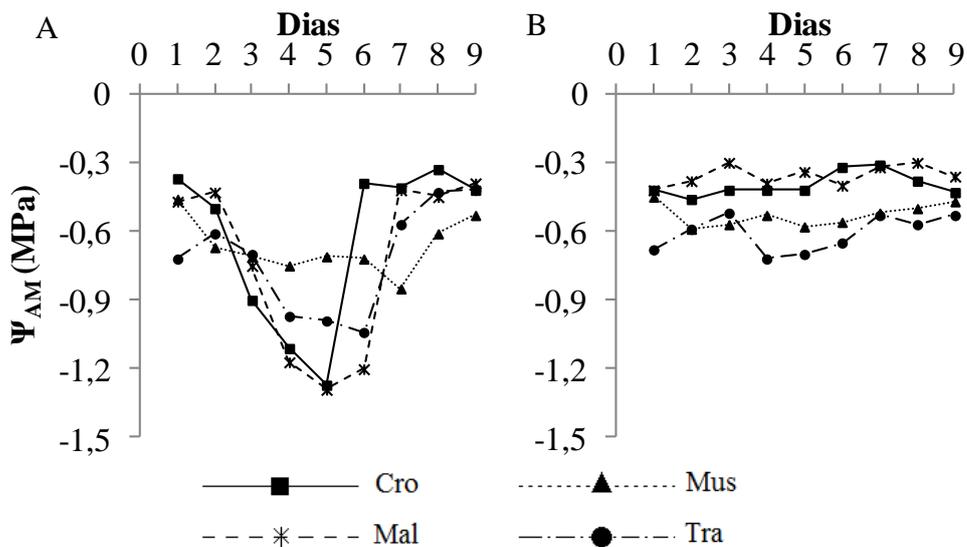


Figura 2 - Potencial hídrico foliar antes do amanhecer (Ψ_{AM}) das quatro espécies de plantas daninhas (crotalária, mussambê, malva-branca e trapoeraba), submetidas ao estresse hídrico (A) e sob irrigação (B).

Tabela 1 - Valores médios de Potencial hídrico antes do amanhecer (Ψ_{AM}), de quatro espécies de plantas daninhas (crotalária, mussambê, malva-branca e trapoeraba) submetidas a estresse hídrico e sob irrigação.

Potencial hídrico antes do amanhecer (MPa)– Com estresse					
Dias	Espécies				CV (%)
	Crotalária	Mussambê	Malva-branca	Trapoeraba	
1	-0,37b	-0,46b	-0,47b	-0,72a	19,82
2	-0,50b	-0,67a	-0,43b	-0,61a	24,84
3	-0,90a	-0,71a	-0,75a	-0,70a	30,72
4	-1,11a	-0,75b	-1,17a	-0,97a	27,71
5	-1,27a	-0,71c	-1,29a	-0,99b	17,02
6	-0,39c	-0,72b	-1,20a	-1,04a	21,13
7	-0,41b	-0,85a	-0,42b	-0,57b	50,93
8	-0,33b	-0,61a	-0,45b	-0,43b	25,99
9	-0,42a	-0,53a	-0,39a	-0,42a	22,62
Potencial hídrico antes do amanhecer (MPa)– Sob irrigação					
1	-0,42a	-0,45a	-0,42a	-0,68a	19,82
2	-0,46a	-0,59a	-0,38a	-0,59a	24,84
3	-0,42a	-0,57a	-0,30a	-0,52a	30,72
4	-0,42a	-0,53a	-0,39a	-0,68a	37,71
5	-0,42a	-0,58a	-0,34a	-0,70a	17,02
6	-0,32a	-0,56a	-0,40a	-0,65a	31,13
7	-0,31a	-0,52a	-0,32a	-0,53a	30,93
8	-0,38a	-0,50a	-0,30a	-0,57a	25,99
9	-0,43a	-0,47a	-0,36a	-0,53a	22,62
Média	-0,39a \pm 0,1	-0,53a \pm 0,09	-0,35a \pm 0,07	-0,61a \pm 0,07	

*Os valores representam as médias e intervalos de confiança (\pm) de 4 repetições. Médias seguidas por letras diferentes minúsculas na linha, para cada dia, diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

4.2 POTENCIAL HÍDRICO AO MEIO DIA

A suspensão da irrigação provocou redução nos valores de potencial hídrico foliar ao meio dia (Ψ_{MD}) apenas para as espécies da crotalária e malva-branca (Tabela 2).

Para as espécies mussambê e trapoeraba o Ψ_{MD} não diferiu entre os regimes hídricos para todos os dias de avaliação, isto é, para o mussambê o Ψ_{MD} para o tratamento com irrigação diária foi de $-0,96 \pm 0,1$ MPa e $-1,01 \pm 0,1$ MPa para o tratamento que recebeu o estresse hídrico. E para a trapoeraba, o Ψ_{MD} médio foi de $-0,99 \pm 0,14$ MPa para o tratamento controle e $-1,01 \pm 0,14$ MPa para o tratamento que foi submetido ao estresse hídrico (Figura 3B e 3D). Dessa forma, considera-se que essas espécies apresentam uma estratégia conservadora do uso da água, ou seja, quando a disponibilidade de água no solo diminui, essas espécies não apresentam variações acentuadas em seu potencial hídrico e simplesmente param sua atividade metabólica, conservando ao máximo de energia, porém, com isso reduzem a sua capacidade fotossintética, paralisando seu crescimento (TAIZ e ZEIGER, 2009).

Já para as plantas de crotalária e malva-branca irrigadas diariamente o Ψ_{MD} foi $-0,95 \pm 0,11$ MPa e $-1,15 \pm 0,14$ MPa respectivamente. E para os indivíduos que foram submetidos ao estresse hídrico, a partir do segundo e quarto dia de supressão da irrigação, houve redução até o quinto dia para ambas as espécies, quando o valor decresceu para de $-0,90$ para $-1,54$ MPa e $-1,28$ para $-2,04$ MPa respectivamente, o que representa redução de 60% e 80% quando comparado aos das plantas irrigadas (Figura 3A e 3C).

Algumas plantas têm capacidade de diminuir o seu potencial hídrico a níveis inferiores ao do solo, permitindo, com isso, com que a água penetre na planta, uma vez que a água sempre se move de um local com maior

potencial hídrico para outro com potencial hídrico menor. Por exemplo, à medida que a estação seca se inicia, a quantidade de água no solo vai diminuindo. Assim, a planta procura se adaptar para absorver a pouca água disponível que tem (PALLARDY, 2008). É um modo de se manter o conteúdo de água da célula em níveis adequados à atividade fisiológica, e os estômatos abertos. Isso ocorre porque a força motriz de origem osmótica é aumentada com o acúmulo de solutos e permite a manutenção da absorção de água pela célula, mesmo a déficits acentuados.

Dessa forma, esses resultados mostram que principalmente a malva-branca apresenta uma característica de maior redução de Ψ_{MD} em relação aos demais em resposta a supressão hídrica. Segundo Taiz e Zeiger (2009), plantas com potenciais hídricos foliares abaixo de -2,0 MPa denotam relativa resistência à seca e capacidade de investimento para continuar realizando fotossíntese.

Esta diferença de potencial representa uma redução de quase o dobro quando comparado às plantas controle, ocorrendo murcha das folhas causada pela redução da disponibilidade hídrica, diferentemente das plantas de mussambê e trapoeraba, que não alteraram o seu potencial, a fim de conservar energia e principalmente água.

Resultados semelhantes a espécie da malva foram obtidos por Gomes (2011), avaliando o potencial hídrico foliar ao meio-dia, observou que plantas de *Passiflora edulis* sem rega durante 13 dias, tinham os valores inferiores aos das plantas controle, atingindo valores próximos a -2,8 MPa.

Já os resultados encontrados por Lima et al. (2010) foram diferentes. Trabalhando com duas cultivares de feijão do gênero *Vigna* e uma de feijão do gênero *phaseolus*, os autores verificaram que nos tratamentos com irrigação suspensa, em nenhuma delas o potencial hídrico chegou abaixo de -1,2 MPa, diferentemente de duas espécies de plantas daninhas desse estudo

(crotalária e a malva) que atingiram valores mais negativos. Depois de reidratadas, ambas as espécies (crotalária e malva-branca) restabeleceram os valores do potencial hídrico em um dia, se igualando aos valores do tratamento controle da irrigação (Figura 3A e 3C), o que evidencia a rápida recuperação do status hídrico das plantas.

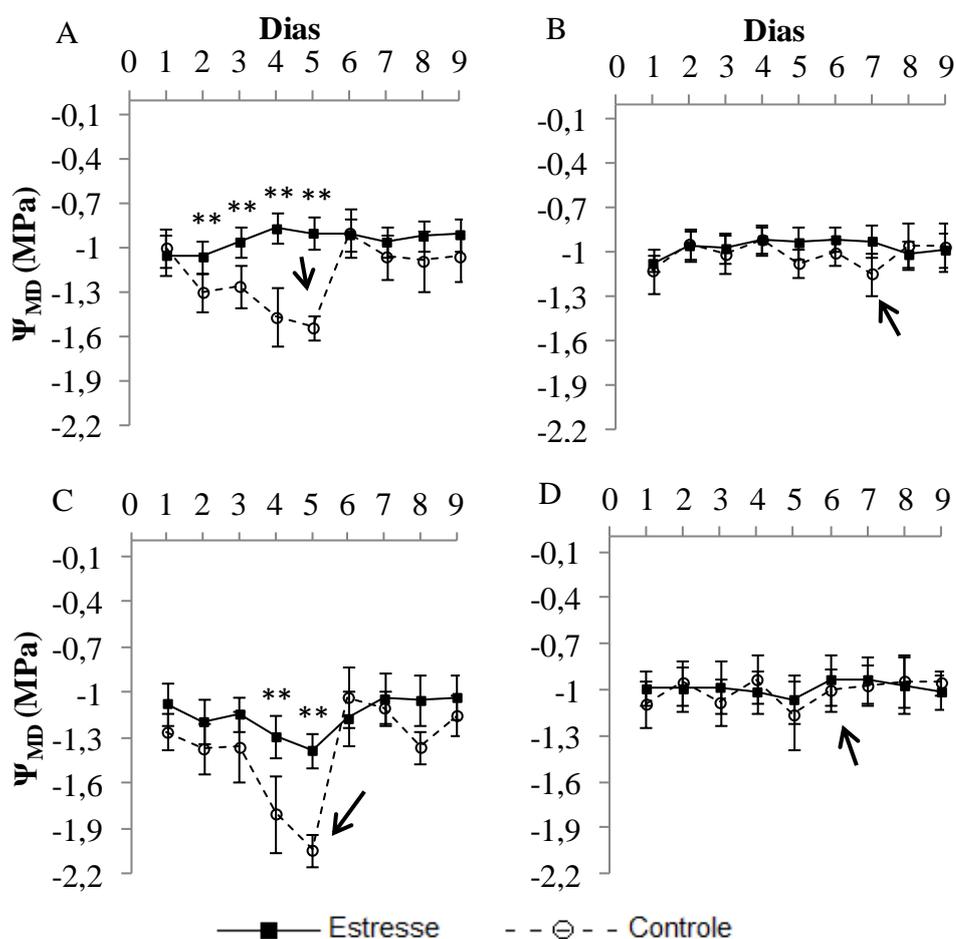


Figura 3 - Efeito da suspensão da irrigação nas plantas de crotalária (A), musambê (B), malva-branca (C) e trapoeraba (D) sobre o potencial hídrico foliar ao meio dia (Ψ_{MD}). A seta indica o momento da retomada da irrigação. As barras de erro indicam os intervalos de confiança das médias a 5% de probabilidade. Os asteriscos indicam diferenças significativas entre os regimes hídricos a 1% (**) e 5% (*) de probabilidade.

