UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

ECOFISIOLOGIA DE *Schinus terebinthifolius* Raddi (ANACARDIACEAE) SOB ESTRESSE HÍDRICO

DANIELI PIERETTI NUNES

DOURADOS

MATO GROSSO DO SUL

2016

ECOFISIOLOGIA DE *Schinus terebinthifolius* Raddi (ANACARDIACEAE) SOB ESTRESSE HÍDRICO

DANIELI PIERETTI NUNES

Engenheira Agrônoma, Doutora

Orientadora: Profa. Dra. SILVANA DE PAULA QUINTÃO SCALON

Tese apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, para obtenção do título de Doutora.

DOURADOS

MATO GROSSO DO SUL

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

N972e Nunes, Danieli Pieretti

ECOFISIOLOGIA DE Schinus terebinthifolius Raddi (ANACARDIACEAE) SOB ESTRESSE HÍDRICO / Danieli Pieretti Nunes -- Dourados: UFGD, 2016.

62f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Silvana de Paula Quintão Scalon

Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados.

Inclui bibliografia

1. Pimenta rosa. 2. fotossíntese. 3. déficit hídrico. 4. anatomia foliar. 5. crescimento inicial. I. Título.

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

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

ECOFISIOLOGIA DE *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) SOB ESTRESSE HÍDRICO

Por

DANIELI PIERETTI NUNES

Tese apresentada como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de DOUTORA EM AGRONOMIA

Aprovada em: 23/08/2016

Profa. Dra. Silvana de Paula Quintão Scalon
Orientadora – FCA/UFGD

Profa. Dra. Zildamara dos Reis Holsback
Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul – UEMS

Profa. Dra. Natalia Hilgert de Souza Carnevali
Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul – UEMS

Profa. Dra. Maria do Carmo Vieira
FCA/UFGD

Prof. Dr. Rodrigo Nelson Silva Rezende
FCA/UFGD

À minha Orientadora, Profa. Dra. Silvana de Paula Quintão Scalon com carinho e agradecimento, cuja compreensão e ensinamentos me auxiliaram na condução deste trabalho.
Á Manuela, razão do meu viver, e aos meus pais, Luiz e Suelí e meu irmão, Leonardo pelo amor demonstrado.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Senhor Criador do Universo, me fez digna desta conquista, me dando ânimo e suporte em todos os momentos da minha vida.

À Universidade Federal da Grande Dourados e ao Programa de Pós Graduação em Agronomia, pela oportunidade e pelas condições oferecidas para a condução deste trabalho.

À CAPES, pelo fornecimento da bolsa de estudo que garantiu o sustento financeiro necessário à realização desta tese.

À profa. Dra. Silvana de Paula Quintão Scalon, pelo modelo de ética e profissionalismo, que nesta caminhada sempre esteve ao meu lado.

Aos professores do Programa de Pós Graduação em Agronomia, pelos ensinamentos e dedicação.

Aos funcionários da Jardinocultura, em especial, ao Junior Benites, e às meninas do Laboratório de Nutrição e Metabolismo de Plantas agradeço a colaboração constante.

Aos membros das bancas de qualificação e defesa pelas valiosas contribuições, Antônio Carlos Tadeu Vitorino, Daiane Mugnol Dresch, Lilian Maria Arruda Bacchi e Rosilda Mara Mussury Franco Silva.

À minha filha Manuela, o amor da minha vida e a razão do meu viver, que abriu mão dos momentos valiosos de convivência para que eu pudesse dar mais este passo.

Ao meu pai, minha mãe e meu irmão, meus exemplos de amor e superação que sempre me deram suporte.

Aos amigos, Ricardo, Carla, Mateus, Ligia, Fernanda e Mario, pelo auxilio e torcida.

A todos que me incentivaram, rezaram e se fizeram presentes.

SUMÁRIO

PÁGINA

RESUMO. 11

ABSTRACT. 13

1. INTRODUÇÃO GERAL. 14

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS. 18

CAPÍTULO I

RESUMO. 22

ABSTRACT. 23

1. INTRODUÇÃO. 24

2. MATERIAL E MÉTODOS. 25

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO. 27

4. CONCLUSÕES. 31

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS. 31

CAPÍTULO II

RESUMO. 35

ABSTRACT. 36

1. INTRODUÇÃO. 37

2. MATERIAL E MÉTODOS. 39

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO. 42

4. CONCLUSÕES. 57

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS. 58

LISTA DE QUADROS

CAPÍTULO I PÁGINA

QUADROS 1. Analise de solo (Ca, cálcio; Mg, magnésio; K, potássio; P, fósforo; SB, saturação de bases e CTC, capacidade de troca catiônica). 25

CAPÍTULO II

QUADRO 1. Analise de solo (Ca, cálcio; Mg, magnésio; K, potássio; P, fósforo; SB, saturação de bases e CTC, capacidade de troca catiônica). 39

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I PÁGINA

FIGURA 1. Emergência-E% (a), Índice de velocidade de emergência-IVE (b), Tempo médio de emergência-TME (c) em *Schinus terebinthifolius* Raddi em diferentes capacidades de retenção de água, UFGD, Dourados, 2015. 27

FIGURA 2. Diâmetro do colo-DC mm (a), Número de folhas (b) e índice de clorofila (c) em *Schinus terebinthifolius* Raddi em diferentes capacidades de retenção de água, UFGD, Dourados, 2015. 29

FIGURA 3. Comprimento da parte aérea-CPA cm (a), comprimento de raiz-CR cm (b), Massa seca da parte aérea-MSPA g (c) e índice de qualidade de Dickson-IQD (d) em *Schinus terebinthifolius* Raddi em diferentes capacidades de retenção de água. UFGD, Dourados, 2015.. 30

CAPÍTULO II

FIGURA 1. Fotossíntese-A (a), transpiração foliar-E (b) e eficiência instantânea do uso da água-EUA (c) de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi submetidas ao déficit hídrico intermitente. UFGD, Dourados, MS, 2015.. 43

FIGURA 2. Concentração interna de CO_2-Ci (a), Eficiência instantânea de carboxilação-A/Ci (b), Condutância estomática-Gs (c) e Eficiência intrínseca do uso de água-EIUA (d)de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi submetidas ao déficit hídrico intermitente. UFGD, Dourados, MS, 2015... 44

FIGURA 3. Potencial hídrico instantâneo-Ψω (a), Índice de clorofila-SPAD (b) de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi submetidas ao déficit hídrico intermitente. UFGD, Dourados, MS, 2015. 45

FIGURA 4. Atividade das enzimas superóxido dismutase (SOD), peroxidase (POX) e catalase (CAT) nas folhas (a,c,e) e raízes (b,d,f) de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi submetidas ao déficit hídrico intermitente. UFGD, Dourados, MS, 2015.. 47

FIGURA 5. Comprimento da parte aérea, raiz e total (a), diâmetro do colo (b), número de folhas (c) de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi submetidas ao déficit hídrico intermitente. UFGD, Dourados, MS, 2015.. 49

FIGURA 6. Massa seca da parte aérea (a) e massa seca total (b) e índice de qualidade de Dickson de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi submetidas ao déficit hídrico intermitente. UFGD, Dourados, MS, 2015.. 50

FIGURA 7. Região internervural de folhas de *Schinus terebinthifolius* Raddi submetidas ao déficit hídrico intermitente. Controle (a, c, e, g), Estresse (b, d, f, h) no T_0 (a, e), 1º F_0 (c, d), S/R (e - detalhe do estômato e câmara subestomática da face abaxial-seta), f) e 2º F_0 (g, h). 52

FIGURA 8. Região da nervura central de folhas de *Schinus terebinthifolius* Raddi submetidas ao déficit hídrico intermitente. Controle (a, c, e, g), Estresse (b, d, f, h) no T_0 (a, e), 1º F_0 (c, d), S/R (e, f) e 2º F_0 (g, h). 53

FIGURA 9. Espessura da cutícula adaxial (a, b), epiderme adaxial (c), parênquima paliçádico (d) e lacunoso (e) e feixe vascular (h) de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi submetido ao déficit hídrico intermitente. UFGD, Dourados, MS, 2015. 55

ECOFISIOLOGIA DE *Schinus terebinthifolius* Raddi (ANACARDIACEAE) SOB ESTRESSE HÍDRICO

Autora: Danieli Pieretti Nunes

Orientadora: Profa. Dra. Silvana de Paula Quintão Scalon

RESUMO – No Cerrado observa-se possui variação Temporal na disponibilidade de recursos, principalmente hídricos, que são essenciais na fisiologia da planta. Portanto, para ocupar esses ambientes as plantas apresentam adaptações morfológicas e/ou fisiológicas que asseguram a obtenção e utilização eficiente dos recursos disponíveis nos locais onde elas ocorrem. Assim o objetivo desta pesquisa foi avaliar o desempenho germinativo das sementes, o crescimento inicial e a qualidade das mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) bem como seu metabolismo hídrico e fotossintético, e assim, verificar respostas adaptativas ou de tolerância ao estresse hídrico. No experimento um os tubetes foram irrigados de forma a manter 25, 50, 75 e 100% da capacidade de retenção de água (CRA) e foram mantidos sob cobertura. Para todas as características avaliadas no cap 1. a melhor CRA foi de 75%. No segundo experimento, os vasos foram distribuídos em dois lotes sendo: 1 – Controle, onde a hidratação das plantas ocorreu periodicamente a fim de manter 75% da capacidade de retenção de água e, o tratamento 2 – caracterizado pelo estresse, onde houve a suspensão da irrigação até que a taxa fotossintética apresentasse níveis próximos de zero, quando as plantas foram irrigadas novamente e subsequente irrigação diária por doze dias, mantendo 75% da capacidade de retenção de água seguido de mais um ciclo de suspensão da irrigação e retomada da irrigação. Para avaliar o efeito do déficit hídrico intermitente, no início do experimento, e/ou durante a suspensão da irrigação e reirrigação, e quando as taxas fotossínteticas aproximarem de zero as plantas foram avaliadas em 4 épocas (T_0, 1º F_0, 1º S/R, 2º F_0). O estresse hídrico reduziu significativamente a fotossíntese, a transpiração condutância estomática, a eficiência de carboxilação da rubisco, os teores de clorofila e o número de folhas e consequentemente o crescimento das plantas de *S. terebinthifolius*. As plantas recuperaram a eficiência de carboxilação da rubisco mas não a taxa fotossintética após a reidratação. O índice de qualidade de Dickson não variou nas plantas estressadas sendo maior para as plantas controle. As enzimas antioxidantes aumentaram tanto na parte aérea quanto na raiz em resposta ao estresse. O estresse hídrico reduz significativamente o crescimento e a qualidade das mudas de *S. terebinthifolius* Raddi

que não se recuperaram pós a reidratação. Não houve alteração no número e disposição das camadas dos tecidos, no entanto, houve redução na espessura das estruturas/tecidos foliares com o déficit hídrico.

Palavras-chave: Pimenta rosa, fotossíntese, déficit hídrico, anatomia foliar

ECOLOGY OF Schinus terebinthifolius Raddi (ANACARDIACEAE) UNDER WATER STRESS

Author: Danieli Pieretti Nunes

Adviser: Profa. Dra. Silvana de Paula Quintão Scalon

ABSTRACT - Some temporal variation regarding resources availability is observed in Brazilian Cerrado, especially when it comes to water resources, which are essential to plants physiology. Therefore, in order to occupy this kind of biome, plants show morphological or physiological adaptations that will assure them obtaining and efficient utilization of available resources in the area.The objective of this study was to evaluate seeds germination performance, initial growth and seedling quality of *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae), as well as its water and photosynthetic metabolism, and then, verify the plant's adaptive capacity or the plant's water stress tolerance. In the experiment one, the tubes were irrigated in order to keep 25, 50, 75 and 100% of soil water holding capacity, and they were kept covered. Among all evaluated characteristics in the chapter one, the best soil water holding capacity was 75%. In the second experiment, the vases were distributed in two groups: 1 – Control, in which the plant's hydration occurred periodically in order to keep 75% of soil water holding capacity. 2 – Water stress, in which irrigation was suspended until the rate of photosynthesis was at or near zero, and then they were irrigated again and for the following twelve days, keeping 75% of the soil water holding capacity followed by one more suspension and resuming irrigation cycle. In order to evaluate the effect of intermittent water deficit in the beginning of the experiment, during the suspension and resuming irrigation cycle, and when the rate of photosynthesis was near to zero, the plants were analyzed in four different periods (T0, 1º F0, 1º S/R, 2º F0). The water stress decreased the rate of photosynthesis, the stomatal conductance and transpiration, the rubisco carboxylation efficiency, the chlorophyll content, and the number of leaves. Consequently, it decreased the plant growth of the *S. terebinthifolius* species. Plants recovered their rubisco carboxylation efficiency, but they had not had their rate of photosynthesis increased. The Dickson Quality Index did not vary for water-stressed plants and it was higher for Control plants. The level of antioxidants enzymes increased both in the aerial part and in the roots. The water stress meaningfully reduces growth and quality of *S. terebinthifolius* Raddi seedlings, since they cannot recover after rehydration. There were no alteration in the number and layout of tissue layers; however, it was observed foliar tissue thickness reduction in respond to water deficit.