Comparando as espécies dentro de cada regime hídrico observa-se que, quando as espécies não foram submetidas ao estresse hídrico todas as espécies apresentaram valores de potencial hídrico semelhantes, isto é, essas espécies de plantas daninhas naturalmente apresentam um Ψ_{MD} variando de -0,95 MPa a -1,15 MPa, em condições de solo irrigado (Tabela 2). Porém, quando a irrigação foi suspensa, as espécies de crotalária e malva-branca apresentaram um menor potencial hídrico a partir do segundo dia de estresse hídrico, se prolongando até o quinto dia quando foi feita a reidratação, com posterior recuperação e se igualando às demais espécies no dia seguinte (sexto dia) (Figura 4A).

Esses resultados evidenciam a diferença do comportamento de respostas de potencial hídrico dessas espécies em condições de estresse hídrico, com a crotalária e malva-branca apresentando maior capacidade de acumular solutos e conseqüentemente diminuir o seu potencial hídrico, enquanto que as outras espécies de plantas daninhas (mussambê e trapoeraba) não investem na redução do potencial hídrico, mas conseguem sobreviver a períodos prolongados de estresse hídrico, principalmente pelo fechamento estomático e paralisação do metabolismo.

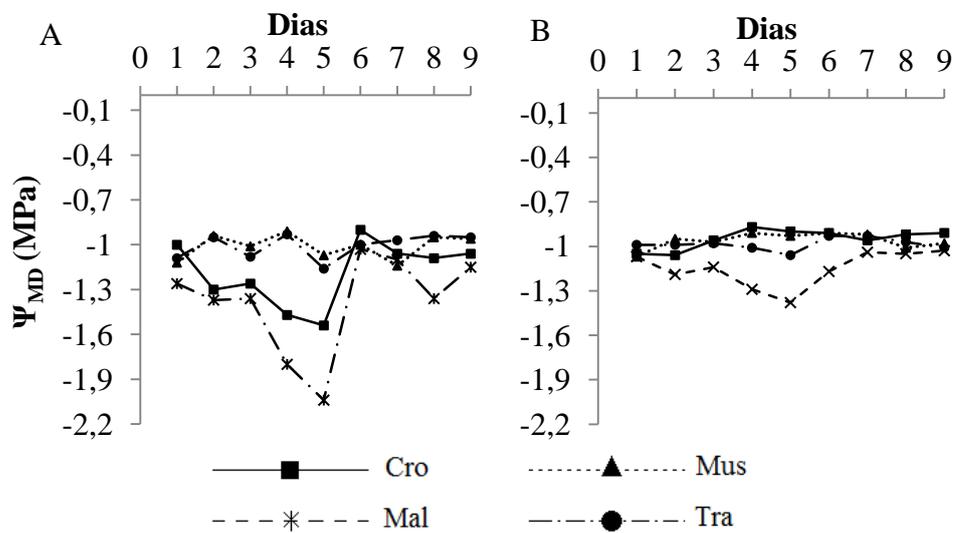


Figura 4- Potencial hídrico foliar ao meio dia (Ψ_{MD}) das quatro espécies de plantas daninhas (crotalaria, mussambê, malva-branca e trapoeraba), submetidas ao estresse hídrico (A) e sob irrigação (B).

Tabela 2 - Valores médios de Potencial hídrico ao meio dia (Ψ_{MD}), de quatro espécies de plantas daninhas (crotalária, mussambê, malva-branca e trapoeraba) submetidas a estresse hídrico e sob irrigação.

Potencial hídrico ao meio dia (MPa) – Com estresse					
Dias	Espécies				CV (%)
	Crotalária	Mussambê	Malva-branca	Trapoeraba	
1	-1,00a	-1,12a	-1,26a	-1,09a	14,62
2	-1,30a	-0,94b	-1,37a	-0,95b	16,00
3	-1,26a	-1,01b	-1,36a	-1,08b	21,85
4	-1,47b	-0,91c	-1,80a	-0,93c	17,55
5	-1,54b	-1,07c	-2,04a	-1,16c	14,63
6	-0,90a	-1,00a	-1,03a	-1,00a	18,63
7	-1,06a	-1,14a	-1,10a	-0,97a	21,03
8	-1,09a	-0,95a	-1,16a	-0,94a	16,16
9	-1,06a	-0,96a	-1,15a	-0,95a	16,85
Potencial hídrico ao meio dia (MPa) – Sob irrigação					
1	-1,05a	-1,07a	-1,07a	-0,99a	14,62
2	-1,06a	-0,95a	-1,19a	-0,99a	16,00
3	-0,96a	-0,97a	-1,14a	-0,98a	21,85
4	-0,87b	-0,91b	-1,29a	-1,01b	17,55
5	-0,90b	-0,93b	-1,28a	-1,06b	14,63
6	-0,91a	-0,91a	-1,17a	-0,93a	18,63
7	-0,96a	-0,92a	-1,04a	-0,93a	21,03
8	-0,92a	-1,01a	-1,05a	-0,97a	16,16
9	-0,91a	-0,98a	-1,03a	-1,01a	16,85
Média	-0,95a ±0,11	-0,96a ±0,10	-1,15a ±0,14	-0,99a ±0,14	-

*Os valores representam as médias e intervalos de confiança (\pm) de 4 repetições. Médias seguidas por letras diferentes minúsculas na linha, para cada dia, diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

4.3 FOTOSSÍNTESE

Os resultados obtidos revelaram que a fotossíntese (A) em todas as espécies manteve-se constante nas plantas irrigadas diariamente (controle) durante os 9 dias do experimento. Por outro lado, em todas as espécies que sofreram estresse hídrico, observou-se uma diminuição da fotossíntese (Figura 5). É provável que tal diminuição esteja relacionada com fechamento estomático, observada no presente trabalho, pois os estômatos fechados impedem a entrada de CO_2 necessário para a via fotossintética (LIMA et al., 2010) e o fechamento estomático é a resposta mais imediata após a interrupção da irrigação, como medida de proteção contra de perda de água. Além disso, outros autores (LAWLOR, 2002; MEDRANO et al., 2002; PARRY et al., 2002) afirmam que a eficiência fotossintética também pode diminuir sob estresse hídrico devido à diminuição da atividade da Rubisco, inibição da ATPase e alterações na síntese de ATP. Em um experimento semelhante, mas com indivíduos de acariquara (*Minuartia guianensis*), Liberato et al. (2006) observaram uma queda de 50% nos valores da fotossíntese nos indivíduos não irrigados. Em relação a crotalária, quando não foi submetida ao estresse hídrico, apresentou uma fotossíntese (A) de $26,91 \pm 2,98 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, enquanto que, na supressão hídrica, ocorreu uma diminuição a partir do segundo dia de estresse até o quinto dia, atingindo apenas $2,29 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, havendo uma redução de 91%. Após a reidratação, houve um aumento na fotossíntese retornando aos valores próximos ao do controle em quatro dias (Figura 5A). A malva-branca apresentou uma A de $19,52 \pm 1,68 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ quando não foi dado o estresse hídrico, porém, sem a irrigação, houve uma queda a partir do terceiro dia de estresse até o quinto dia, atingindo $4,43 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (queda de 77%). E a partir da reirrigação, A aumentou até atingir os valores

próximos ao tratamento sem estresse hídrico em três dias (Figura 5C). As plantas de trapoeraba e as de mussambê que não sofreram estresse hídrico apresentaram uma fotossíntese líquida média de $7,15 \pm 0,99$ e $13 \pm 1,52 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, respectivamente, enquanto que, quando submetidas ao estresse hídrico foram necessários quatro e cinco dias respectivamente, para ocorrer uma diminuição na fotossíntese até o sexto e sétimo dia respectivamente. E após a reidratação, houve a recuperação da fotossíntese, atingindo os valores próximos ao tratamento sem estresse em dois e um dia respectivamente (Figura 5B e 5D).

Esses resultados evidenciam a forte sensibilidade do aparato fotossintético da espécie da crotalária ao déficit hídrico, mostrando que é uma espécie que usa ao máximo o carbono fotossintetizável e é afetada rapidamente pela falta de água no solo. Já as espécies de trapoeraba e do mussambê são mais tolerantes, com manutenção da fotossíntese por maior período (LIMA et al., 2010).

Os resultados apresentados assemelham-se aos de Gonçalves et al. (2009), que também constataram redução na taxa fotossintética em plantas de *Carapa guianensis*, com queda de fotossíntese próximas a todas as espécies deste trabalho com diminuição de aproximadamente 76% após 14 dias e 89% após 21 dias de estresse hídrico. E Oliveira et al. (2011) também observaram alta redução (aproximadamente 95%) na taxa fotossintética em *Tabebuia aurea* submetida a 13 dias de estresse hídrico.

Todas as espécies avaliadas neste trabalho recuperaram o potencial hídrico foliar e suas características fotossintéticas, que atingiram valores semelhantes às irrigadas, o que indica que essas plantas apresentaram alta plasticidade fisiológica em relação à deficiência hídrica. Essa plasticidade também foi encontrada por Gonçalves et al. (2009) em plantas de andiroba submetidas a 21 dias de estresse e posterior reirrigação.

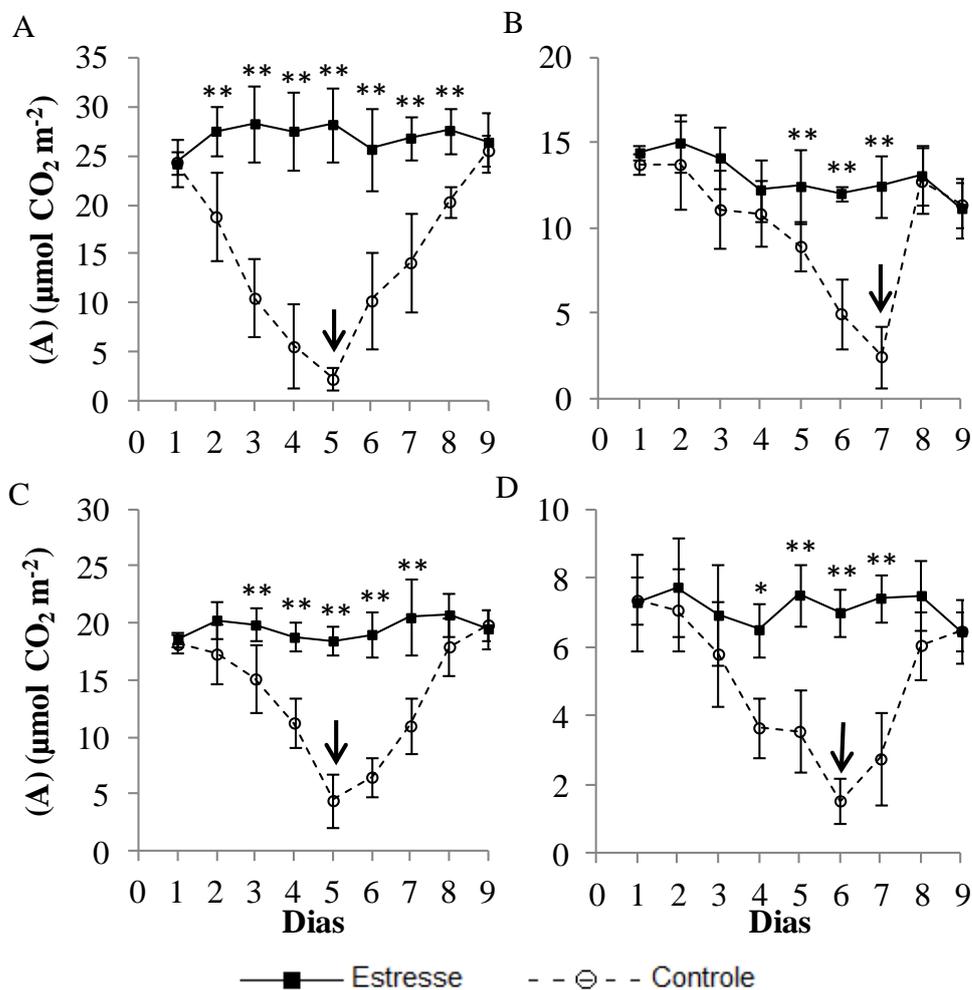


Figura 5 - Efeito da suspensão da irrigação nas plantas de crotalária (A), mussambê (B), malva-branca (C) e trapoeraba (D) sobre a Fotossíntese (A). A seta indica o momento da retomada da irrigação. As barras de erro indicam os intervalos de confiança das médias a 5% de probabilidade. Os asteriscos indicam diferenças significativas entre os regimes hídricos a 1% (***) e 5% (*) de probabilidade.

Comparando as espécies dentro de cada regime hídrico observa-se que, quando as espécies não foram submetidas ao estresse hídrico, a crotalária apresentou maior taxa fotossintética com $26,91 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ seguida da malva-branca com $19,52 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, mussambê com $13 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e pela trapoeraba com a menor taxa de $7,15 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Tabela 3).

Já Procópio et al. (2004), trabalhando a fisiologia de três espécies de plantas daninhas constataram valores de fotossíntese menores do que a da crotalária e malva-branca (*Euphorbia heterophylla* com $16,47 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, seguida da espécie *Bidens pilosa* com $13,86 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e *Desmodium tortuosum* com $8,95 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$).

Quando foi submetido ao estresse hídrico, observa-se que o mussambê inicialmente apresenta fotossíntese menor que a crotalária e a malva-branca, mas com a aplicação do estresse hídrico verifica-se redução acentuada da fotossíntese na crotalária e na malva-branca, porém, no quinto dia de estresse o mussambê apresenta fotossíntese superior em relação às outras espécies, verificando maior tolerância ao estresse hídrico dessa espécie (Figura 6A).

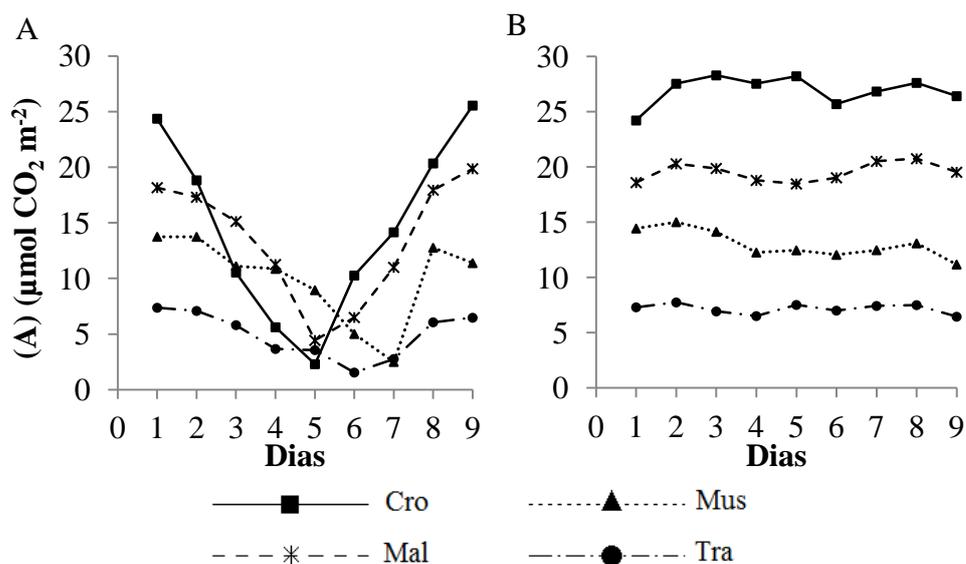


Figura 6 - Fotossíntese (A) das quatro espécies de plantas daninhas (crotalária, mussambê, malva-branca e trapoeraba), submetidas ao estresse hídrico (A) e sob irrigação (B).

Tabela 3 - Valores médios de fotossíntese (A), de quatro espécies de plantas daninhas (crotalária, mussambê, malva-branca e trapoeraba) submetidas a estresse hídrico e sob irrigação.

A ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}$) – Com estresse					
Espécies					
Dias	Crotalária	Mussambê	Malva-branca	Trapoeraba	CV (%)
1	24,36a	13,74c	18,16b	7,36d	15,32
2	18,82a	13,74b	17,30a	7,08c	16,35
3	10,53b	11,09b	15,11a	5,80c	23,34
4	5,61b	10,85a	11,25a	3,66b	20,97
5	2,29b	8,94a	4,43b	3,55b	23,80
6	10,26a	5,00b	6,49b	1,53c	22,27
7	14,14a	2,48b	10,99a	2,76b	24,11
8	20,34a	12,75b	17,94a	6,05c	16,69
9	25,54a	11,38c	19,86b	6,46d	12,52
A ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}$) – Sob irrigação					
1	24,20a	14,42c	18,58b	7,30d	15,32
2	27,52a	15,00c	20,28b	7,74d	16,35
3	28,28a	14,12c	19,86b	6,93d	23,34
4	27,52a	12,25c	18,78b	6,50d	20,97
5	28,20a	12,45c	18,46b	7,51d	23,80
6	25,68a	12,04c	19,02b	7,00d	22,27
7	26,82a	12,46c	20,50b	7,42d	24,11
8	27,60a	13,08c	20,74b	7,50d	16,69
9	26,40a	11,17c	19,52b	6,45d	12,52
Média	26,91a \pm 2,98	13,00c \pm 1,52	19,52b \pm 1,68	7,15d \pm 0,99	-

*Os valores representam as médias e intervalos de confiança (\pm) de 4 repetições. Médias seguidas por letras diferentes minúsculas na linha, para cada dia, diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

4.4 CONDUTÂNCIA ESTOMÁTICA

Com relação aos valores da condutância estomática (g_s), observam-se respostas semelhantes ao que foi visto com a fotossíntese, com uma redução da g_s em todas as espécies que sofreram estresse hídrico. As plantas de crotalária e de malva-branca que não sofreram estresse hídrico apresentaram g_s de $0,7715 \pm 0,09$ e $0,5140 \pm 0,09 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, respectivamente, enquanto que, quando submetidas ao estresse hídrico foram necessários dois e três dias, respectivamente, para ocorrer diminuição significativa na g_s , que continuou com tendência de queda até o quinto dia, atingindo $0,0139$ e $0,0334 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (redução de 98 e 93%), respectivamente. E após a reidratação, houve recuperação da g_s , atingindo valores próximos aos dos tratamentos sem estresse em quatro dias para ambas espécies (Figura 7A e 7C).

A trapoeraba, quando não foi submetida ao estresse hídrico, apresentou g_s de $0,1100 \pm 0,01 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, enquanto que, com a supressão hídrica, ocorreu diminuição a partir do terceiro dia de restrição hídrica até o sexto dia, atingindo apenas $0,0084 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, havendo redução de 92%. Após a reidratação, houve aumento na g_s retornando aos valores próximos ao do controle em apenas dois dias (Figura 7D). Já o mussambê apresentou g_s de $0,0730 \pm 0,008 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ quando não foi dado o estresse hídrico, porém, nas plantas com restrição hídrica, houve queda a partir do sexto dia de estresse até o sétimo dia, atingindo $0,0097 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (queda de 87%). E a partir da reirrigação, a g_s aumentou até atingir os valores próximos ao tratamento sem estresse hídrico no dia seguinte (Figura 7B).

A diminuição da g_s ocorre para diminuir a perda de água das plantas, já que ocorreu a diminuição da água disponível no solo. Embora essa redução na taxa de perda de água possa representar uma vantagem imediata

para prevenir a desidratação dos tecidos, ela pode afetar diretamente o balanço de calor sensível sobre o vegetal, e ainda a absorção de CO₂ e consequentemente a taxa fotossintética (BRUNINI e CARDOSO, 1998). Assim, o decréscimo na disponibilidade hídrica ocasiona queda no potencial da água nas folhas das plantas, levando à perda de turgescência e, consequentemente, à redução da condutância estomática (FLEXAS & MEDRANO, 2002). Por isso o fechamento estomático, deve ter sido a causa primária da redução na taxa de transpiração e na taxa fotossintética sob condições de deficiência hídrica, pois essa redução causou a diminuição na disponibilidade de CO₂ nas câmaras subestomáticas, (GONÇALVES et al., 2009).

Com exceção do mussambê, observa-se nas demais espécies a sensibilidade da *gs* demonstrada frente à redução da disponibilidade hídrica no substrato, indicando uma forte regulação estomática permitindo a planta menor transpiração, controlando a perda de água e diminuindo os possíveis danos a planta, apesar da redução da assimilação de CO₂. Essa sensibilidade da *gs* a redução da disponibilidade hídrica também foi encontrada em *Hyptis pectinata* por Santos e Carvalho (2013) com valores semelhantes aos da trapoeraba encontrados no presente estudo com redução de 0,16 para 0,022 mol m⁻² s⁻¹ em quatro dias de estresse hídrico.