Key words: Pink pepper, photosynthesis, water deficit, leaf anatomy

INTRODUÇÃO GERAL

No cerrado stricto sensu as árvores são submetidas a seca por grandes períodos o que, associado a altas temperaturas, restringe a ocorrência de espécies florestais nessa fitofisionomia. Por outro lado, nas florestas ciliares e de galeria o solo apresenta alta disponibilidade de água durante todo o ano (KISSMANN et al., 2012; LORENZI (2008) e a ocorrência de determinadas espécies nesta fisionomia parece ser limitada mais pela condição de hipóxia, resultante do alagamento sazonal do solo à qual as raízes são submetidas, do que pela disponibilidade de luz (TEIXEIRA et al., 2011).

Assim em caso de deficiência hídrica continua, esta pode prejudicar o crescimento das plantas, devido à dimuição do potencial hídrico e condutância estomática. Esta redução afeta negatimente a eficiência do uso da água pela planta, dimunuindo a área foliar, altura de plantas e número de folhas. Entretanto as plantas apresentam mecanismos de tolerância adaptando-se a seca, mas estas adaptações variam de espécie para espécie (COSTA e SILVA et al., 2009; COSCOLIN et al., 2011).

Schinus terebinthifolius Raddi é popularmente conhecida como pimenta-rosa, aroeira-pimenteira, aroeira-vermelha, aroeira-mansa, aroeira, aroeira-da-praia, aroeira-do-brejo, fruto-de-sabiá, fruto-de-raposa, cabuí e cambuí (LORENZI, 2002). É oriunda do Peru, Brasil (Mata Atlântica) com ampla distribuição geográfica nas regiões brasileiras, assim como em localidades da África e da Oceania (LUCENA et al., 2007; CARVALHO et al., 2013). É um arbusto de dois a três metros de altura, às vezes arborescentes com até sete a oito metros de altura, com tronco de 30 a 60 cm. Os ramos são eretos ou apoiantes, flexíveis quando novos, pubescentes a vilosos ou glabros. As folhas são compostas, imparipenadas, com pecíolos cilíndricos na parte inferior e mais ou menos alados. As flores são amarelo-pálidas pequenas, dipostas em panículos de 5 a 10 cm de comprimento. Os frutos são aromáticos e de coloração vermelho vivo com 4 a 5 mm de diâmetro (LORENZI e MATOS, 2008).

*S. terebinthifolius*é utilizada por suas propriedades medicinais há muitos anos, sendo seu uso referido desde as primeiras edições da Farmacopéia Brasileira. No Brasil, essa planta é recomendada pelo Sistema Único de Saúde e aprovada como droga feita à base de ervas pela Agência Nacional de Vigilância à Saúde, compondo alguns medicamentos de uso comercial, como géis para tratamento ginecológico (BULLA et al., 2015).

Embora mais frequente ao longo do litoral brasileiro, ela também pode estar presente no interior do Brasil, como evidenciam os trabalhos históricos em relação ao seu uso na região da Amazônia e de Minas Gerais, entre outras localidades (GILBERT e FAVORETO, 2011; CARVALHO et al., 2013). *S. terebinthifolius* se adapta a condições adversas devido a sua capacidade de rebrota e resistência ao fogo, conforme observado na região do Cerrado, pode ser utilizada, quando na forma arbustiva, como barreira contra incendios (BAGGIO, 1988).

Grisi et al. (2010) observou em sua revisão que apesar das propriedades medicinais e fitoquimicas, essa espécies é pouco cultivada no Brasil. Em viveiros, floresce e frutifica no primeiro ano de vida, o que sinaliza retorno financeiro a curto prazo ao produtor. Como é encontrada em diversos ambientes que vão desde as margens de rios e corregos a terrenos secos, apresenta plásticidade ecologica, o que possibilita a espécie ocupar diversos tipos de ambientes e formações florestais. Essa caracteristica da *S. terebinthifolius* favorece e aumenta as chances de cultivo em diferentes regiões brasileiras, tanto para exploração sustentável quanto para recomposição e regeneração de áreas degradadas.

As plantas, durante seu ciclo de vida, nem sempre encontram condições ambientais favoráveis ao seu crescimento e desenvolvimento, o que pode desencadear o estresse (CHAVES FILHO e STACCIARINI-SERAPHIN, 2001).

A disponibilidade de recursos hídricos afetam a produção agrícola e o estabelecimento de plantios diversos, e esse recurso está se tornando cada vez mais escasso, requerendo estudos criteriosos voltados para a racionalização e o uso mais eficiente da água. Assim, a caracterização do estresse hídrico tem se tornado um tema importante para programar a irrigação e selecionar genótipos de plantas mais resistentes ao déficit hídrico (GOMIDE et al., 2007).

Um dos fatores ambientais de estresse é a redução na disponibilidade de água do solo, que ocorre geralmente de maneira gradual na natureza (CHAVES FILHO e STACCIARINI-SERAPHIN, 2001). Diferentes espécies têm desenvolvido muitos mecanismos para sobreviverem à restrição hídrica no solo, evitando-a ou tolerando-a (TAIZ e ZEIGER, 2013), através de modificações morfológicas, histológicas, citológicas e fisiológicas (DICKISON, 2002). Uma das estratégias de resistência ao estresse hídrico é a abscisão foliar, caracterizada pela senescência das folhas, podendo ocorrer essa abscisão mais de uma vez numa única estação (TAIZ e ZEIGER, 2013).

Mecanismos permitem classificar as plantas em três categorias principais: espécies que escapam da seca (rápido desenvolvimento fenológico), espécies que toleram a seca com alto potencial hídrico (evitam a desidratação) e espécies que toleram a seca com baixo potencial hídrico (toleram a desidratação) (VERSLUES et al., 2006).

A deficiência hídrica provoca alterações no desenvolvimento das plantas e da área foliar, e esta última determina o uso da água pelas plantas as quais têmseu potencial de produtividade severamente inibido quando expostas a déficit hídrico (CARLESSO e SANTOS, 1999). Essa deficiência acarreta o fechamento estomático, limita absorção de nutrientes e reduz a eficiência do aparato fotossintético (SILVA et al., 2006).

A capacidade fotossintética é uma característica intrínseca de cada espécie vegetal, sendo que as trocas gasosas mudam durante o ciclo do desenvolvimento do indivíduo e dependem do curso anual e até mesmo do curso diário das flutuações ambientais (LARCHER, 2006),

O processo de abertura e fechamento dos estômatos está relacionado com a intensidade de luz e ao estado de hidratação da folha. Desta forma, representa a causa primária da redução na taxa fotossintética e na taxa de transpiração sob condições de deficiência hídrica, e essa redução é dada pela diminuição na disponibilidade de CO_2 nas câmaras subestomáticas das folhas, causada pelo fechamento dos estômatos. Assim, o decréscimo na disponibilidade hídrica ocasiona queda no potencial de água nas folhas das plantas, levando à perda de turgescência e, consequentemente, à redução da condutância estomática (FLEXAS e MEDRANO, 2002).

Lima-Junior et al. (2005) observaram em plantas de *Cupania vernalis* (Camb.), apresentam altas taxas de fotossíntese e condutância estomática em folhas crescidas sob pleno sol. Em *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) a fotossíntese é nula quando o potencial hídrico da folha cai para -2,7 MPa, (ROCHA e MORAIS, 1997), isto mostra o forte efeito do estado de hidratação da folha na assimilação do carbono.

O funcionamento dos estômatos e a área foliar influenciam no aumento da produtividade do vegetal, não só porque controla a absorção de CO_2 mas também porque determina a interceptação de luz. O potencial de água da folha indica o seu estado energético, sendo que os gradientes explicam os fluxos da água no sistema solo planta-atmosfera (BERGONCI et al., 2000) e as variações no potencial hídrico da folha podem afetar a assimilação do carbono da planta (HSIAO, 1973). Se a planta perde água a uma taxa superior à sua capacidade de absorção e transporte, o potencial hídrico da folha diminui levando ao fechamento dos estômatos e redução da fotossíntese. Estudos relatam

que nos horários mais quentes do dia a condutância estomática diminui a ponto de evitar que o potencial hídrico da folha desça abaixo de níveis considerados críticos para a estabilidade do sistema de transporte de água (TAIZ e ZEIGER, 2013).

O nível mínimo que o potencial hídrico pode atingir durante os horários de transpiração intensa depende tanto de fatores genéticos como de fatores ambientais. Entretanto, em situação de baixa disponibilidade de água no solo as plantas reduzem a perda de água ao reduzir a condutância estomática. Para favorecer a turgescência celular em situações de estresse hídrico, ocorrem ajustes no metabolismo celular, como por exemplo, via o acúmulo de substâncias orgânicas, tais como a prolina (SILVA et al., 2004). Em resposta final ao estresse, observa-se a redução na produção e alocação de matéria seca por influenciar as trocas gasosas de CO_2 e sobre o balanço de carbono (NOGUEIRA, 2001).

As condições de estresse sobre a planta também favorecem a formação de espécies reativas de oxigênio (EROs) nas formas de oxigênio singleto ($^1O_2$), peróxido de hidrogênio (H_2O_2), radical hidroxila ($OH^{\cdot}$) e ânion superóxido (O_2^{-}), que danificam as plantas oxidando pigmentos fotossintéticos, lipídeos de membrana, proteínas e ácidos nucléicos (MITTLER, 2002; GUO et al., 2007).

Para evitar os danos oxidativos, a concentração das EROs é mantida em níveis não tóxicos por meio de mecanismos antioxidantes enzimáticos ou não enzimáticos (GUO et al., 2007). Dentre os mecanismos enzimáticos envolvidos na detoxificação das EROs, destacam-se as dismutases do superóxido (SODs), as catalases (CATs), as peroxidases do ascorbato (APXs) e as peroxidases de fenóis (POXs).Nessas condições o oxigênio (O_2) é completamente reduzido por quatro elétrons transportados ao longo da cadeia fosforilativa, gerando duas moléculas de água. No entanto, uma pequena parcela dos elétrons escapa da cadeia, resultando em uma redução parcial do oxigênio molecular, levando à produção de espécies reativas de oxigênio (ERO), na forma de oxigênio singleto (O_2), peróxido de hidrogênio (H_2O_2), radical hidroxila ($OH^{\cdot}$) e ânion superóxido (O^{-}_2) (MITTLER, 2002).

Nas plantas, as ERO são subprodutos do metabolismo celular regular, mas podem ser produzidas em decorrência de diversas perturbações ambientais, como por exemplo, excesso de luz, seca, temperaturas elevadas e herbicidas (CHO e SEO, 2005). As SODs dismutam o O_2 a H_2O_2 e se localizam principalmente nas mitocôndrias e nos cloroplastos, compartimentos que geram a maior parte das EROs nas células vegetais (APEL e HIRT, 2004).

Alterações na anatomia da folha também constituem aspectos decisivos na capacidade de aclimatação das espécies expostas a diferentes condições de ambiente. Como a lâmina foliar é a estrutura que mais se modifica em resposta às alterações ambientais e constitui o principal sítio na produção de fotoassimilados, a anatomia foliar vem sendo estudada (ELIAS et al., 2003).

Considerando a ampla distribuição de *S. terebinthifolius* e por ser considerada espécie dotada de grande plásticidade ecologica a hipotese deste trabalho é de que as sementes desta espécie germinam e as mudas crescem satisfatoriamente em qualquer condição hidrica.

Desta forma o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho germinativo das sementes, o crescimento inicial e a qualidade das mudas de *S. terebinthifolius* e relacionar as respostas ao metabolismo e respostas metabólicas e anatômicas que possam conferir adaptação em diferentes disponibilidades hídricas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO, C.F.; QUIRINO, Z.G.M.; BRUNO, R.L.A.; Estudo farmacobotânico de partes aéreas vegetativas de aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi, Anacardiaceae) **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v.17, n.1, p.26-35, 2015.

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

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

BULLA, M. K; HERNANDES L.; BAESSO, M. L.; NOGUEIRA, A. C.; BENTO, A. C.; BORTOLUZZI, B.. B; SERRA L. Z.; CORTEZ D. A. Evaluation of Photo protective Potential and Percutaneous Penetration by Photoacoustic Spectroscopy of the *Schinus terebinthifolius* Raddi Extract. **Photochemistry and Photobiology,** v. 91, n. 3, p. 558–566, 2015.

CARLESSO, R.; SANTOS, R. F. Disponibilidade de água às plantas de milho em solos de diferentes classes texturais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n.1, p. 17-25, 1999.