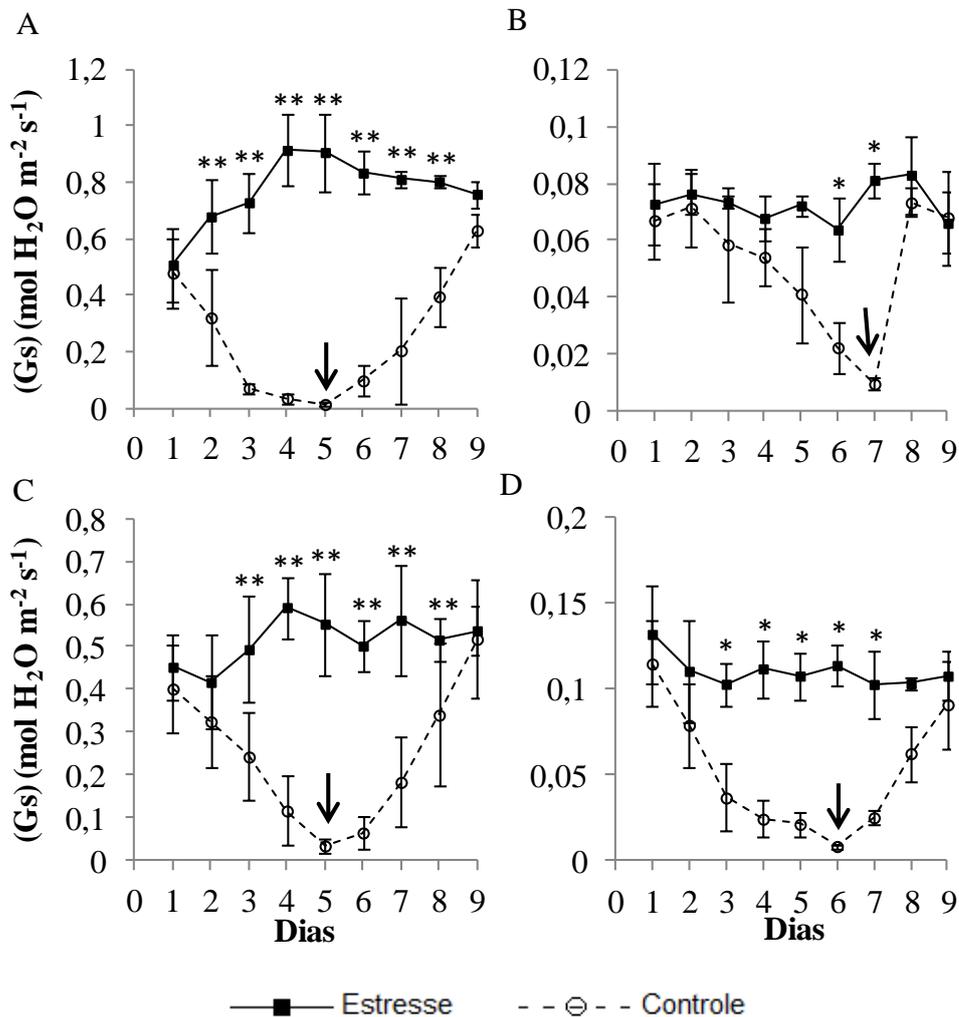


Figura 7 - Efeito da suspensão da irrigação nas plantas de crotalária (A), mussambê (B), malva-branca (C) e trapoeraba (D) sobre a Condutância estomática (g_s). A seta indica o momento da retomada da irrigação. As barras de erro indicam os intervalos de confiança das médias a 5% de probabilidade. Os asteriscos indicam diferenças significativas entre os regimes hídricos a 1% (**) e 5% (*) de probabilidade.

Comparando as espécies dentro de cada regime hídrico observa-se que, em condições normais (sem estresse hídrico), a crotalária apresentou uma maior condutância estomática com $0,7715 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ seguido da malva-branca com $0,5140 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, e em menores valores sem diferir entre si a trapoeraba e o mussambê com $0,0730$ e $0,1100 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$,

respectivamente (Tabela 4). Com isso, nota-se a peculiaridade das espécies de crotalária e malva-branca como espécies que investem em altos valores de condutância estomática para realização de altas taxas fotossintéticas e consequentemente maior crescimento e maior consumo de água do solo.

Resultados semelhantes foram encontrados por Procópio et al. (2004), que avaliaram a *gs* de três espécies de plantas daninhas (*Euphorbia heterophylla*, *Bidens pilosa* e *Desmodium tortuosum*), observando valores semelhantes ao da crotalária e malva-branca no presente trabalho, com valores variando 0,55 a 0,74 mol m⁻² s⁻¹.

Quando foi submetido ao estresse hídrico, observa-se que inicialmente o mussambê apresenta a menor *gs* entre as espécies estudadas, mas com a aplicação da supressão hídrica ocorre uma redução acentuada da *gs* nas outras espécies, e no quinto dia de estresse verifica-se que a *gs* não diferiu entre todas as espécies (Figura 8A), destacando a capacidade de manter a abertura estomática do mussambê em condições de estresse hídrico por mais tempo, apesar de apresentar valores baixos.

Destaca-se ainda, o comportamento da malva-branca que consegue aliar a queda do potencial hídrico com o fechamento estomático mais lentamente em relação a crotalária, conseguindo assim, se caracterizar como uma espécie mais competitiva em função dos altos valores de *gs* e do maior concentração de solutos.

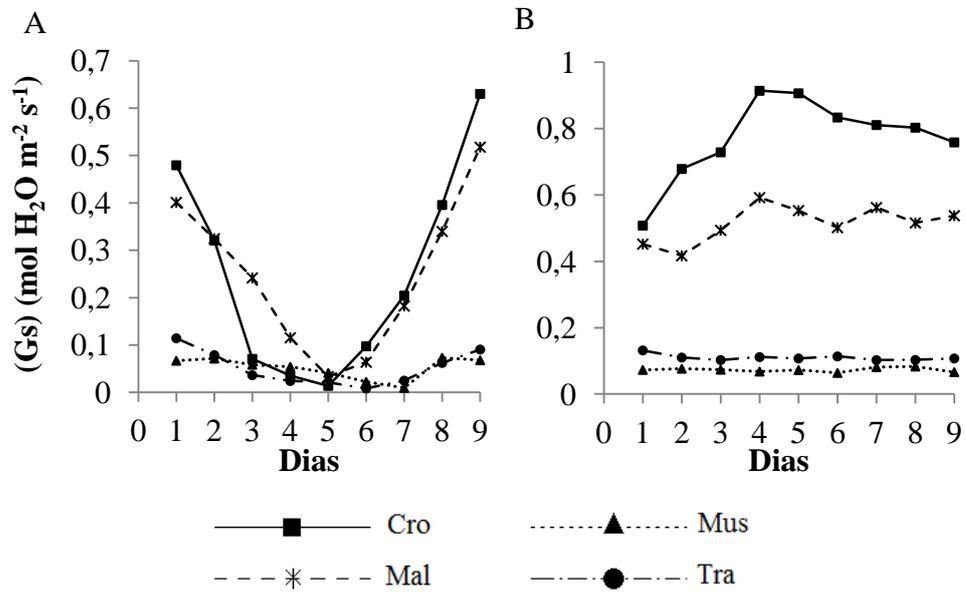


Figura 8 - Condutância estomática (*gs*) das quatro espécies de plantas daninhas (crotalaria, mussambê, malva-branca e trapoeraba), submetidas ao estresse hídrico (A) e sob irrigação (B).

Tabela 4 - Valores médios de Condutância estomática (*gs*), de quatro espécies de plantas daninhas (crotalária, mussambê, malva-branca e trapoeraba) submetidas a estresse hídrico e sob irrigação.

<i>gs</i> (mol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹) – Com estresse					
Dias	Espécies				CV (%)
	Crotalária	Mussambê	Malva-branca	Trapoeraba	
1	0,4796a	0,0670c	0,4012b	0,1144c	44,43
2	0,3207a	0,0714b	0,3245a	0,0788b	45,70
3	0,0709b	0,0585b	0,2418a	0,0365b	44,75
4	0,0353b	0,0542b	0,1155a	0,0242b	33,13
5	0,0139a	0,0413a	0,0334a	0,0212a	32,30
6	0,0975a	0,0225b	0,0639a	0,0084b	42,37
7	0,2045a	0,0097b	0,1825a	0,0250b	49,50
8	0,3958a	0,0733b	0,3400a	0,0623b	37,68
9	0,6302a	0,0680c	0,5178b	0,0907c	18,34
<i>gs</i> (mol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹) – Sob irrigação					
1	0,5080a	0,0728b	0,4522a	0,1316b	44,43
2	0,6788a	0,0764c	0,4168b	0,1102c	45,70
3	0,7290a	0,0735c	0,4936b	0,1027c	44,75
4	0,9144a	0,0678c	0,5922b	0,1116c	33,13
5	0,9068a	0,0722c	0,5532b	0,1074c	32,30
6	0,8340a	0,0638c	0,5018b	0,1135c	42,37
7	0,8112a	0,0812c	0,5624b	0,1025c	49,50
8	0,8032a	0,0830c	0,5160b	0,1029c	37,68
9	0,7588a	0,0661c	0,5378b	0,1074c	18,34
Média	0,7715a	0,073c	0,5140b	0,1100c	
	±0,09	±0,008	±0,09	±0,01	

*Os valores representam as médias e intervalos de confiança (±) de 4 repetições. Médias seguidas por letras diferentes minúsculas na linha, para cada dia, diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

4.5 TRANSPIRAÇÃO

A diminuição da transpiração (E) foi bem evidente em todas as espécies estudadas quando a irrigação foi suspensa. Esses resultados em geral foram bem similares aos da condutância estomática. As plantas de crotalária e as de malva-branca que não sofreram estresse hídrico apresentaram uma transpiração de $5,335 \pm 1,03$ e $4,576 \pm 0,94$ $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, respectivamente, enquanto que, quando submetidas ao estresse hídrico as diferenças significativas foram observadas a partir do segundo e terceiro dia do início da supressão hídrica, atingindo valores ainda menores no quinto dia de estresse hídrico, chegando a $0,198$ e $0,588$ $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (redução de 96 e 87%), respectivamente. Após a reidratação, houve a recuperação da E , atingindo os valores próximos ao dos tratamentos sem estresse em quatro dias para ambas as espécies (Figura 9A e 9C). Já a trapoeraba, quando não foi submetida a estresse hídrico, apresentou E de $1,685 \pm 0,28$ $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, enquanto que, na supressão hídrica, ocorreu uma diminuição a partir do terceiro dia de estresse até o sexto dia, atingindo apenas $0,151$ $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, havendo uma redução de 91%. Após a reidratação, houve um aumento na E retornando aos valores próximos ao do controle em três dias (Figura 9D). Já a mussambê apresentou uma E de $1,258 \pm 0,28$ $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ quando não foi aplicado o estresse hídrico, porém, sob restrição hídrica, houve queda a partir do quinto dia até o sétimo dia, atingindo $0,186$ $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (queda de 85%). E a partir da reirrigação, a E aumentou até atingir os valores próximos ao tratamento sem estresse hídrico no dia seguinte (Figura 9B).

Estes resultados mostram que o efeito da deficiência hídrica causou redução sobre a condutância estomática e taxas de transpiração, devido à redução do potencial da água na folha, onde a diminuição desse potencial provoca o fechamento dos estômatos, diminuindo a condutância estomática

e conseqüentemente o decréscimo na transpiração. Além disso, num estado de estresse por seca, as células-guardas percebem essa escassez hídrica no mesófilo, antes mesmo de ocorrer qualquer redução de sua turgidez, e os estômatos se fecham, provavelmente por influência do ácido abscísico (TAIZ e ZEIGER, 2009). Com isso, presume-se que, a ponto de evitar que o potencial hídrico da folha diminua abaixo de níveis considerados críticos para a estabilidade do sistema de transporte de água, a condutância estomática é diminuída (OREN et al., 1999).

Em *Handroanthus impetiginosus*, Dombroski et al. (2014) também verificaram redução na transpiração a partir do terceiro dia de estresse hídrico, semelhante ao que foi observado no presente trabalho para a malva-branca e a trapoeraba, chegando a atingir uma redução de 4,6 para 0,8 mmol m⁻² s⁻¹ aos doze dias de supressão hídrica (redução de aproximadamente 82%). No entanto, Mariano et al. (2009) trabalhando com a espécie *Myracrodruon urundeuva*, não verificaram diferença na transpiração durante 5 dias de estresse hídrico, com valores de *E* próximos a 4,93 mmol m⁻² s⁻¹ ± 1,74.