CARVALHO, M. G.; MELO, A. G. N.; ARAGÃO, C. F. S.; RAFFIN, F. N.; MOURA, T. F. A. L. *Schinus terebinthifolius* Raddi: composição química, propriedades biológicas e toxicidade. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 15, n. 1, p. 158-169, 2013.

CHAVES FILHO, J. T.; STACCIARINI-SERAPHIN, E. Alteração no potencial osmótico e teor de carboidratos solúveis em plantas jovens de lobeira (*Solanum lycocarpum* St-Hil.) em resposta ao estresse hídrico. **Revista Brasileira de Botânica**, v.24, n.2. p. 199-204, 2001.

CHO, U. H.; SEO, N. H. Oxidative stress in Arabidopsis thaliana exposed to cadmium is due to hydrogen peroxide accumulation. **Plant Science**, v. 168, p. 113-120, 2005.

COSCOLIN, R. B. D. S.; BROETTO, F.; MARCHESE, J. A.; CAMPO HERMOSO, M.C.; PALADINI, M. V. Effect sof Hydric Deficiencyon Gas Exchange Parameter sand Metabolism of Eucalyptus Grandis Clones. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 23, p. 255-262, 2011.

COSTA E SILVA, J.; BORRALHO, N.M.G.; ARAÚJO, J.A.; VAILLANCOURT, R.E.; POTTS, B.M. Genetic parameters for growth, woodden sityand pulpyield in Eucalyptus globulus. **Tree Genetics e Genomes**, v.5, p.291-305, 2009.

DICKSON, W. C. Integrative plant anatomy. New York: Academic Press, 2000. 533p.

ELIAS, S. R. M.; ASSIS, R. M.; STACCIARINI-SERAPHIN, E.; REZENDE, M. H.; Anatomia foliar em plantas jovens de *Solanum lycocarpum* A.St.-Hil. (Solanaceae). **Revista Brasileira de Botânica,** v.26, n.2, p.169-174, 2003.

FLEXAS, J.; MEDRANO, H. Drought-inhibition of photosynthesis in C_3 plants: stomatal and non-stomatal limitations revisited. **Annals of Botany**, v.89, p.183-189, 2002.

GILBERT, B; FAVORETO, R. *Schinus terebinthifolius* Raddi, **Revista Fitos**, v. 6, n. 1, p. 43-56, 2011.

GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A.; ALEXANDRINO, E. Características estruturais e produção de forragem em pastos de capim-mombaça submetidos a períodos de descanso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** v.42, p.1487-1494, 2007.

GUO, T. R.; ZHANG, G. P.; ZHANG, Y. H. Physiological changes in barley plants under combined toxicity of aluminum, copper and cadmium. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 57, n. 2, p. 182-188, 2007.

HSIAO, T. C. Plant responses to water stresse. **Annual Reiew Plant Physiology**, v.24, p. 519-570, 1973**.**

JUDD, W. S.; CAMPBELL, C. S.; KELLOG, E. A., STEVENS, P. F DONOGHUE, M. J. **Sistemática Vegetal: um enfoque filogenético**. Porto Alegre: Editora Artmed, 2009.

KISSMANN, C.; TOZZI, H. H.; MARTINS, S.; HABERMANN, G. Germination performance of congeneric *Styrax* species fromt Cerrado *sensu lato* area sand their distribution pattern in different physiognomies. **Flora**, v. 207, p. 673-681, 2012.

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

LIMA-JUNIOR, E. C.; ALVARENGA, A. A.; CASTRO, E. M.; VIEIRA, C. V.; OLIVEIRA, H. M. Trocas gasosas, características das folhas e crescimento de plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento. **Ciência Rural**, v. 35, 1092-1097, 2005.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. **Nova Odessa**: Plantarum, 2002. v.2, 368p.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A.; Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas. 2.ed. **Nova Odessa**: Plantarum, 2008. 544p.

LUCENA, R. F. P.; ALBUQUERQUE, U. P.; ARAÚJO, E. L. Does the use-value of woody plant sof the Caatinga (Northe astern Brazil) explaintheir local availability? **Economic Botany**, v. 61, n. 4, p. 347-361, 2007.

MITTLER, R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. **Trends in Plant in Science,** v. 9, p. 405-410, 2002.

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

ROCHA, A. M. S.; MORAES, J. A. P. V. Influência do estresse hídrico sobre as trocas gasosas em plantas jovens envasadas de Stryphnodendron adstringens (Mart.). **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 9 n. 1, p. 41-46, 1997.

SILVA, M. N. P.; VASQUEZ, H. M.; BRESSAN-SMITH, R.; SILVA, F. C., ERBESDOBLER, E. D`A.; JUNIOR ANDRADE, P. S. C.; Eficiência fotoquímica de gramíneas forrageiras tropicais submetidas à deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 1, p. 67-74, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.

TEIXEIRA, A. P.; ASSIS, M. A.; LUIZE, B. Vegetation and environmental heterogeneity relationships in a Neotropical swamp forest in southeastern Brazil (Itirapina, SP). **Aquatic Botany**, v. 94, p.17-2, 2011.

VERSLUES, P. E. AGARWAL M.; KATIYAR-AGARWAL S.; ZHU J.; ZHU J. K.; Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stresses that affect plant water status. **The Plant Journal**, v.45, p.523-539, 2006.

CAPITULO I

EMERGÊNCIA E CRESCIMENTO INICIAL DE *Schinus terebinthifolius* Raddi EM DIFERENTES DISPONIBILIDADES HÍDRICAS

EMERGÊNCIA E CRESCIMENTO INICIAL DE *Schinus terebinthifolius* Raddi EM DIFERENTES DISPONIBILIDADES HÍDRICAS

Autora: Danieli Pieretti Nunes

Orientadora: Profa. Dra. Silvana de Paula Quintão Scalon

RESUMO - *Schinus terebinthifolius* Raddi, é uma espécie indicada como alternativa para o reflorestamento entretanto informações referentes à germinação de suas sementes e crescimento inicial de mudas ainda são escassas. Dessa forma, objetivou-se com esse trabalho avaliar a germinação das sementes e o crescimento inicial de *S. terebinthifolius* nas seguintes disponibilidades hídricas: 25, 50, 75 e 100 de capacidade de retenção hídrica. Aos 60 dias após o início do experimento foram avaliados a porcentagem de emergência, índice de velocidade de emergência, tempo médio de emergência, número de folhas, índice de clorofila, comprimento da parte aérea e de raiz, massa seca da parte aérea, massa seca de raiz e índice de qualidade de Dickson. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com 4 repetições de 50 sementes. Os dados coletados foram submetidos à análise da variância pelo teste F a 5% de probabilidade e as médias ajustadas por equações de regressão. *S. terebinthifolius* apresenta maior emergência, crescimento e qualidade das mudas quando cultivadas em torno de 75% da capacidade de retenção de água. Todas as características avaliadas foram menores a 25% de CRA entretanto o tempo médio de emergência foi menos a 100% CRA.

Palavras-chave: Anarcadiaceae; capacidade de retenção de água; produção de mudas

EMERGENCY AND INITIAL GROWTH OF Schinus terebinthifolius Raddi IN DIFFERENT WATER AVAILABILITIES

Author: Danieli Pieretti Nunes

Adviser: Profa. Dra. Silvana de Paula Quintão Scalon

ABSTRACT - *Schinus terebinthifolius* Raddi is a species indicated as an alternative to reforesting. However, there is a lack of information regarding to seeds germination and initial growth. This way, this study aimed the evaluation of seeds and the initial growth of *S. terebinthifolius* in the water potentials of soil water holding capacity at 25, 50, 75, and 100%. 60 days after the beginning of the treatment, the following aspects were analyzed: plant emergence, plant emergence speed, mean emergence time, leaf number, chlorophyll index, aerial part length, dry matter concentration, root dry matter concentration, and Dickson Quality Index. Four repetitions of 50 seeds were tested in a randomized experimental design. The collected data has its variance tested through the F-Test with 5% probability and the mean deviation was adjusted through regression. The *S. terebinthifolius* showed a higher emergence rate and initial growth and a better seedlings quality when cultivated at 75% of soil water holding capacity. At 25% of soil water holding capacity, lower results were observed; however, the mean emergence time was the lowest with soil water holding capacity at 100%.

Keywords: Anacardiaceae; Soil water holding capacity; seedling production.

INTRODUÇÃO

A água tem importância fundamental na ativação de diferentes processos metabólicos que culminam com a germinação das sementes (ÁVILA et al., 2007). À medida que o teor de água do solo diminui, verifica-se inicialmente a redução da velocidade de germinação e restrições mais severas passam a prejudicar a porcentagem e a velocidade de germinação (MARCOS FILHO, 2012).

O crescimento das plantas superiores também é influenciado pelas condições hídricas e a sensibilidade é maior em situação de carência hídrica comparando-se a qualquer outro fator ambiental capaz de estabelecer situação de estresse, pois, primordialmente a fase de alongamento celular depende da absorção de água (TAIZ e ZEIGER, 2013).

A deficiência hídrica afeta também todos os aspectos do crescimento e desenvolvimento das plantas, podendo influenciar no alongamento e na diferenciação celular em função da redução na turgescência da célula, resultando na diminuição do desenvolvimento da área foliar e na produção e translocação de fotoassimilados para as novas áreas de crescimento (LARCHER, 2006). Sob restrição hídrica o estabelecimento da planta fica comprometido (ENDRES et al., 2010).

Não existe uma única característica fisiológica que seja indicativa de tolerância à seca (NUNES, 2012), pois as respostas das plantas às condições de deficiência hídrica são influenciadas pela espécie, cultivar, tempo de exposição, fatores edáficos, entre outros.

A *Schinus terebinthifolius* Raddi, (Anacardiaceae), conhecida como pimenta-rosa, é uma espécie arbórea encontrada em várias formações vegetais sendo comum em beira de rio e córregos embora cresça também em terrenos secos e pedregosos (LORENZI, 2002; GRISI et al., 2011). O cultivo surge como importante alternativa tanto para o reflorestamento como para produção sustentável de matéria prima para uso como medicamento. Suas sementes quando semeadas logo após a colheita em canteiros com substrato argiloso, apresentam emergência em 10-15 dias, sendo que o seu desenvolvimento é bastante rápido (LORENZI, 2002; BARDDAL et al., 2004). *S. terebinthifolius* possui grande plasticidade ecológica destacando-se a sua utilização em recuperação de matas ciliares e áreas degradadas possuindo grande facilidade de cultivo

e alta rusticidade (SOUZA, 2012), São escassas as informações na literatura que abordem as necessidades hídricas das mudas.

Considerando a ampla distribuição de *S. terebinthifolius* pressupõem-se que suas plântulas emergem e crescem satisfatoriamente em ambientes com deficiência hídrica. Assim no presente estudo as sementes desta espécie foram submetidas a diferentes disponibilidades hídricas com o objetivo de avaliar a emergencia, a crescimento inicial e a qualidade das mudas.

MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos *Schinus terebinthifolius* Raddi foram coletadas a partir de matrizes distribuídas na área urbana do município de Dourados, em Mato Grosso do Sul. Em seguida, foram levados ao Laboratório de Fisiologia vegetal da UFGD, onde foram processados manualmente e as sementes extraídas, selecionadas quanto à integridade, uniformidade e coloração. Posteriormente, as sementes foram lavadas em água corrente para a eliminação do envoltório do fruto e postas em folhas de papel toalha por aproximadamente 30 minutos, após este período as sementes foram trocadas de papel até a retirada total do envoltório do fruto.

As sementes foram levadas a casa de vegetação da Jardinocultura da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA) da UFGD, onde foram semeadas em tubetes de 50 x 190 mm em substrato solo + areia + Bioplant® (2:1:1). O solo utilizado foi o Latossolo Vermelho distroférrico de textura argilosa coletado do horizonte B, a análise química do substrato encontra-se no Quadro 1.

Quadro 1: Análise química do substrato Latossolo Vermelho distroférrico + areia + Bioplant® (1:1:1) utilizado no experimento. Dourados, UFGD, 2015.