Há ainda a indicação que o mussambê e a trapoeraba controlam eficientemente a perda de água via transpiração, ao regular a abertura estomática, visto que não apresentaram folhas murchas, conforme observado também em plantas jovens de *S. macrophylla* (Cordeiro et al., 2009) e *C. guianensis* (Gonçalves et al., 2009).

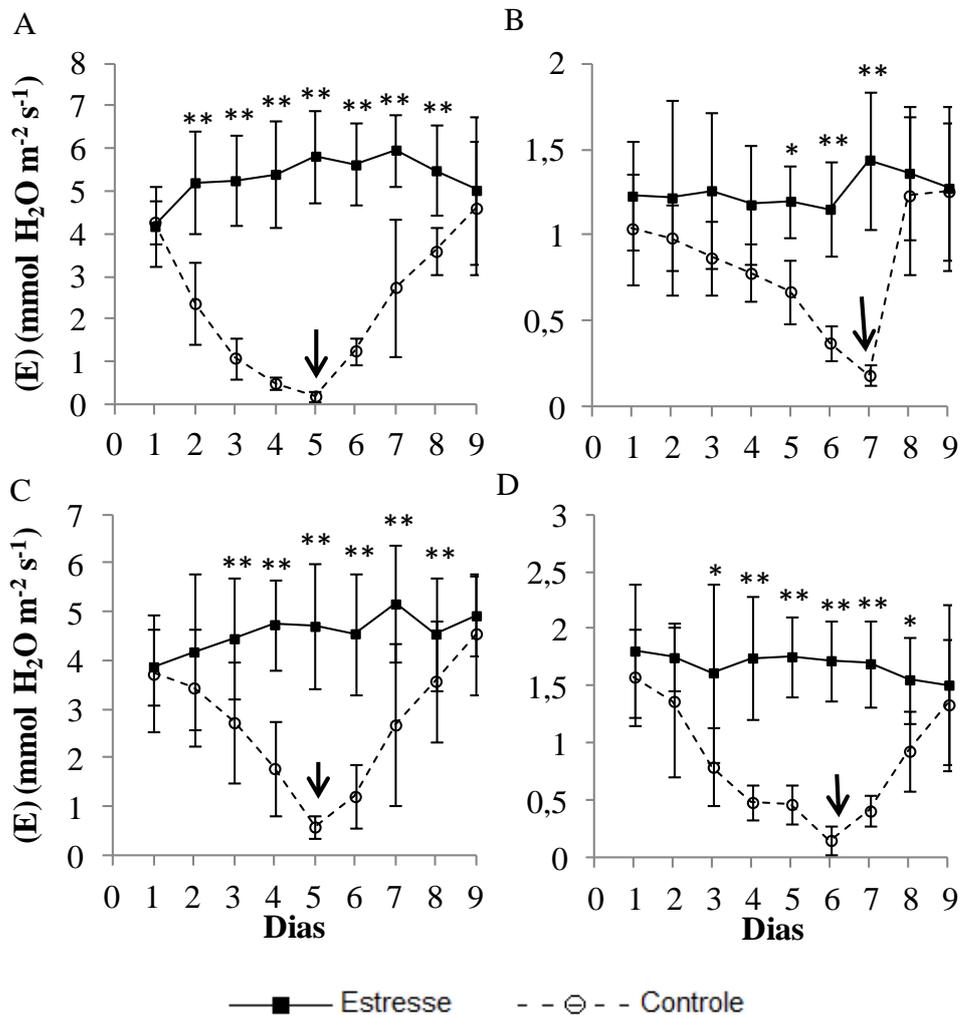


Figura 9 - Efeito da suspensão da irrigação nas plantas de crotalária (A), mussambê (B), malva-branca (C) e trapoeraba (D) sobre a transpiração (E). A seta indica o momento da retomada da irrigação. As barras de erro indicam os intervalos de confiança das médias a 5% de probabilidade. Os asteriscos indicam diferenças significativas entre os regimes hídricos a 1% (**) e 5% (*) de probabilidade.

Comparando as espécies dentro de cada regime hídrico observa-se que, em condições de irrigação diária, a crotalária e a malva-branca apresentaram transpirações superiores que as demais com $5,335$ e $4,576$ $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ respectivamente, em relação ao mussambê ($1,258$ $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e trapoeraba ($1,685$ $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) (Tabela 5). Isso mostra que as plantas

de crotalária e malva-branca pertencem a um grupo de plantas que apresentam altos valores de transpiração e conseqüentemente maior consumo de água do solo, sendo mais competitivas e podendo acarretar maiores prejuízos em uma lavoura, principalmente quando essas espécies estiverem em maior densidade.

Quando submetido ao estresse hídrico, destaca-se principalmente a redução acentuada da transpiração da crotalária e a manutenção da malva-branca em valores maiores de E por mais tempo (Figura 10A), ressaltando a capacidade de competição por água dessa espécie.

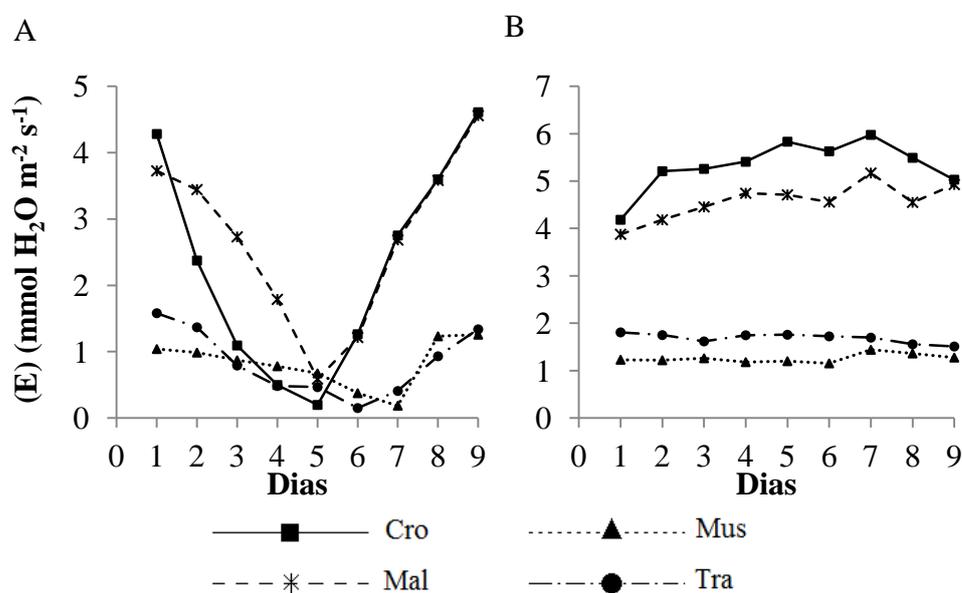


Figura 10 – Transpiração (E) das quatro espécies de plantas daninhas (crotalária, mussambê, malva-branca e trapoeraba), submetidas ao estresse hídrico (A) e sob irrigação (B).

Tabela 5 - Valores médios de Transpiração (E), de quatro espécies de plantas daninhas (crotalária, mussambê, malva-branca e trapoeraba) submetidas a estresse hídrico e sob irrigação.

E (mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹) – Com estresse					
Dias	Espécies				CV (%)
	Crotalária	Mussambê	Malva-branca	Trapoeraba	
1	4,282a	1,040b	3,726a	1,580b	18,96
2	2,374b	0,986c	3,444a	1,368c	21,86
3	1,094b	0,870b	2,731a	0,792b	32,17
4	0,498b	0,781b	1,789a	0,483b	26,78
5	0,198a	0,673a	0,588a	0,466a	24,12
6	1,264a	0,374b	1,214a	0,151b	26,96
7	2,752a	0,186b	2,684a	0,408b	32,27
8	3,598a	1,232b	3,582a	0,931b	19,87
9	4,610a	1,256b	4,558a	1,338b	28,35
E (mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹) – Sob irrigação					
1	4,184a	1,230b	3,878a	1,808b	18,96
2	5,210a	1,219b	4,184a	1,750b	31,86
3	5,258a	1,261b	4,456a	1,617b	32,17
4	5,408a	1,179b	4,744a	1,747b	26,78
5	5,832a	1,200b	4,710a	1,758b	24,12
6	5,630a	1,153b	4,558a	1,723b	26,96
7	5,976a	1,440b	5,170a	1,696b	32,27
8	5,492a	1,362b	4,552a	1,556b	19,87
9	5,030a	1,275b	4,928a	1,510b	28,35
Média	5,335a ±1,03	1,258b ±0,28	4,576a ±0,94	1,685b ±0,28	-

*Os valores representam as médias e intervalos de confiança (\pm) de 4 repetições. Médias seguidas por letras diferentes minúsculas na linha, para cada dia, diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

4.6 CRESCIMENTO

Conforme pode ser observado na Tabela 6 verifica-se diferenças significativas para as variáveis: índice de conteúdo de clorofila das folhas do ápice da parte aérea (ICCfa) e das folhas próximas ao colo da planta (ICCfb), da massa seca da raiz (MSR), do caule (MSC) das folhas (MSF) e total (MST) e área foliar (AF)

Para a crotalária e a malva-branca, o estresse hídrico reduziu o ICCfa e ICCfb para ambas espécies, onde para a crotalária, houve uma redução do conteúdo de clorofila de 16% e 30% nas folhas altas e baixas respectivamente. E para a malva-branca, o conteúdo de clorofila foi reduzido em 34% e 32% nas folhas altas e baixas respectivamente (Tabela 6).

Dessa forma, verifica-se que houve comprometimento do aparelho fotossintético em função da suspensão da irrigação para as espécies crotalária e malva-branca. Segundo Sousa (2012), o estresse hídrico em diversas espécies afeta os pigmentos fotossintéticos, ocasionando problemas na fotoassimilação e conseqüentemente no crescimento e desenvolvimento das plantas.

O teor da clorofila pode ser influenciado tanto por fatores abióticos como bióticos, estando intimamente relacionado com a atividade fotossintética dos vegetais (TAIZ & ZEIGER, 2009). Por isso, com o passar do tempo a redução das clorofilas pode ter sido um fator a mais para potencializar a queda da taxa de fotossíntese (ESPOSTI, 2013).

Para as plantas de mussambê e trapoeraba, os ICCfa e ICCfb não diferiram entre os tratamentos (com e sem estresse hídrico). Dessa forma, O teor de clorofila não é um bom indicador de estresse hídrico em plantas de mussambê e trapoeraba.

Comparando as espécies, para os dois regimes hídricos as plantas de crotalária e malva-branca apresentaram ICCfa e ICCfb superiores às de mussambê e trapoeraba, apresentando provavelmente maior capacidade de realização de fotossíntese, já que a clorofila é o principal pigmento responsável pela absorção da luz na fotossíntese.