Atributos do substrato						
pH[1] água	Ca[2/A] $cmol_c\ dm^3$	Mg[3/A] $cmol_c\ dm^3$	K[4/B] $cmol_c\ dm^3$	P[5/B] $mg\ dm^3$	SB[6] $cmol_c\ dm^3$	CTC[7] $cmol_c\ dm^3$
6,1	3,8	1,9	0,86	36,8	6,56	11,1

[1]pHH_2O: pH em água.[2]Ca: Cálcio - formas trocáveis; [3]Mg: Magnésio- formas trocáveis;[4]K: Potássio- formas trocáveis; [5]P: Fósforo extraídos do substrato por Mehlich; [6]SB: soma de bases; [7]CTC: Capacidade de trocas de cátions; [A]Extrator1NKCL(VETTORI, 1969); [B]Extrator Mehlich1 (BRAGA e DEFELIPO, 1974)

Os tubetes foram submetidos a irrigação de 25, 50, 75 e 100% da capacidade de retenção de água, que foram determinadas segundo Souza et al. (2000), a CRA de 100% foi determinada por meio do conteúdo de água total retida e, posteriormente, escoada após o escoamento e as CRA de 25, 50 e 75%, obtidas por meio de regra de três simples em função do peso. Em seguida, todos os tubetes foram pesados em balança de precisão (0,001 g) e a irrigação individualizada dos mesmos foi realizada a cada dois dias, com água de torneira em quantidade suficiente para atingir o peso pré-estabelecido para cada tratamento. Os tubetes foram mantidos sob cobertura plástico para evitar contato com a água de chuva.

Aos 60 dias após a emergência foram avaliados:

Porcentagem de Emergência (E%): realizada a contagem no 14^0 dia após a semeadura, utilizando-se como critério a emissão de parte aérea (epicótilo).

Índice de velocidade de emergência (IVE): calculado pelo somatório do número de plântulas emersas a cada dia, dividido pelo número de dias decorridos entre a semeadura e a emergência, de acordo com a fórmula de Maguire (1962).

$IVE = (E_1/N_1) + (E_2/N_2) + (E_3/N_3) + ... + (E_n/N_n)$, em que:

IVE = índice de velocidade de emergência,

E_1, E_2, E_3,..., E_n = número de plantas computadas na primeira, segunda, terceira e última contagem;

N_1, N_2, N_3,..., N_n = número de dias da semeadura à primeira, segunda, terceira e última contagem.

Tempo médio de emergência, de acordo com Silva e Nakagawa (1995).

Diâmetro de colo das plantas: foi determinado com auxílio de paquímetro digital e os resultados expressos em mm $planta^{-1}$.

Índice de Clorofila: obtido com auxilio do medidor de clorofila SPAD (Konica Minolta, SPAD 502).

Comprimento da parte aérea e raiz primária: mensurado com auxilio de uma régua graduada e os resultados expressos em centímetros (cm).

Massa seca da parte aérea e raiz: obtidas a partir as plantas secas em estufa regulada a 60ºC por 48 horas, e posteriormente medida em balança analítica de precisão (0,001g) e os resultados expressos em gramas (g).

Índice de qualidade de Dickson (IQD): foi calculado segundo a metodologia utilizada por Dickson et al. (1960), em que IQD = MST/(CPA/DC +

MSPA/MSR) onde: MST = Massa seca total, CPA = Comprimento da parte aérea, DC = Diâmetro do colo, MSPA = Massa seca da parte aérea, MSR = Massa seca de raiz.

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado com 4 repetições de 50 sementes. Os dados coletados foram submetidos à análise da variância pelo teste F a 5% de probabilidade e havendo efeito estatisticamente significativo as médias foram ajustadas por equação de regressão, com o auxílio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As diferentes capacidades de retenção de água no solo afetaram, significativamente, todas as características avaliadas (Figuras 1, 2, 3, e 4). Os maiores valores de porcentagem de emergência (43%), índice de velocidade de emergência foram obtidos na CRA de 73% e 25%, respectivamente. O tempo médio de emergência apresentou uma tendência linear de redução, sendo a menor aos 100% CRA (Figura 1 a, b e c).

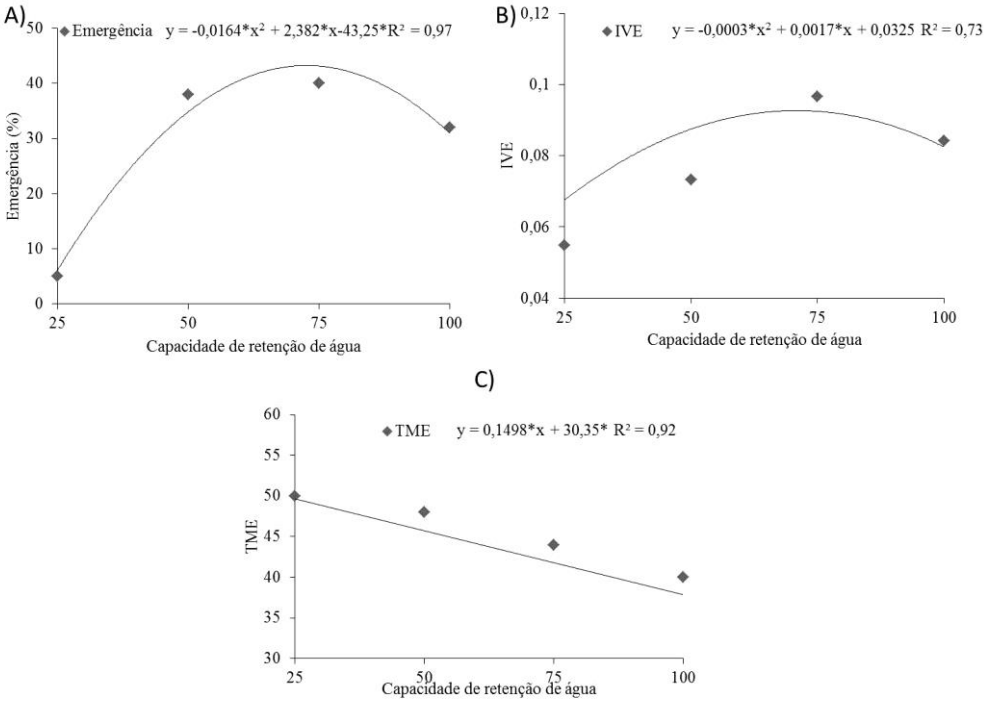


Figura 1: Emergência-E% (a), Índice de velocidade de emergência-IVE (b), Tempo médio de emergência-TME (c) em *Schinus terebinthifolius* Raddi em diferentes capacidades de retenção de água, Dourados, UFGD, 2015.

Durante o processo de germinação, a absorção de água é necessária para a ativação do metabolismo das sementes, levando a uma sucessão de eventos que culminam com a protrusão da raiz primária (YANG et al. 2010). A restrição hídrica causa redução do crescimento ao diminuir a expansão celular devido à desidratação do protoplasto e aumento na concentração de solutos (MARTINS et al., 2010).

No entanto, solos encharcados limitam a difusão de oxigênio e podem prejudicar a germinação (KOLB e JOLY 2010). Como as sementes da maioria das plantas superiores requerem oxigênio para a germinação (MARCOS FILHO, 2005), isto pode explicar porque a 100% de CRA o processo de emergência foi menor.

De maneira semelhante, sementes de outras espécies nativas no Cerrado, como *Eugenia pyriforme* (SCALON e JEROMINE, 2013) e *Campomanesia adamantium* (DRESCH et al., 2016) também apresentaram redução de emergência quando submetidas a 100% CRA, o que foi atribuído à redução da aeração no substrato desencadeado pelo excesso de água levando a uma situação de estresse.

O diâmetro do coleto (0,9465 mm), número de folhas (5 folhas) e índice de clorofila (30,6), foram maiores sob as CRAs de 70% 78% e 86%, respectivamente proporcionaram os maiores resultados (Figuras 2a, b e c).

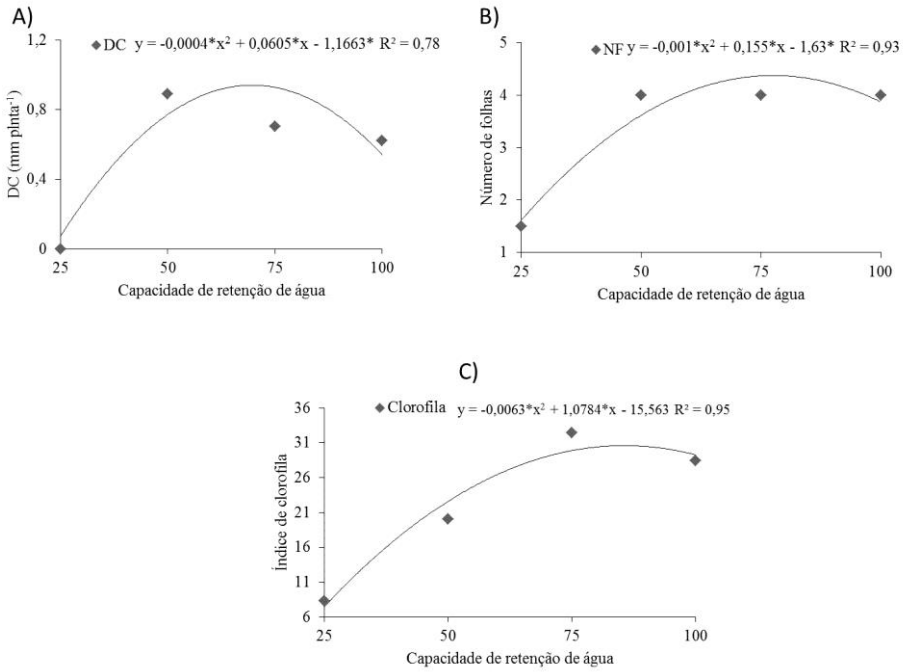


Figura 2: Diâmetro do colo-DC mm (a), Número de folhas (b) e índice de clorofila (c) em *Schinus terebinthifolius* Raddi em diferentes capacidades de retenção de água, Dourados, UFGD, 2015.

O maior crescimento em diâmetro do colo é desejável pois com maior diâmetro a possibilidade de formação de um sistema radicular mais bem desenvolvido aumenta também (SCALON et al., 2002; CAMPOS e UCHIDA, 2002) o que facilita a fixação da planta no solo e absorção de água e nutrientes. A redução no índice de clorofila é esperado em condições hídricas, assim menor disponibilidade hídrica afetou o metabolismo das plantas uma vez que, observa-se na literatura que sob restrição hídrica a síntese de clorofila tende a ser menor levando a menor síntese desse pigmento fotossintético (DIN et al., 2011; DALMOLIN, 2013) o que pode prejudicar o desenvolvimento da planta ao minimizar a atividade fotossintética. O conteúdo de clorofila tem sido utilizado para diferenciar plantas tolerantes ou susceptíveis ao déficit hídrico (O`NEILL et al., 2006).

O comprimento de parte aérea (4,40 cm), raiz (9,91 cm), massa seca da parte aérea (0,0190 g) e o índice de qualidade de Dickson (0,005643) apresentaram valores máximos nas CRA de 82%, 69%, 81% e 93%, respectivamente (Figura 3a, b e c). A massa seca da raiz não apresentou diferença estatística sendo que a média geral foi de 0,0073g.

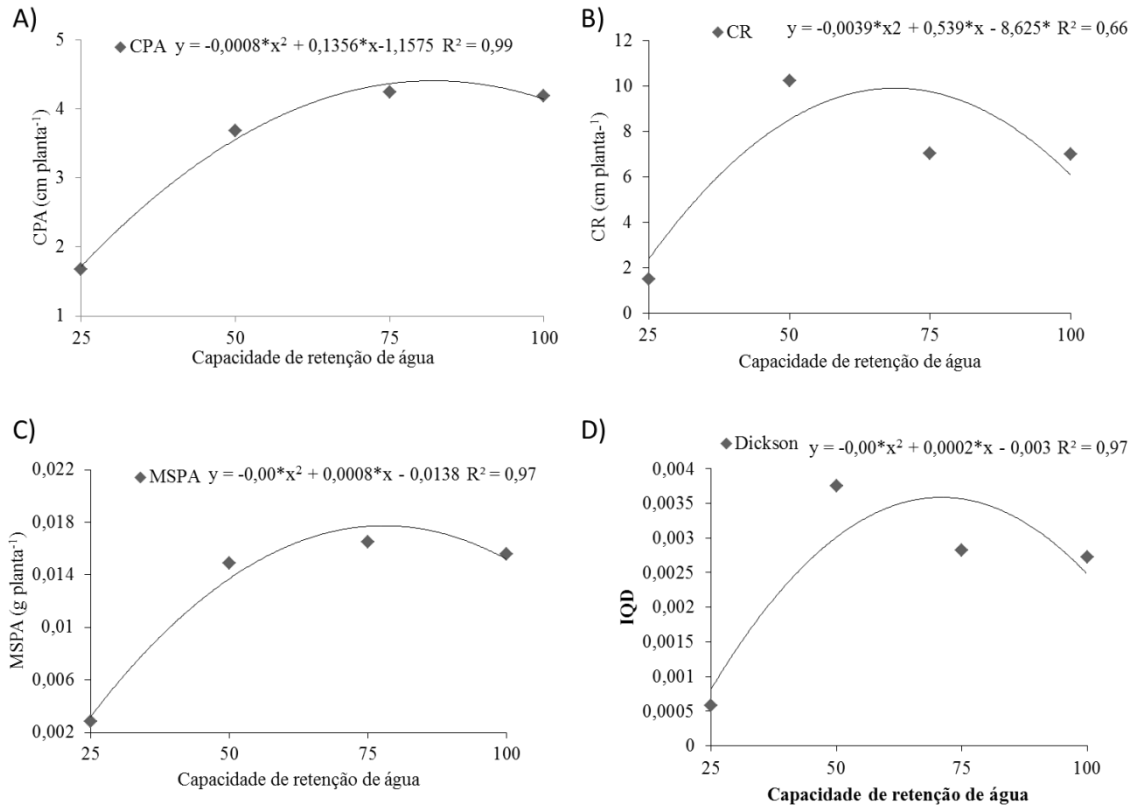


Figura 3: Comprimento da parte aérea-CPA cm (a), comprimento de raiz-CR cm (b), Massa seca da parte aérea-MSPA g (c) e índice de qualidade de Dickson-IQD (d) em *Schinus terebinthifolius* Raddi em diferentes capacidades de retenção de água. Dourados, UFGD, 2015.