A área foliar (AF) foi afetada pela restrição hídrica, no qual o tratamento controle apresentou maior AF em relação ao tratamento com irrigação suspensa para a crotalária e malva-branca (Tabela 6). A redução da área foliar em plantas sob condições de estresse hídrico tem sido observada por diversos autores (OSÓRIO et al, 1998; TATAGIBA, 2007; MARTINS, 2010; BORTOLINI et al, 2011), costuma ser devida à queda de folhas velhas, e tem por objetivo amenizar a perda de água pela transpiração, como estratégia de prevenção à seca. A queda de folhas é considerada reação comum das plantas em situação de deficiência hídrica, quando a abscisão foliar é estimulada pela síntese acentuada e maior sensibilidade ao etileno, sendo uma resposta precoce adaptativa a locais onde há limitação hídrica. A limitação da área foliar pode ser considerada a primeira linha de defesa contra a deficiência hídrica (CHAVES et al, 2004).

Para as plantas de mussambê e trapoeraba, não foram observadas diferenças de AF entre os regimes hídricos, devido principalmente a não ocorrência de folhas murchas e posteriormente abscisão das mesmas, visto que o primeiro e mais sensível efeito ao déficit hídrico, é a diminuição da turgescência (murcha das folhas) e, associado a este evento está a diminuição do processo de crescimento em extensão das células da planta, provocando a diminuição da área foliar (LARCHER, 2006).

Para a massa seca da raiz (MSR), com exceção do mussambê, o estresse hídrico provocou um aumento na MSR, sendo 18, 50 e 34% para as espécies crotalária, malva-branca e trapoeraba respectivamente (Tabela 6).

Uma explicação para isso segundo Kozłowski e Pallardy (2002) é que o estresse hídrico provoca a falta de água disponível para as plantas e as raízes são estimuladas a explorar os espaços no substrato em busca de água, favorecendo o seu aumento. Tal comportamento é importante na manutenção ou aumento da área absorvente na tentativa de diminuir os efeitos da baixa disponibilidade de água no solo.

Para Taiz e Zeiger (2009), o aumento da MSR em condições de estresse hídrico ocorre devido, provavelmente, à estocagem de assimilados na parte subterrânea em resposta da redução da expansão foliar e, conseqüentemente, diminuição de consumo de carbono e energia. As raízes, nessas circunstâncias, tendem a crescer até as camadas mais úmidas do solo até que o suprimento de água seja exaurido no ambiente.

Com relação à massa seca do caule (MSC), não foi observada diferença significativa entre os regimes hídricos para todas as espécies (Tabela 6). Isso é provavelmente devido ao pouco tempo de estresse hídrico, que não foi suficiente para as plantas irrigadas diariamente realizarem fotossíntese capaz de aumentar a MSC das plantas nesse período.

Já a massa seca das folhas (MSF) e a massa seca total (MST), apresentaram o mesmo comportamento da área foliar, com a crotalária e a malva tendo a sua MSF e MST reduzida com o estresse hídrico (Tabela). Resultados semelhantes foram descritos por Santos et al., (2004) onde o déficit hídrico induziu um abortamento das folhas, verificando-se uma redução de 66% da massa foliar e 60% da massa total com quatro dias de estresse em *H. pectinata*.

Como resposta ao déficit hídrico, há a restrição ao acúmulo de biomassa (SILVA, 2004), prejudicando tanto no crescimento inicial das plantas como nos estádios mais tardios, limitando a dimensão das folhas

individuais, o número de folhas, e conseqüentemente a área foliar total, e o crescimento a matéria seca total da planta (MAHAJAN e TUTEJA, 2005).

Tabela 6 - Índice de conteúdo de clorofila das folhas do ápice (ICCfa), Índice de conteúdo de clorofila das folhas da base (ICCfb), massa seca da raiz (MSR), do caule (MSC), das folhas (MSF) e total (MST) e área foliar (AF), submetidos ao estresse hídrico e sob irrigação, ao final do experimento em quatro espécies de plantas daninhas (crotalária, mussambê, malva-branca e trapoeraba).

	Espécies de plantas daninhas			
	Crotalária	Mussambê	Malva-branca	Trapoeraba
ICCfa				
Com estresse	27,67bB	6,98cA	32,35aB	4,80cA
Sem estresse	32,81bA	6,97cA	48,86aA	6,97cA
CV (%)	16,79			
ICCfb				
Com estresse	15,95aB	7,48bA	15,46aB	6,45bA
Sem estresse	22,66aA	7,66bA	22,58aA	8,58bA
CV (%)	24,97			
AF (cm ²)				
Com estresse	351,72aB	160,76cA	231,22bB	264,64bA
Sem estresse	454,52aA	176,21cA	383,88bA	318,86bA
CV (%)	21,16			
MSR (g)				
Com estresse	1,604aA	0,186dA	1,236bA	0,992cA
Sem estresse	1,362aB	0,144cA	0,811bB	0,738bB
CV (%)	12,48			
MSC (g)				
Com estresse	3,745bA	0,726cA	7,759aA	2,926bA
Sem estresse	4,467bA	0,834cA	9,719aA	3,718bA
CV (%)	14,28			
MSF (g)				
Com estresse	3,024aB	0,396dA	1,757bB	0,721cA
Sem estresse	3,938aA	0,428dA	2,538bA	0,980cA
CV (%)	14,76			
MST (g)				
Com estresse	8,374bB	1,307dA	10,753aB	4,638cA
Sem estresse	9,767bA	1,407dA	13,068aA	5,436cA
CV (%)	9,31			

*Médias seguidas por letras diferentes, minúscula na linha e maiúscula na coluna, para cada variável, diferem entre si, pelo teste de T de student a 5% de probabilidade.

4.7 CONSUMO DE ÁGUA DIÁRIO

O consumo de água diário (CAD) apresentou comportamento semelhante à transpiração para todas as espécies estudadas, com redução do CAD em todos os indivíduos que foram submetidos ao estresse hídrico. Para as plantas de crotalária e as de malva-branca que não sofreram estresse hídrico apresentaram CAD de $1042 \pm 107,6$ mL e $844,8 \pm 54,5$ mL, respectivamente, enquanto que, quando submetidas ao estresse hídrico foram necessários dois e três dias respectivamente, para ocorrer uma diminuição no CAD até o quinto dia para ambas espécies, atingindo 54 e 134 mL (redução de 95 e 84%), respectivamente. E após a reidratação, houve a recuperação do CAD, atingindo os valores próximos aos dos tratamentos sem estresse em quatro dias para as duas espécies (Figura 11A e 11C). Já a trapoeraba, quando não foi submetido ao estresse hídrico, apresentou um CAD de $192,3 \pm 31,1$ mL, enquanto que, com a supressão hídrica, ocorreu uma diminuição a partir do terceiro dia de estresse até o sexto dia, atingindo apenas 41 mL, havendo redução de 79%. Após a reidratação, houve aumento no CAD retornando aos valores próximos ao do controle em três dias (Figura 11D). Já o mussambê apresentou CAD de $172,1 \pm 25,3$ mL quando não foi aplicado o estresse hídrico, porém, sem a irrigação, houve queda a partir do quinto dia de estresse até o sétimo dia, atingindo 19 mL (queda de 89%). A partir da reirrigação, o CAD aumentou até atingir valores próximos ao tratamento sem estresse hídrico no dia seguinte (Figura 11B).

Estes resultados mostram que o efeito da deficiência hídrica causou redução no consumo de água diário, provavelmente devido à redução do potencial hídrico do solo, a partir da supressão hídrica, onde esse potencial do solo torna-se mais próximo ou mais negativo do que o potencial das

plantas, restringindo ou impedindo a absorção de água pelas plantas estressadas.

Estes resultados de CAD são coerentes com o que foi observado para as outras variáveis fisiológicas vistas nesse trabalho, em que, em situações de baixa disponibilidade hídrica no solo, todas as espécies tiveram sua absorção de água comprometida e conseqüentemente a diminuição da condutância estomática, da absorção de CO₂, da transpiração e da fotossíntese.

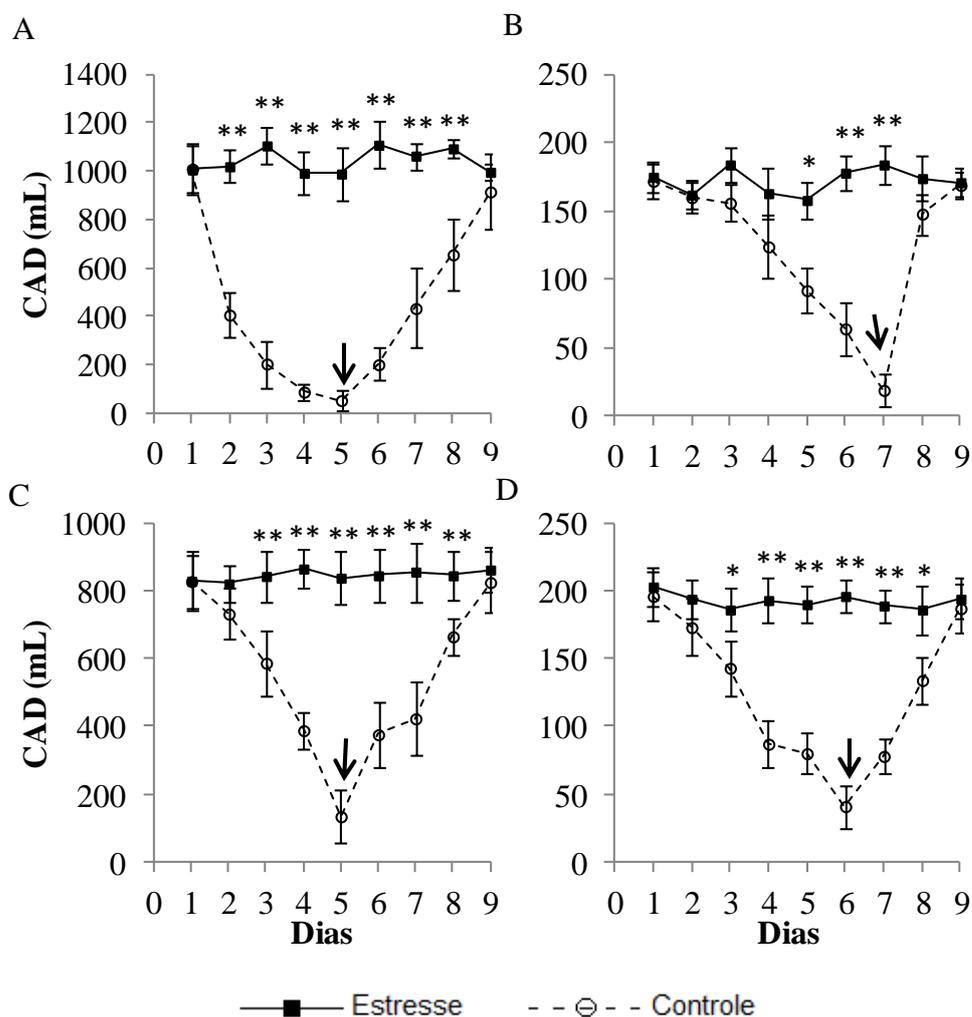


Figura 11 - Efeito da suspensão da irrigação nas plantas de crotalária (A), mussambê (B), malva-branca (C) e trapoeraba (D) sobre o consumo de água diário (CAD). A seta indica o momento da retomada da irrigação. As barras de erro indicam os intervalos de confiança das médias a 5% de probabilidade. Os asteriscos indicam diferenças significativas entre os regimes hídricos a 1% (**) e 5% (*) de probabilidade.

Comparando as espécies dentro de cada regime hídrico observa-se que, em condições de irrigação diária, a crotalária e a malva-branca apresentaram consumo de água diária (CAD) bastante superiores que as demais espécies, com 1042 e 844,8 mL respectivamente, em relação ao mussambê (172,1 mL) e trapoeraba (192,3 mL (Tabela 7).

Dessa forma, destaca-se dentre o grupo das espécies de plantas daninhas avaliadas, a crotalária e a malva-branca, que apresentam altos valores de consumo de água do solo em condições de irrigação diária, podendo-se classificá-las como espécies mais investidoras do que o mussambê e a trapoeraba, e que podem acarretar prejuízos em áreas cultivadas principalmente pela competição de água, que é um recurso indispensável e escasso atualmente.

Quando submetidas ao estresse hídrico, observa-se que ocorre uma redução acentuada do CAD da crotalária, diferentemente da malva-branca que consegue manter valores altos de consumo de água por mais tempo (Figura 12A). Mostrando que a malva é mais competitiva por água do que as demais, ou seja, é um competidor por água mais importante justo na situação mais preocupante, que é em caso de deficiência hídrica.

As espécies de mussambê e trapoeraba se comportam como espécies conservadoras, que não consomem muita água do solo, mas por outro lado, conseguem tolerar o estresse hídrico por mais tempo e se recuperar mais rapidamente após a reidratação.

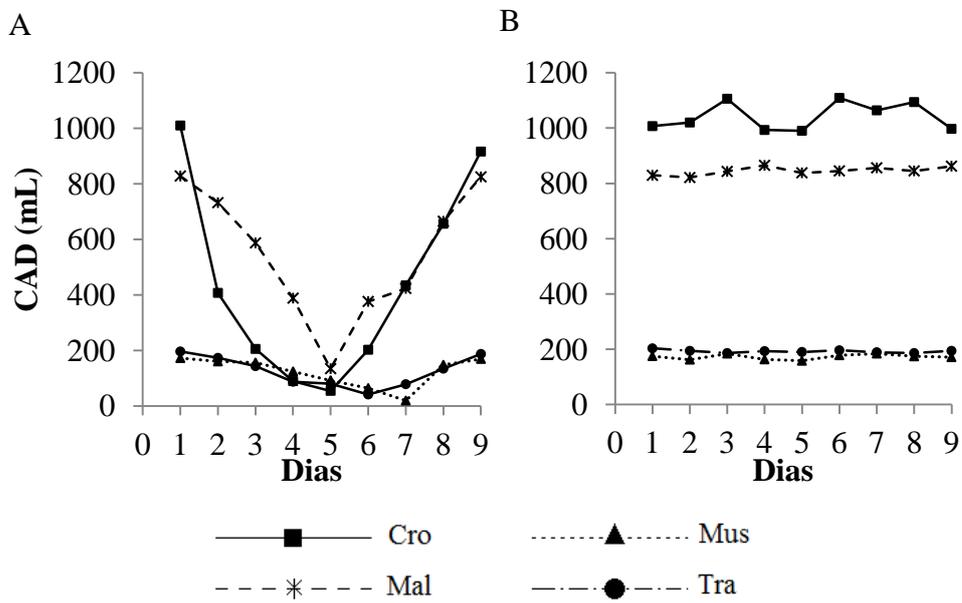


Figura 12 - Consumo de água diário (CAD) das quatro espécies de plantas daninhas (crotalária, mussambê, malva-branca e trapoeraba), submetidas ao estresse hídrico (A) e sob irrigação (B).

Tabela 7 - Valores médios de Consumo de água diário (CAD), de quatro espécies de plantas daninhas (crotalária, mussambê, malva-branca e trapoeraba) submetidas a estresse hídrico e sob irrigação.

Consumo de água diário (mL) – Com estresse					
Dias	Espécies				CV (%)
	Crotalária	Mussambê	Malva-branca	Trapoeraba	
1	1010a	172b	828a	196b	18,82
2	407b	160c	732a	173c	22,84
3	205b	156b	587a	143b	19,42
4	89b	124b	388a	87b	21,41
5	54a	92a	134a	80a	18,02
6	202a	64b	376a	41b	21,13
7	434a	19b	423a	78b	43,93
8	656a	148b	665a	134b	15,99
9	916a	169b	825a	187b	20,62
Consumo de água diário (mL) – Sob irrigação					
1	1007a	175b	829a	203b	10,82
2	1020a	162b	821a	194b	14,84
3	1106a	184b	843a	186b	10,72
4	993a	163b	865a	193b	17,71
5	990a	158b	838a	190b	17,02
6	1109a	178b	845a	196b	11,13
7	1064a	184b	856a	189b	10,93
8	1094a	174b	845a	186b	15,99
9	997a	171b	862a	194b	12,62
Média	1042a	172,1b ±25,3	844,8a ±54,5	192,3b ±31,1	
	±107,6				

*Os valores representam as médias e intervalos de confiança (\pm) de 4 repetições. Médias seguidas por letras diferentes minúsculas na linha, para cada dia, diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

5 CONCLUSÕES

Os resultados permitiram agrupar as plantas em dois grupos quanto ao mecanismo de funcionamento:

1- Trapoeraba e mussambê podem ser consideradas como conservadoras, mantendo o potencial hídrico alto e com baixa transpiração, sendo pouco competitivas por água.

2- Crotalária e malva-branca, medianamente investidoras, capazes de reduzir o potencial hídrico, com valores de abertura estomática mais altos e alto consumo de água implicando em maior potencial de competição por água, podendo acarretar maiores danos às culturas.

Dentre as espécies mais investidoras, em condições de baixa disponibilidade de água, a malva-branca é a mais competitiva por água, pois consegue manter altos valores de consumo de água por mais tempo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ANGELOCCI, L. R. **Água na planta e trocas gasosas/energéticas com a atmosfera: introdução ao tratamento biofísico**. Departamento de Ciências Exatas ESALQ/USP. Piracicaba, p.101, 2002.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. 2ed Jaboticabal: FUNEP, 41p. 2003.

BORTOLINI, F.; DALL'AGNOL, M.; BISSANI, C. A. Características morfofisiológicas associadas à tolerância à seca em sete genótipos da coleção nuclear de trevo branco. **Ciência Rural**, Santa Maria-SC, v. 31, n. 9, p. 1632-1638, 2011.

BRUNINI, O.; CARDOSO, M. Efeito do déficit hídrico no solo sobre o comportamento estomático e o potencial da água em mudas de seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.7, p.1053-1060, 1998.

CARMO FILHO, F. do; ESPINOLA SOBRINHO, J.; MAIA NETO, J. M. **Dados climatológicos de Mossoró: um município semi-árido nordestino**. Mossoró: ESAM, 1991, 121p. (Coleção Mossoroense, 30).

CAMBRAIA, J. Aspectos bioquímicos, celulares e fisiológicos dos estresses nutricionais em plantas. In: NOGUEIRA, R. J. M. C. et al. (Eds.). **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife: UFRPE, 2005. cap. 2, p. 95-104.

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

CORDEIRO, Y. E. M.; PINHEIRO, H. A.; SANTOS-FILHO, B. G. dos; CORRÊA, S. S.; 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, V. C., SANTOS, J. B., FERREIRA, E. A., CABRAL, C. M., SILVA, D. V. e GANDINI, E. M. Anatomia foliar comparativa em espécies de guanxuma. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 30, n.2, p. 341-349, 2012.

DINIZ, M. C. M. M. **Desenvolvimento e rebrota da cunhã (*Clitoria ternatea* L.) sob estresse hídrico, em associação com fungos micorrízicos-*Bradyrhizobium***. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 1999.

DOMBROSKI, J. L. D.; FREITAS, R. M. O.; TOMCZAK, V. E.; PINTO, J. R. S.; FARIAS, R. M. Ecofisiologia de Mudas de Ipê-Roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex. DC.) Mattos) Submetidas a Estresse Hídrico. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 101, p. 155-163, 2014.

DURIGAN, J. C. et al. Manejo integrado da tiririca na produtividade de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 24, n. 1, p. 77-81, 2006.

ESPOSTI, M. S. O. G. **Estresse hídrico em duas espécies arbóreas de diferentes estágios sucessionais**. 2013. 62f. Dissertação (mestrado em Ecologia e Recursos Naturais)- Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes – RJ, 2013.

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

FURLAN, F. H. et al. Spontaneous lysosomal storage disease caused by *Sida carpinifolia* (Malvaceae) poisoning in cattle. **Veter. Pathol.**, v. 46, n. 2, p. 343-347, 2009.

FIGUEIROA, J. M.; BARBOSA, D. C. A.; SIMABUKURO, E. A. Crescimento de plantas jovens de *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae) sob diferentes regimes hídricos. **Acta Botanica Brasilica**, v. 18, n. 3, p. 573-580, 2004.

FLEXAS, J.; MEDRANO, H. Drought-inhibition of photosynthesis in C3 plants: stomatal and non-stomatal limitations revisited. **Annals of Botany**, v.89, p.183-189, 2002.

FREITAS, F. C. L.; MEDEIROS, V. F. L. P.; GRANGEIRO, L. C.; SILVA, M. G. O.; NASCIMENTO, P. G. M. L.; NUNES, G. H. Interferência de plantas daninhas na cultura do feijão-caupi. **Planta daninha**, Viçosa, v.27, n.2, p. 241-247, 2009.

GOMES, M. T. G.; **Respostas ecofisiológicas e bioquímicas do maracujazeiro (*Passiflora Edulis SIMS*) ao déficit hídrico**. 2011. 70f. Dissertação (Mestrado em Biologia vegetal) - Departamento de ciências humanas e naturais, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitoria-ES.

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

GRACIANO, E. S. A. **Estudos fisiológicos e bioquímicos de cultivares de amendoim (*arachis hypogaea L.*) submetidas à deficiência hídrica**. 2009. 68f. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE , Recife – PE.

KOZLOWSKI, T. T. e PALLARDY, S. G. Acclimation and adaptive responses of Woody plants to environmental stresses. **The Botanical Review**, v. 68, n. 2, p. 270-334. 2002.

KRIEG, D. R. Stress tolerance mechanisms in above ground organs. p. 65-79. In: **Proceedings of the Workshop on Adaptation of Plants to Soil Stress**. Nebraska: INTSORMIL, 1993.

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

LAWLOR, D. W. Limitation to photosynthesis in Water – stressed Leaves: Stomata vs. Metabolism and the Role of ATP. **Annals of Botany**, v. 89, p. 871-885, 2002.

LACA-BUENDIA, J. P.; BRANDÃO, M.; GAVILANES, M. L.. Plantas invasoras da cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris L.*) no estado de Minas Gerais. **Acta Botânica Brasílica**, Feira de Santana-BA, v. 3, p. 225-236, 1989.

LOPES, W. A. R. **Análise do crescimento de tomate SM-16 cultivado sob diferentes coberturas de solo**. 2010. 92f. Dissertação (Mestrado em

fitotecnia: Área de concentração em Agricultura Tropical) – Universidade Federal Rural do Semiárido.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. 4 ed. Nova odessa, SP. Instituto Plantaum, 2008.