Sob restrição hídrica mais severa (25% CRA) as plantas apresentaram menor crescimento tanto da parte aérea quanto radicular o que pode ser devido a menor produção de fotoassimilados embora está característica não tenha sido avaliada. Isso é devido a menor ativação e eficiência Rubisco, além de menor expansão celular e dos tecidos, o que dificulta o processo de crescimento (TAIZ e ZEIGER, 2013).

Entretanto, quando a restrição hídrica não foi tão severa, a arquitetura radicular e sua capacidade de explorar as camadas mais úmidas do substrato, e assim a manutenção da continuidade do crescimento radicular, depende da manutenção de uma pressão de turgor mínima nas células, que fosse suficiente para permitir o alongamento da parede celulósica e o crescimento celular. Quando o potencial da água é reduzido nas raízes, pode-se verificar em várias espécies um rápido ajuste osmótico, auxiliando o restabelecimento da pressão de turgor e permitindo a manutenção do alongamento celular.

Em contraste, o ajuste osmótico nas folhas ocorre mais lentamente, levando à diminuição ou à parada da extensão das paredes celulares e ao menor crescimento da parte aérea (HSIAO e XU, 2000).

O IQD indica robustez da muda e quanto maior o seu valor, melhor a qualidade (BERNARDINO et al., 2005; MELO e CUNHA, 2008).

Embora *S. terebinthifolius* seja uma espécie de alta rusticidade e plasticidade fenotípica (GRISI, 2010), com ampla distribuição e ocorrência, suas mudas, na fase inicial do crescimento (60 dias após a emergência), respondem favoravelmente a uma maior disponibilidade hídrica (75% CRA). Entretanto não toleram excesso de água (100% CRA) e nem tão pouco o déficit hídrico, condições que podem ser consideradas estressantes tanto para emergência das plântulas quanto para o crescimento.

CONCLUSÃO

S. terebinthifolius apresenta maior emergência, crescimento e qualidade das mudas quando cultivadas em torno de 75% da capacidade de retenção de água.

Todas as características avaliadas foram menores a 25% de CRA, entretanto o tempo médio de emergência foi menor a 100% CRA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AVILA, M. R.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.. Teste de comprimento de plântulas sob estresse hídrico na avaliação do potencial fisiológico das sementes de milho. **Revista Brasileira de sementes,** v. 29, n. 2, p. 117-124. 2007.

BARDDAL, M. L.; RODERJAN, C.V.; GALVÃO, F.; CURCIO, G. R. Caracterização florística e fitossociológica de um trecho sazonalmente inundável de floresta aluvial, em Araucária, PR. **Ciência Florestal,** v.14, p.37-50, 2004.

BERNARDINO, D. C. S.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M.; MARQUES, V. B. Crescimento e qualidade de mudas de Anadenanthera macrocarp (Benth.) em resposta à saturação por bases do substrato. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, p. 863 - 870, 2005.

CAMPOS, M. A. A, UCHIDA, T.; Influência do sombreamento no crescimento de mudas de três espécies amazônicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 281-288, 2002.

DALMOLIN, Â. C. **Relações hidricas, trocas gasosas e anatomia foliar de *Vochysia divergens* Pohl., espécie invasora no pantanal mato-grossense**. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Cuiabá, 2013.106p.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality apprasial of withe spruce and White pine seedling stock in nurseries.**Forest Chronicle**, v.36, p. 10-13, 1960.

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

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

ENDRES, L.; SOUZA, J. L. de; TEODORO, I.; MARROQUIM, P. M. G.; SANTOS, C. M. dos; BRITO, J. E. D. de Gas exchange alteration caused by water deficit during the bean reproductive stage. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 1, p. 11-16, jan., 2010.

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

GRISI, F. A. Aspectos fisiológicos de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) sob níveis distintos de saturação hídrica em ambiente protegido e área ciliar em processo de recuperação. **Tese de doutorado**, Universidade Federal do Paraná, 2010. 126p.

HSIAO, T. C.; XU, L. K. Sensitivity of grow thof roots versus leaves towater stress: bio physical analysis andrelationto water transport. **Journal of Experimental Botany, Oxford,** v. 51, n. 350, p. 1595-1616, 2000.

KOLB, R. M.; JOLY, C. A. Germination andana erobic metabolismo of seeds of *Tabebuia cassinoides* (Lam.) DC subject edto flooding andanoxia. **Flora,** n. 205, p. 112–117, 2010.

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

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. **Nova Odessa**: Plantarum, 2002. v.2, 368p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 3. ed., v.1. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 1998. 351p.

MARCOS FILHO, J.; **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas.** Piracicaba-SP: FEALQ, 2005. 495 p.

MARTINS, M. O.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; AZEVEDO NETO, A. D.; SANTOS, M. G. Crescimento de plantas jovens de Nim-Indiano (*Azadirachta indica* a. juss. - Meliaceae) sob diferentes regimes hídricos. **Revista Árvore**, v. 34, n. 5, p.771-779, 2010.

MELO, R. R.; CUNHA, M. C. L.; RODOLFO JÚNIOR, F.; STANGERLIN, D. M. Crescimento inicial de mudas de Enterolobium contortisiliquum (Vell.) Morong. sob diferentes níveis de Luminosidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.3, p.138-144, 2008.

NUNES, A. S. **Termometria por infravermelho como indicador de estresse hídrico em plantas de feijão-caupi**. 2012. 61f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2012.

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

SCALON, S. P. Q; MUSSURY, R. M; RIGONI, M. R; VERALDO F.; Crescimento inicial de mudas de espécies florestais nativas sob diferentes níveis de sombreamento. **Revista Árvore**. v. 26, p. 1-5, 2002.

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

SILVA, M. de A.; PINCELLI, R. P. Alterações morfofiosiológicas na cana-de-açúcar em resposta à deficiência hídrica. In: CRUSCIOL, C. A. C.; SILVA, M. de A.; ROSSETO, R.; SORATTO, R. P. **Tópicos em Ecofiosiologia da Cana-de-Açúcar.** FEPAF. p. 43-48, 2010.

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

SOUZA, D.C.L. **Diversidade genética, produção de frutos e composição química em** S*chinus terebinthifolius Raddi***.** 2012. 113f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Sergipe, Sergipe. 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.

VETTORI, L. **Métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro: Equipe de pedologia e fertilidade do solo, 1969. 24 p. (Boletim técnico, 7).

YANG X.; DONG, M.; HUANG, Z. Role of mucilage in the germination of *Artemisia sphaerocephala* (Asteraceae) achenes exposed to osmotic stress and salinity. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 48, p. 131-135, 2010.

CAPITULO II

CRESCIMENTO INICIAL, METABOLISMO FOTOSSINTÉTICO, ANATOMIA FOLIAR E ENZIMÁTICO DAS MUDAS DE *Schinus terebinthifolius* Raddi SOB DÉFICIT HÍDRICO

CRESCIMENTO INICIAL, METABOLISMO FOTOSSINTÉTICO, ANATOMIA FOLIAR E ENZIMÁTICO DAS MUDAS DE *Schinus terebinthifolius* Raddi SOB DÉFICIT HÍDRICO

Autora: Danieli Pieretti Nunes

Orientadora: Profa. Dra. Silvana de Paula Quintão Scalon

RESUMO – *Schinus terebinthifolius* Raddi é uma espécie arbórea que pode ser utilizada em recuperação de áreas degradas, sendo uma espécie de rápido crescimento com um sistema radicular bem expansivo o que facilita captar águas nas camadas mais profundas do solo. Desta forma mudanças adaptativas morfológicas, anatômicas e fisiológicas também são observadas e podem ser facilmente detectadas nas folhas. Alterações na anatomia da folha também constituem aspectos decisivos na capacidade de aclimatação das espécies expostas a diferentes condições de ambiente. O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento inicial, metabolismo fotossintético, enzimático e respostas anatômicas das mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi sob condições de déficit hídrico. O experimento foi realizado em casa de vegetação sob cobertura plástica onde os vasos foram distribuídos em dois lotes sendo: 1 – Controle, onde a hidratação das plantas manteve 75% da capacidade de retenção de água e o lote 2 - Estresse, onde a suspensão da irrigação foi mantida até que a taxa fotossintética apresentasse níveis próximos de zero seguida de reidratação por 12 dias e nova suspensão da irrigação. No início do experimento e na suspensão da irrigação e reidratação, as plantas foram avaliadas quanto a características enzimáticas, pontecial hidrico e trocas gasosas. As características avaliadas, foram de crescimento, metabolismo fotossintético, enzimático e respostas anatômicas, o experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial foi de 2 regimes hídricos (Controle e estresse por deficit hidrico) x 4 épocas de avaliação (T_0, 1º F_0, 1º S/R, 2º F_0), com 4 repetições de 10 mudas cada. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade e, havendo efeito estatisticamente significativo as médias referentes aos regimes hídricos foram submetidas ao teste t e as épocas de avaliação e sua interação com os regimes hídricos ao teste de Scott-Knott com o auxílio do programa estatístico Sisvar. O estresse hídrico reduz significativamente o crescimento, a qualidade das mudas, a fotossíntese, a transpiração, condutância estomática, a eficiência de carboxilação da rubisco, os teores de clorofila e o número de folhas e consequentemente diminuiu crescimento das plantas de *Schinus terebinthifolius* Raddi. As plantas recuperaram a eficiência de carboxilação da rubisco mas não a taxa fotossintética após a reidratação. Para o índice de qualidade de Dickson não variou nas plantas estressadas sendo maior para as plantas controle. As enzimas antioxidantes aumentaram tanto na parte aérea quanto na raiz em resposta ao estresse. Não houve alteração no número e disposição das camada dos tecidos, no entanto, houve redução na espessura das estruturas/tecidos foliares com o déficit hídrico.

Palavras-chave: Fotossíntese, estresse hídrico, metabolismo das plantas, produção de mudas, árvore nativa.

INITIAL GROWTH, PHOTOSYNTHETIC METABOLISM, FOLIAR AND ENZYMATIC ANATOMY OF *Schinus terebinthifolius* Raddi SEEDLINGS UNDER WATER SCARCITY

Author: Danieli Pieretti Nunes

Adviser: Profa. Dra. Silvana de Paula Quintão Scalon

ABSTRACT - *Schinus terebinthifolius* Raddi is an arboreal plant that can be used in degraded lands, since it is a species with a rapid growth rate and a well-developed root system, which helps the water absorption in deep layers of the soil. This way, morphological, anatomic, and physiological adaptive changes can be easily observed in the leaves. Anatomic changes in the leaves are also decisive aspects in the species acclimatization exposed to different environment condition. The objective of this study was to evaluate initial growth, photosynthetic metabolism and anatomic responds of *Schinus terebinthifolius* Raddi seedlings under water scarcity conditions. The experiment was run in a greenhouse with plastic coverage, in which the samples were divided in two groups: 1 – Control, in which the plant's hydration was at 75% of soil water holding capacity. 2 – Water stress, in which irrigation was suspended until the rate of photosynthesis was at or near zero, and then they were irrigated again and for the following twelve days followed by one more suspension and resuming irrigation cycle. At the beginning of the experiment and during the suspension and resuming of irrigation, plants were evaluated regarding the enzymatic characteristics, water potential, and gas exchange. The following characteristics were evaluated: growth, photosynthetic and enzymatic metabolism, and anatomic responds. The test was run in a randomized experimental design in a factorial design of two water regime (Control and Water stress) in four periods (T_0, 1º F_0, 1º S/R, 2º F_0), with four repetition of ten seedlings each. The collected data was tested to variance to 5% probability and, if there was occurrence of meaningful statistical effect, the average data was tested through T-Test, while the periods related to water regime were tested through Scott-Knott using the software Sisvar. The water stress decreased the growth, the seedlings quality, the rate of photosynthesis, the stomatal conductance and transpiration, the rubisco carboxylation efficiency, the chlorophyll content, and the number of leaves. Consequently, it decreased the plant growth of the S. terebinthifolius Raddi. Plants recovered their rubisco carboxylation efficiency, but they had not had their rate of photosynthesis increased. The Dickson Quality Index did not vary for water-stressed plants and it was higher for Control plants. The level of antioxidants enzymes increased both in the aerial part and in the roots. There were no alteration in the number and layout of tissue layers; however, it was observed foliar tissue thickness reduction in respond to water deficit.