LISTIK, A. F.; BARROS, M. S.; SILVA, S. C.; ASSUNÇÃO, I. P.; LIRA, M. C. C. P.; LIMA, G. A. Caracterização parcial de um begomovírus de mussambê proveniente do estado de Pernambuco. **Summa Phytopathol.**, Botucatu, v. 32, n. 4, p. 397, 2006.

LOBATO, A. K. S.; OLIVEIRA NETO, C. F.; COSTA, R. C. L.; SANTOS FILHO, B. G.; CRUZ, F. J. R.; LAUGHINGHOUSE, H. D. Biochemical and physiological behavior of *Vigna unguiculata* (L.) walp. under water stress during the vegetative phase. **Asian Journal of Plant Sciences**, v.7, p.44-49, 2008.

LIBERATO, M. A. R.; GONÇALVES, J. F. C.; CHEVREUIL, L. R.; NINA JUNIOR, A. R.; FERNANDES, A. V.; SANTOS JUNIOR, U. M. Leaf water potential, gas exchange and chlorophyll *a* fluorescence in acariquara seedlings (*Minquartia guianensis* Aubl.) under water stress and recovery. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.18, p.315-323, 2006.

LIMA, A. A. F.; SANTANA, R. F.; SILVA, A. D. N. Respostas fisiológicas e bioquímicas de cultivares de feijões comum e caupi submetidas à deficiência hídrica. **Sistema de Gerenciamento de Conferências (OCS)**, V CONNEPI, Maceió-AL, 2010.

MAHAJAN, S.; TUTEJA, N. Cold, salinity and drought stresses: an overview. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, New York, v. 444, n. 2, p. 139-158, 2005.

MARIANO, K. R.; BARRETO, L. S.; SILVA, A. H. B.; NEIVA, G. K. P.; AMORIM, S. Fotossíntese e tolerância protoplasmática foliar em *Myracrodruon urundeuva* fr. all. submetida ao déficit hídrico. **Caatinga**, v.22, n.1, p.72-77, 2009.

MARTINS, F. B.; STRECK, N. A.; SILVA, J. C.; MORAIS, W. W.; SUSIN, F.; VIVIAN, M. A. Deficiência hídrica no solo e seu efeito sobre transpiração, crescimento e desenvolvimento de mudas de duas espécies de eucalipto. **Revista Brasileira de ciência do solo**, v. 32, p. 1297-1306, 2008.

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**, Viçosa-MG, v. 34, n. 5, p. 771-779, 2010.

MACEDO, J. F.; MARTINS, R. P. Potencial da Erva Daninha *Waltheria americana* (Sterculiaceae) no Manejo Integrado de Pragas e Polinizadores: Visitas de Abelhas e Vespas. **An. Soc. Entomol. Brasil**, v. 27, p. 29-40, 1998.

MELO, E. F. **Modificações ecofisiológicas, bioquímicas e anatômicas em cafeeiro progênie sirriema sob deficiência hídrica**. 2008. 73f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal). Departamento de Fisiologia vegetal, Universidade Federal de Lavras, lavras-MG.

MEDRANO, H.; ESCALONA, J.M.; BOTA, J.; GULÍAS, J.; FLEXAS, J. Regulation of photosynthesis of C3 plants in response to progressive drought: stomatal conductance as a reference parameter. **Annals of Botany**, v.89, p. 895-905, 2002.

MONQUERO, P. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; MATAS, J. A.; HEREDIA, A. Caracterização da superfície foliar e das ceras epicuticulares em *Commelina benghalensis*, *Ipomoea grandifolia* e *Amaranthus hybridus*. **Planta Daninha**, v.22, n.2, p.203-210, 2004.

MORGAN, J.M. Osmoregulation and water stress in higher plants. *Annual Review of Plant Physiology*, Bethesda, v 35, p.299-319, 1984.

MOREIRA, H. J. C.; BRAGANÇA, H. B. N. **Manual de identificação de plantas infestantes**: hortifrúti – São Paulo: FMC Agricultural Products, 1017 p., 2011.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; ALBUQUERQUE, M. B. & SILVA, E. C. Aspectos ecofisiológicos de tolerância à seca em plantas da Caatinga In: **Estresses Ambientais: Danos e Benefícios**. NOGUEIRA, R. J. M. C.; ARAÚJO, E. L.; WILLADINO, L. G. e CAVALCANTE, U. M. T. (Org.). (eds) Recife, p. 22-31, 2005.

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

OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. Curitiba, PR: Omnipax, 348 p., 2011.

OLIVIERA, A. D.; FERNANDES, E. J. E & RODRIGUES, T. D.; Condutância Estomática como indicador de estresse hídrico em feijão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.86-95, 2005.

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

OREN, R.; SPERRY, J. S.; KATUL, G. G.; PATAKI, D. E.; EWERS, B. E.; PHILLIPS, N.; SCHAFER, K. V. R. Survey and synthesis of intra- and interspecific variation in stomatal sensitivity to vapour pressure deficit. **Plant, Cell and Environment**, v.22, n.12, p.1515-1526, 1999.

OSÓRIO, J.; OSÓRIO, M. L.; CHAVES, M. M.; PEREIRA, J. S. Water deficits are more important in delaying growth than in changing patterns of carbon allocation in *Eucalyptus globulus*. **Tree Physiology**, Victoria, v.18, n. 6, p. 363-373, 1998.

ORTIZ, M.; SILVA, H; SILVA, P. & ACEVEDO, E. Leaf water parameters of wheat (*Triticum aestivum* L.) and their use in the selection of drought resistant genotypes. **Revista Chilena História Natatural**, v.76, n.2, p.219-233, 2003.

PALLARDY, S. G. **Physiology of woody plants**. 3 ed. San Diego, Elsevier /Academic Press. 454p., 2008

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

PEEVA, V., CORNIC, G. Leaf photosynthesis of *Haberlea rhodopensis* before and during drought. **Environmental and Experimental Botany**, v. 65, n. 2-3, 2009.

PEREIRA, J.S. & PALLARDI, S. Water stress limitation to tree productivity. In: **Biomass production by fast growing trees** (J.S. Pereira & J.J. Landsberg eds.). London, Kluwer Academic. p. 37-56, 1989.

PEREZ, S. C. J. G. A. Crescimento e resistência à seca da algarobeira (*Prosopis juliflora* D.C.) cultivada em solo de cerrado, com ou sem adubo orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, p.287-294, 1998.

PEDROSO, M. O. et al. Doença do armazenamento lisossomal induzida pelo consumo de *Sida carpinifolia* em bovinos do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 30, n. 10, p. 816-826, 2010.

PROCÓPIO, S. O.; SANTOS, J. B.; SILVA, A. A.; MARTINEZ, C. A.; WERLANG, R. C. Características fisiológicas das culturas de soja e feijão e de três espécies de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.22, n.2, p.211-216, 2004.

RODRIGUES, A. C. P.; FILHO, S. I. B. S.; MARTINS, D.; COSTA, N. V.; ROCHA, D. C.; SOUZA, G. S. F. Avaliação qualitativa e quantitativa na deposição de calda de pulverização em *commelina benghalensis*. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 28, n. 2, p. 421-428, 2010.

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

SANTOS, I. B.; CARVALHO, J. S. B. Condutância estomática e produção de biomassa em plantas de *Hyptis pectinata* (L.) Poit. Submetidas à déficit Hídrico. In: XIII Jornada de ensino, pesquisa e extensão. 2013, Recife. **Resumos...** Recife: UFRPE, 2013.

SANTOS, I. C.; FERREIRA, F. A.; MIRANDA, G. V.; SANTOS, L. D. T. Germinação de sementes aéreas e subterrâneas de *Commelina benghalensis*. **Planta Daninha**, v.19, n.2, p.163-170, 2001.

SANTOS, T. T.; SANTOS, M. F.; MENDONÇA, M. C.; SILVA JÚNIOR, C. D.; SILVA MANN, R.; ARRIGONI BLANK, M. F.; BLANK, A. F. Efeito do estresse hídrico na produção de massa foliar e teor de óleo essencial em sambacaitá (*Hyptis pectinata* L.). **Horticultura Brasileira**, v.22, n.1, p.1-4, 2004.

SANTOS, O. O.; FALCÃO, H.; ANTONINO, A. C. D.; LIMA, J. R. S.; LUSTOSA, B. M.; SANTOS, M. G. Desempenho ecofisiológico de milho, sorgo e braquiária sob déficit hídrico e reidratação. **Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 2, p.203-212, 2014

SANT' ANNA, H. L. S. **Aspectos fisiológicos de variedades de citros submetidas à deficiência hídrica progressiva.** 2009. 84p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Curso de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas - BA.

SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; NETO, A. D. A.; BRITO, J. Z.; CABRAL, E. L. Aspectos ecofisiológicos de dez espécies em uma área de caatinga no município de Cabaceiras, Paraíba, Brasil. **Iheringia, serie Botanica**, Porto Alegre-RS, v. 59, n. 2, p. 201-205, 2004.

SILVA, M. A; JIFON, J. L.; DA 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, p.193-201, 2007.

SOARES, I. A. A.; FREITAS, F. C. L.; NEGREIROS, M. Z.; FREIRE, G.M.; AROUCHA, E. M. M; GRANGEIRO, L. C.; LOPES, W. A. R.; DOMBROSKI, J. L. D. Interferência das plantas daninhas sobre a produtividade e qualidade de cenoura. **Planta Daninha**, v. 28, n.2, p. 247-254, 2010.

SOUZA, R. P.; MACHADO, E. C.; SILVA, J. A. B.; LAGOA, A. M. M. 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, p. 45–56, 2004.

SOUZA, N. K. R.; AMORIM, S. M. C.; Crescimento e desenvolvimento de *Physalis angulata* Lineu submetida ao déficit hídrico. **Ciências Agrárias Ambiental**, Curitiba, v. 7, n. 1, p. 65-72, 2009

SOUSA, V. F. **Estudo de rede para compreender as respostas fotossintéticas de cafeeiros em condições de deficiência hídrica.** 2012. 57f. Dissertação (mestrado em Fisiologia Vegetal) Departamento de Fisiologia vegetal, Universidade Federal de Lavras, lavras-MG.

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

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

TUFFI SANTOS, L. D. et al. Efeito do glyphosate sobre a morfoanatomia das folhas e do caule de *Commelina diffusa* e *C. benghalensis*. **Planta Daninha**, v. 22, n. 1, p. 101-107, 2004.

UZILDAYA, B.; TURKANA, I.; SEKMENA, A. H.; OZGURA, R.; KARAKAYA, H. C. Comparison of ROS formation and antioxidant enzymes in *Cleome gynandra* (C4) and *Cleome spinosa* (C3) under drought stress. **Plant Science** v. 182, p. 59– 70, 2012.

VELLINI, A. L. T. T.; PAULA, N. F.; ALVES, P. L. C. A.; PAVANI, L. C.; BONINE, C. A. V.; SCARPINATI, E. A.; PAULA, R. C. Respostas fisiológicas de diferentes clones de eucalipto sob diferentes regimes de irrigação. **Revista Árvore**, v. 32, n. 4, p. 651-663, 2008.

WAHID, A.; CLOSE, T. J. Expression of dehydrins under heat stress and their relationship with water relations of sugarcane leaves. **Biology Plantarum**, v.51, p.104-109, 2007.