Keywords: Photosynthesis, water stress, plant metabolism, seedling production, native tree

INTRODUÇÃO

Schinus terebinthifolius Raddi (Anacardiaceae) é conhecida como aroeira-vermelha e aroeira-pimenteira, principalmente pela aparência de seus frutos e por ser usado como condimento alimentar. A casca do caule é utilizada para combater inflamações de várias origens, principalmente as do sistema genital feminino, pois apresentam, entre outras, propriedades anti-inflamatórias e cicatrizantes (LORENZI e MATOS, 2008; AMORIM e SANTOS, 2003). Além das suas propriedades medicinais, essa espécie é comumente usada na arborização de ruas e praças e na produção de lenha e carvão. A madeira é bastante resistente, sendo usada como cerca viva, além de ser uma das espécies mais procuradas pela avifauna (CARMELLO-GUERREIRO e PAOLI, 2002; AZEVEDO et al.; 2015). Encontrada no Brasil do litoral de Pernambuco ao Rio Grande do Sul (OLIVEIRA e ARAÚJO, 2007) além da região da Amazônia e Minas Gerais (GILBERT e FAVORETO, 2011; CARVALHO et al., 2013). São escassas as informações sobre a ecofisiologia do crescimento dessa espécie.

O plantio de árvores é apenas um dos primeiros passos rumo à recuperação de áreas degradadas e o uso de espécies de rápido crescimento é uma alternativa para a formação de uma estrutura florestal (SABBI et al., 2010).

Alterações nos fatores abióticos afetam sobretudo a atividade fisiológica das plantas em suas diferentes fases de crescimento. Fatores como alta irradiância e baixa disponibilidade hídrica ou nutricional tornam mais difícil o sucesso no estabelecimento das plantas na fase juvenil (GONÇALVES et al., 2005; SANTOS JUNIOR et al., 2006).

O estresse hídrico por escassez de água ocorre quando a baixa disponibilidade de água afeta os processos fisiológicos, como transpiração, fotossíntese, abertura estomática, produção de ácido abscísico (COSTA e MARENCO, 2007; MELCHER et al., 2009; SEKI et al., 2007). Não existe um mecanismo universal de resistência à seca, pois as plantas respondem através de vários processos adaptativos à escassez de água como, por exemplo, através da capacidade de reduzir o potencial hídrico, aliada a adaptações morfológicas, anatômicas e fisiológicas (NOGUEIRA et al., 2005; SAIBO et al., 2009; DAMAYANTHI et al., 2010; ANJUN et al., 2011; ASHARAF e HARRIS, 2013).

O estresse pode acarretar o acúmulo de espécies reativas de oxigênio (EROs) nas células vegetais, o que desencadeia a produção de enzimas antioxidantes como a superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), peroxidase do ascorbato (APX), deihidroascobato redutase (DHAR) e polifenoloxidase (PPO), entre outras, as quais

representam uma linha de defesa para superar o estresse para superar o estresse e retomada do metabolismo normal (SOARES e MACHADO, 2007; ALI e ASHRAF, 2011; KARUPPANAPANDIAN et al., 2011).

O déficit hídrico permanente ou temporário limita o crescimento e a distribuição da vegetação natural e o desempenho das plantas. Embora pesquisas e práticas destinadas a melhorar a resistência das plantas ao estresse hídrico sejam desenvolvidas, esse mecanismo ainda não está claro e assim maior compreensão da fisiologia e biologia molecular das relações planta-água e tolerância ao estresse hídrico podem melhorar significativamente a produtividade da planta e a qualidade ambiental (SHAO et al., 2008).

Em resposta ao estresse hídrico, as plantas apresentam expansão celular do tecido radicular induzida pelo ABA, maior massa seca radicular devido à maior translocação e armazenamento de assimilados na parte subterrânea em resposta à redução da expansão foliar com redução da área foliar (SCALON et al, 2011; CARVALHO et al., 2012; MAR et al, 2013; TAIZ e ZEIGER, 2013) e consequentemente aumento da razão entre biomassa da raiz e parte aérea (VERMA et al, 2012).

Mudanças adaptativas morfológicas, anatômicas e fisiológicas também são observadas (WANG et al., 2003; KUTLU et al., 2009) e podem ser facilmente detectadas nas folhas. Alterações na anatomia da folha também constituem aspectos decisivos na capacidade de aclimatação das espécies expostas a diferentes condições de ambiente (SCHLUTER et al., 2003). Como a lâmina foliar é a estrutura que mais se modifica em resposta às alterações ambientais e constitui o principal sítio na produção de fotoassimilados, a anatomia foliar vem sendo muito estudada (ELIAS et al., 2003).

Considerando a ampla distribuição de *S. terebinthifolius*, acreditamos que ela seja tolerante ao déficit hídrico, e assim neste estudo buscamos avaliar o crescimento inicial, metabolismo fotossintético, enzimático e respostas anatômicas das mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi sob condições de déficit hídrico.

MATERIAL E MÉTODOS

As mudas de *S. terebinthifolius* com aproximadamente 100 dias de idade foram produzidas em vasos de 8 kg contendo como substrato a mistura de solo (Latossolo Vermelho distroférrico de textura argilosa), areia e bioplant® (2:1:1), cuja análise química encontra-se no quadro 1. O experimento foi conduzido em casa de vegetação sob sombrite 40% de sombra, sendo as mudas protegidas da precipitação pluviométrica sob cobertura plástica e mantidas a 75% da capacidade de retenção de água do solo (CRA) até o início da suspensão da irrigação.

Quadro 1: Análise química do substrato Latossolo Vermelho distroférrico + areia + Bioplant® (1:1:1) utilizado no experimento. Dourados, UFGD, 2015.

Atributos do substrato						
pH[1] água	Ca[2/A] $cmol_c\ dm^3$	Mg[3/A] $cmol_c\ dm^3$	K[4/B] $cmol_c\ dm^3$	P[5/B] $mg\ dm^3$	SB[6] $cmol_c\ dm^3$	CTC[7] $cmol_c\ dm^3$
6,1	3,8	1,9	0,86	36,8	6,56	11,1

[1]pHH_2O: pH em água.[2]Ca: Cálcio - formas trocáveis; [3]Mg: Magnésio- formas trocáveis;[4]K: Potássio- formas trocáveis; [5]P: Fósforo extraídos do substrato por Mehlich; [6]SB: soma de bases; [7]CTC: Capacidade de trocas de cátions; [A]Extrator1NKCL(VETTORI, 1969); [B]Extrator Mehlich1 (BRAGA e DEFELIPO, 1974)

No início do experimento (T0) os vasos foram distribuídos em dois lotes sendo: (1) Controle, onde a hidratação das plantas manteve 70% da CRA e (2) Estresse por déficit hídrico, onde houve a suspensão da irrigação até que a taxa fotossintética apresentasse níveis próximos de zero (1º F0 - aos 41 dias após o início do experimento), período em que as plantas foram irrigadas novamente com subsequente irrigação diária por doze dias, mantendo 70% da CRA, após os quais, outro ciclo de suspensão da irrigação/reirrigação (S/R) foi realizado (1º S/R – aos 53 dias após o início do experimento) até quando nova fotossíntese aproximasse de zero (2º F0 – 78 dias após o início do experimento).

Para avaliar o efeito do déficit hídrico intermitente, no início do experimento, e/ou durante a suspensão da irrigação e reirrigação, e quando as taxas fotossínteticas aproximarem de zero as plantas foram avaliadas quanto às características não destrutivas e destrutivas citadas a seguir.

Características não destrutivas

- Trocas gasosas: taxa fotossintética (A µmol m^{-2} s^{-1}), transpiração foliar (E mmol m^{-2} s^{-1}), condutância estomática (Gs mol m^{-2} s^{-1}), concentração interna de CO_2 (Ci µmol mol^{-1}), eficiência instantânea do uso da água (EUA = A/E µmol CO_2/ $mmol^{-1}$ H_2O), eficiência intrínseca do uso de água (EIUA=A/Gs µmol CO_2/ $mmol^{-1}$ H_2O) e eficiência instantânea de carboxilação (A/Ci µmolm^{-2} s^{-1}/ µmol mol^{-1}) utilizando um analisador de gases no infravermelho (IRGA), modelo LI-6400 (LI-COR). As avaliações foram realizadas em três mudas por tratamento no período da manhã, entre 8 e 11horas, em duas folhas completamente expandidas aos 5, 8, 11, 15, 20 23, 27, 30, 34, 38, 41, 53, 56, 60, 64, 68,76 e 78 dias após a suspensão da irrigação/reirrigação. Os intervalos irregularesentre as avaliaçõesrefletem anecessidadede realizar asmediçõesem condiçõ esclimáticas semelhantes (dias ensolarados e sem nuvens). Foram considerados apenas os dados medidos sob fluxo fotossintético de fótons (FFF) maior que 700 mmol m^{-2} s^{-1}.

- Índice de clorofila: com auxílio do medidor de clorofila modelo MINOLTA SPAD 502.

Características destrutivas:

- Potencial hídrico foliar (Ψω): determinado em folhas individuais pertencentes ao terceiro par de folhas totalmente expandidas do ápice para a base, sendo o horário da leitura entre 12:00 e 13:00 hs, para tanto foi empregada uma bomba de pressão tipo Scholander (SCHOLANDER et al., 1965).

– Atividade das enzimas antioxidantes: o extrato foi obtido a partir da homogeneização de 1 g de folhas de cada tratamento, fragmentadas em almofariz, inicialmente na presença de nitrogênio liquido. Em seguida foram adicionados 2 ml de solução de extração, constituída de EDTA 0,1Mm em tampão de fosfato de potássio 0,1 M, pH 6,8, contendo 20 mg de PVP (Polivinil pirrolidona), procedendo-se uma nova homogeneização. O homogeneizado foi centrifugado por 20 minutos a 4000 rpm e o sobrenadante coletado utilizado nas avaliações das enzimas catalase - CAT (ANDERSON et al., 1995), peroxidase - POX (MACEDO et al., 2005) e superóxido dismutase - SOD (GIANNOPOLITIS e RIES, 1977; BEAUCHAMP e FRIDOVICH, 1971).

Potencial hídrico foliar (Ψω): determinado em folhas individuais pertencentes ao terceiro par de folhas totalmente expandidas do ápice para a base, sendo o horário da leitura entre 12:00 e 13:00 hs, para tanto foi empregada uma bomba de pressão tipo Scholander (SCHOLANDER et al., 1965).

Comprimento da parte aérea e raiz primária: mensurado com auxilio de uma régua graduada e os resultados expressos em centímetros (cm).

Diâmetro de colo das plantas: foi determinado com auxílio de paquímetro digital e os resultados expressos em mm planta^{-1}.

Número de folhas

Massa seca parte aéreadas plantas e raiz: obtidas a partir as plantas secas em estufa regulada a 60ºC por 48 horas, e posteriormente medida em balança analítica de precisão (0,001g) e os resultados expressos em gramas (g).

Razão altura/diâmetro (RAD): calculada dividindo-se a altura pelo diâmetro de

Índice de qualidade de Dickson (IQD): foi calculado segundo a metodologia utilizada por Dickson et al. (1960), em que IQD = MST/(CPA/DC + MSPA/MSR) onde: MST = Massa seca total, CPA = Comprimento da parte aérea, DC = Diâmetro do colo, MSPA = Massa seca da parte aérea, MSR = Massa seca de raiz.

Anatomia foliar: Folhas expandidas foram coletadas, sendo a região mediada do limbo depositada em tubos de eppendorfs com capacidade aproximada de 1,5 ml, fixadas em solução de F.A.A. (1:1:1 - formaldeído, ácido acético, etanol a 70%)(JOHANSEN, 1940) e após 72 horas conservadas em etanol 70º GL (JENSEN, 1962). Posteriormente, para preparação de lâminas permanentes fragmentos da região mediana (aproximadamente 1 cm) foram desidratados em série butílica terciária e incluídos em parafina (JOHANSEN, 1940). Secções transversais com espessura de 10 µm foram obtidas em micrótomo rotativo, sendo colocadas em lâminas e desparafinizadas através da coloração quádrupla triarca dos tecidos (Hagquist 1974). Foi realizada a descrição (formato) e a mensuração da espessura dos seguintes tecidos/estruturas foliares constituintes do limbo: cutícula adaxial (CAd µm) e abaxial (CAb µm), epiderme adaxial (EAd µm) e abaxial (EAb µm), os parénquima paliçádico (PP µm) e lacunoso (PL µm), nervura central (NC µm), feixe vascular (FV µm) e região internervural (RI µm). O laminário foi fotografado e medido com auxílio de câmera digital Moticam 2000 acoplada ao microscópio óptico por meio do programa Motic Image 2000 e ajustadas escalas nas condições ópticas adequadas.

Delineamento estatístico e análise dos dados

As caracteristicas avaliadas, o experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial foi de 2 regimes hídricos (Controle e estresse por deficit hidrico) x 4 épocas de avaliação (T_0, 1º F_0, 1º S/R, 2º F_0), com 4 repetições de 10 mudas cada.

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade e, havendo efeito estatisticamente significativo as médias referentes aos regimes hídricos foram submetidas ao teste t e as épocas de avaliação e sua interação com os regimes hídricos ao teste de Scott-Knott com o auxílio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As taxas de fotossíntese (A) foram sempre menores nas plantas estressadas comparadas com o controle sendo que na reidratação estes valores aumentaram mas não conseguiram alcançar os valores próximos das plantas controle (Figura 1a). Esse mesmo comportamento foi observado na transpiração (E), de modo que os valores mantiveram-se menores que o das plantas controle mesmo após a 1ª suspensão/reidratação (Figura 1 b).

A eficiência do uso da água (EUA) oscilou ao longo das avaliações, sendo os maiores valores observados nas mudas controle (Figura 1c). A menor eficiência do uso da água ocorreu quando a fotossíntese estava próxima de zero pela primeira vez (1º F0 - 41º dia), sendo observado uma recuperação na reidratação (1º S/R) e posterior queda em função da segunda fotossíntese zero (2 º F0).

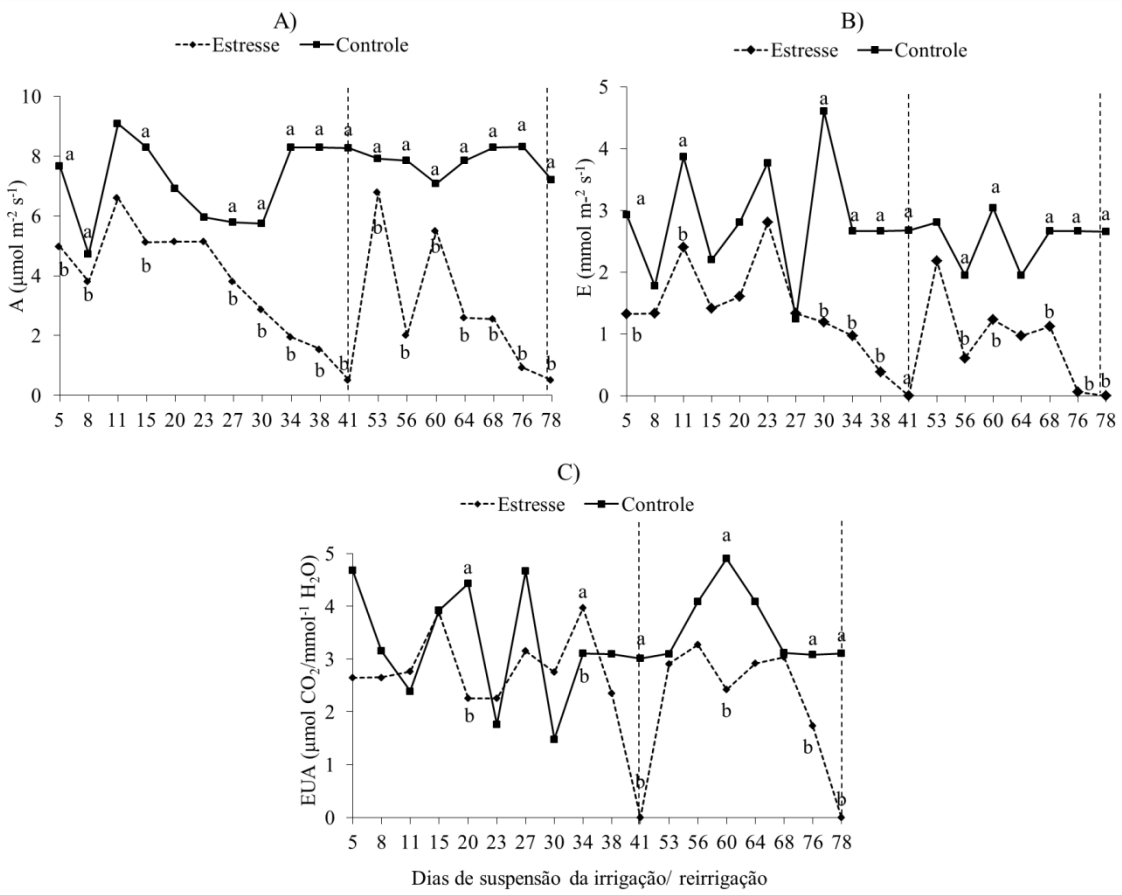


FIGURA 1: Fotossíntese-A (a), transpiração foliar-E (b) e eficiência instantânea do uso da água-EUA (c) de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi submetidas ao déficit hídrico intermitente. UFGD, Dourados, MS, 2015. (a linha tracejada representa o momento da fotossíntese zero nas plantas submetidas ao déficit hídrico).

A concentração interna de CO_2(Ci) foi maior nas plantas estressada o que induziu a menor eficiência instantânea de carboxilação (A/Ci) sendo observados os valores próximos de zero aos 41 dias da suspensão da irrigação, período que a condutância estomática (Gs) também apresentou os menores valores (Figura 2 a, b e c). Posteriormente estes valores aumentaram quando ocorreu a reidratação.

A eficiência intrínseca do uso de água (EIUA) das plantas controle e estressada foi semelhante, sendo que aos64 dias (23 dias após a reidratação) foi significativamente maior que das plantas controle (Figura 2 d). Aos 15 dias após a segunda suspensão da irrigação (53 dias) tanto a EUA quanto a EIUA reduziram significativamente nas plantas estressadas.

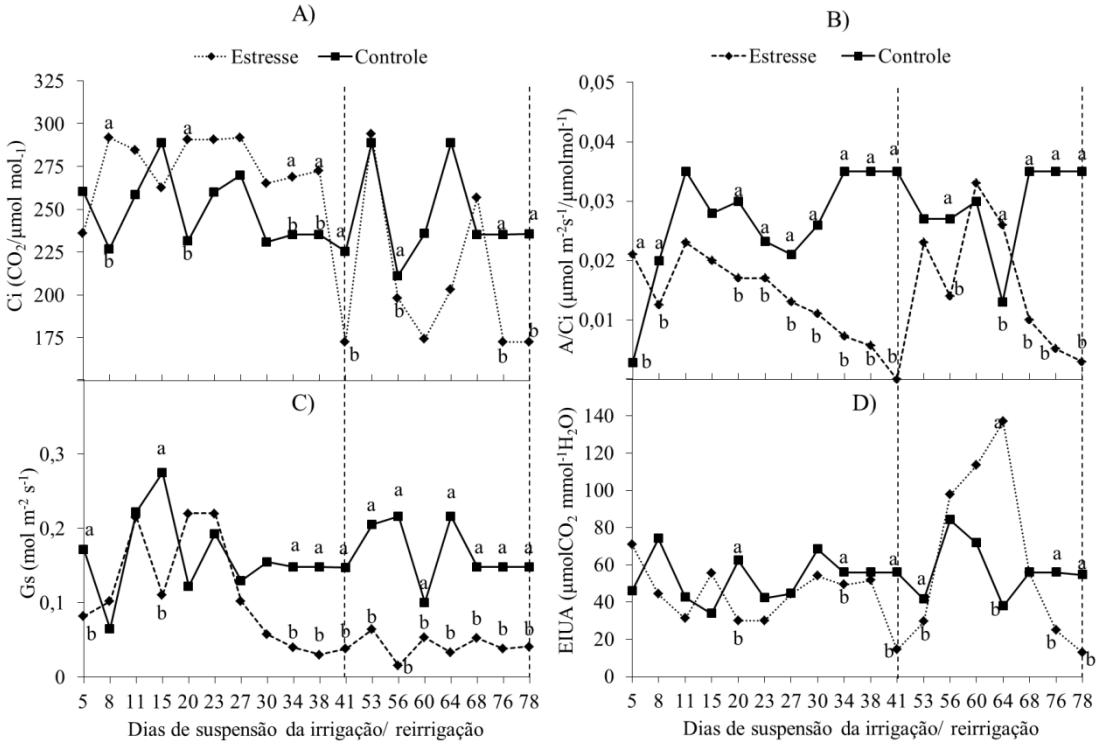


Figura 2: Concentração interna de CO_2-Ci (a), Eficiência instantânea de carboxilação-A/Ci (b), Condutância estomática-Gs (c) e Eficiência intrínseca do uso de água-EIUA (d)de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi submetidas ao déficit hídrico intermitente. UFGD, Dourados, MS, 2015. (a linha tracejada representa o momento da fotossíntese zero nas plantas submetidas ao déficit hídrico).

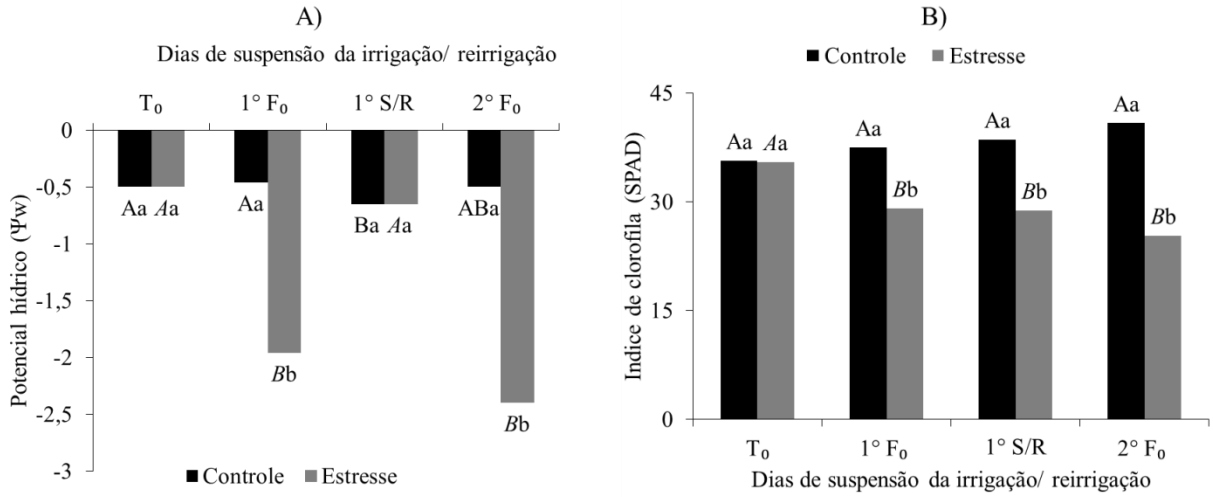
Apesar dos valores de A e Gs terem variado antes da fotossíntese alcançar valores zero, as razões A/E (EUA) e A/Gs (EIUA) diminuíram com a redução da Gs, esse comportamento sugere que o fechamento dos estômatos não contribuiu para manter a eficiência no uso da água em condição de estresse, pois essas relações deveriam se manter elevadas (GOMES et al., 2002). Resultados semelhantes foram observados para *Attalea funifera* Mart (NASCIMENTO, 2009) e *Bactris gasipaes* (OLIVEIRA et al., 2002)

Sob condições de baixa disponibilidade de água, o fechamento estomático, promovido por altos níveis de ABA, constitui uma das primeiras estratégias utilizadas pelas plantas para diminuir a taxa de transpiração e manter a turgescência celular (MELCHER et al., 2009). Este fechamento estomático promove uma redução da condutância estomática e limita a assimilação de CO_2 (SAIBO et al., 2009, ASHARAF e HARRIS, 2013). Sob severo estresse hídrico, ocorre a desidratação das

células do mesofilo e uma inibição da base metabólica do processo de fotossíntese (DAMAYANTHI et al., 2010; ANJUN et al., 2011).

Potencial hídrico instantâneo (Ψω) foi fortemente influenciado pelos regimes hídricos sendo que as maiores reduções de água ocorreram no mesmo período em que a fotossíntese alcançou valores próximos a zero alcançando valores de -2,0a -2,5 MPa enquanto no controle foi em média de -0,65 MPa (Figura 3a).

O índice de clorofila foi menor nas plantas estressadas (Figura 3b). Em condições de estresse hídrico os teores de clorofila nas folhas podem ser reduzidos e assim afetar a fotossíntese (ASHARAF e HARRIS, 2013), como esses valores se mantiveram baixos mesmo após o restabelecimento da irrigação, acredita-se que o déficit hídrico tenha causado danos oxidativos ao aparelho fotossintético que levaram a degradação das moléculas de clorofila ou à deficiência na sua síntese (DALMOLIN, 2013). Nas plantas de *S. terebinthifolius* parece ter havido degradação da clorofila uma vez que as mesmas apresentaram sinal típico de clorose ocasionada por degradação de clorofila.



Letras minúsculas comparam duas formas de irrigação no mesmo tempo. Letras maiúsculas comparam diferentes tempos para o controle e maiúsculas em itálico comparam para o estresse.

Figura 3: Potencial hídrico instantâneo-Ψω (a), Índice de clorofila-SPAD (b) de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi submetidas ao déficit hídrico intermitente. UFGD, Dourados, MS, 2015.

As mudas de *S. terebinthifolius* sob restrição hídrica apresentaram redução do potencial hídrico (*Ψw*) quando as trocas fotossintéticas foram reduzidas a valores

próximos de zero (1º e 2º F0), evidenciando a perda da turgescência nas folhas. A planta perder água a uma taxa superior à sua capacidade de absorção e transporte, o potencial hídrico da folha diminui levando ao fechamento dos estômatos e redução da fotossíntese (COSTA e MARENCO, 2007), o que foi observado no presente estudo.

A redução do *Ψw* pode levar ao decréscimo da atividade fotossintética, entretanto esse comportamento varia entre as espécies como observado por Nascimento (2009) em sua revisão, sendo que para *Bactris gasipaes*o *Ψw* limitou a taxa fotossintética ao atingir valores de -1,9 MPa por dez dias de imposição de estresse hídrico; para *Mauritia vinifera* essa limitação ocorreu quando *Ψw* atingiu -2,1 MPa em um período de 41 dias); em *Euterpe oleracea* o *Ψw* foi de -2,5 MPa num período de 61 dias e para *Cocos nucifera* o *Ψw* foi de -1,2 MPa, quando os valores de *A* se aproximaram de zero, em 44 dias de imposição de estresse. Esse comportamento também foi observado para as planta *S. terebinthifolius* uma vez que a eficiência intrínseca de carboxilação (A/Ci) da enzima rubisco reduziu com a redução do potencial hídrico que alcançou valores de -2,0MP em 41 dias após a suspensão da irrigação (figura 2 b e 3).

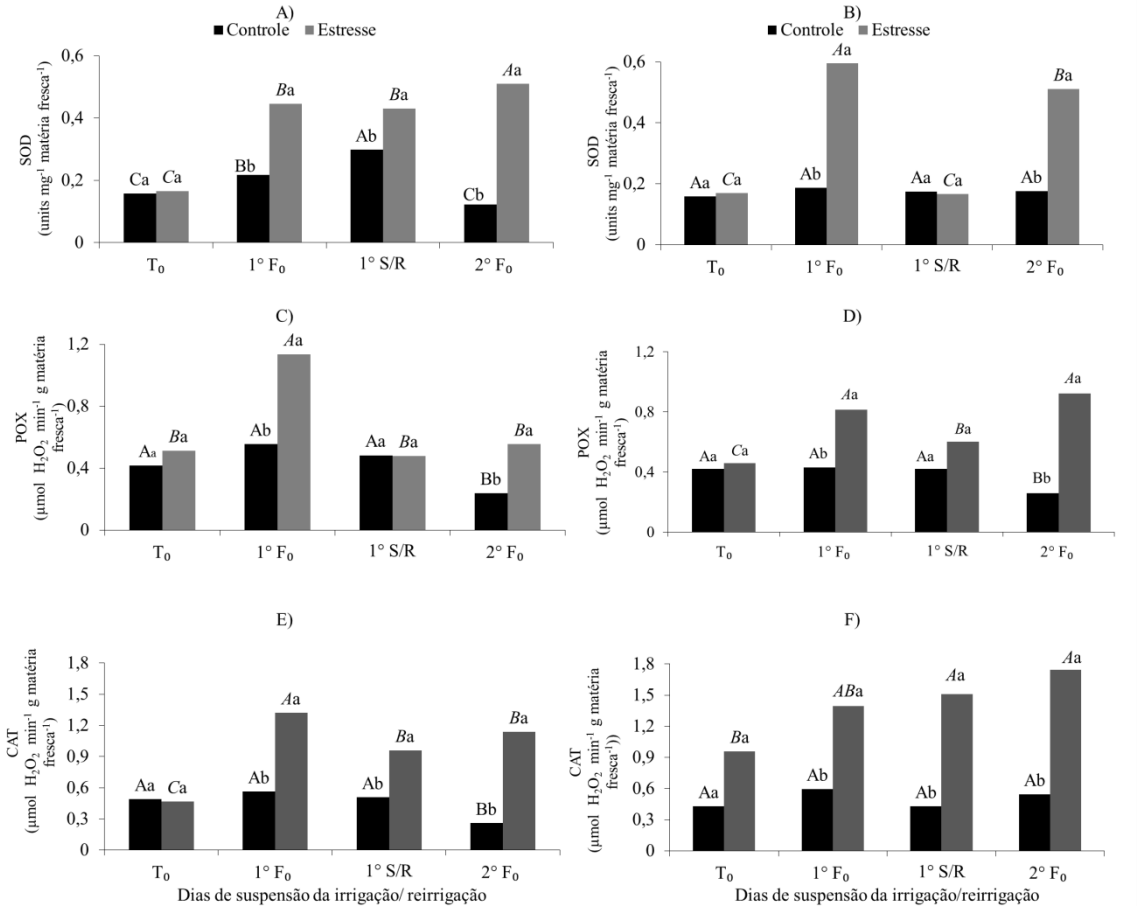
Assim, acredita-se que *S. terebinthifolius* apresentou baixa tolerância a deficiência hídrica no solo, com elevada sensibilidade para A, Gs, E e Ψ_w, não apresentando características de economia no uso da água sob condições estressantes, uma vez que a EUA e EIUA também reduziram. Esse comportamento sugere que o fechamento dos estômatos (dados não apresentados) não contribuiu para manter a eficiência no uso na água em condição de estresse, pois essas relações deveriam se manter elevadas (GOMES, et al., 2002).

A capacidade das plantas em recuperar a taxa fotossintética (A) após reidratação é de fundamental importância, tanto quanto a capacidade de evitar e/ou suportar um estresse hídrico, e ditará a resistência das plantas à seca, além de impedir decréscimos na produtividade da cultura (CHAVES et al., 2009; PINHEIRO e CHAVES, 2011).

As reduções de G*s* e Ψ_w, com reflexos negativos sobre *A* e *E*, como efeitos do déficit hídrico, seja por diminuição da água do solo ou por uma elevada demanda evaporativa, tem sido relatados em vários trabalhos citados na revisão de Nascimento (2009). A limitação da absorção de CO_2, causada o pela deficiência hídrica, pode aumentar a formação de espécies reativas de oxigênio e, consequentemente, aumentar seu potencial de danos ao aparato fotossintético a menos que sistemas de proteção sejam disparados, como por exemplo a síntese ou aumento da atividade de enzimas antioxidantes.

A atividade das enzimas antioxidantes na parte aérea e raiz foi maior nas plantas estressadas. A superóxido dismutase (SOD) foi maior na parte aérea na 2ºF0 e na raiz na

1ºFo. Os maiores valores de peroxidase (POX) foram observados na parte aérea na 1ºF0 e nas raízes na 1º e 2 º F0 e para a catalase (CAT) os maiores valores foram verificados nas folhas na 1ºF0 e a partir da 1ºF0 nas raízes (Figura 4a-f).Esses resultados sugerem que as diferentes partes da planta respondem de maneira diferenciada quanto aos mecanismos de proteção.



Letras minúsculas comparam duas formas de irrigação no mesmo tempo. Letras maiúsculas comparam diferentes tempos para o controle e maiúsculas em itálico comparam para o estresse.

Figura 4: Atividade das enzimas superóxido dismutase (SOD), peroxidase (POX) e catalase (CAT) nas folhas (a,c,e) e raízes (b,d,f) de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi submetidas ao déficit hídrico intermitente. UFGD, Dourados, MS, 2015.

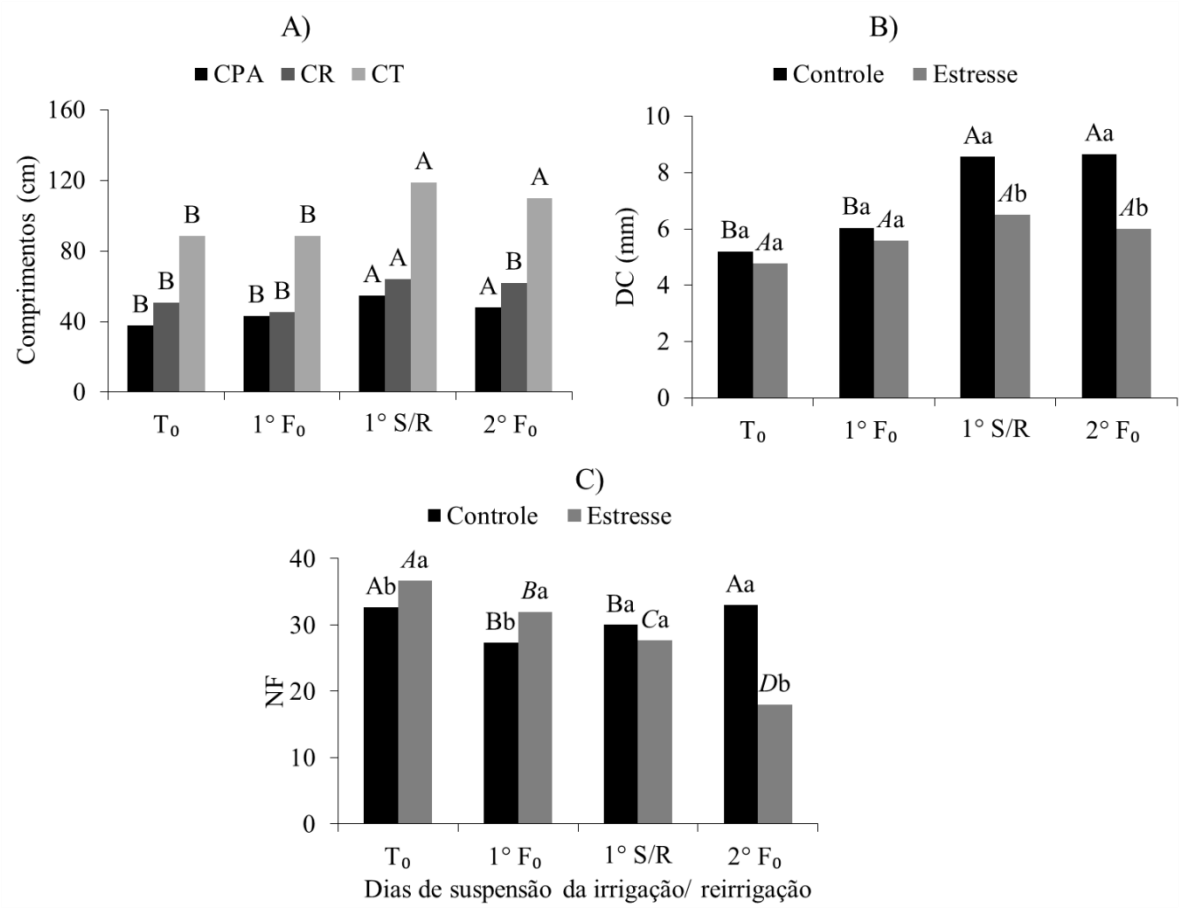
O aumento da atividade da SOD, POX e CAT na parte aérea e sistema radicular de mudas de *S. terebinthifolius* sugere que o déficit hídrico intermitente, causa estresse oxidativo na espécie avaliada e que essas enzimas representam um mecanismo de

proteção. Observa-se na literatura que a atividade de uma ou mais enzimas antioxidantes como a SOD, GST e POX, geralmente incrementada em plantas expostas a condições de estresse, e a sua elevada atividade está relacionada com o incremento da tolerância ao estresse (ALLEN et al., 1997). Ao lado de outros mecanismos fisiológicos, a eficiência do sistema antioxidante aumenta a capacidade de tolerância da planta, devido à diminuição dos efeitos causados pelas EROs (GIANNAKOULA et al., 2010). Após passar por uma situação estressante as plantas conseguem modular resposta de defesa ao produzir por exemplo as enzimas antioxidantes, de forma a superar tal estresse e retomar o metabolismo normal (SOARES e MACHADO, 2007).

De maneira semelhante Lima (2010) trabalhando com cajueiro anão precoce após suspensão da irrigação por 20 dias, observou que a atividade da SOD aumentou nas mudas, e que nessa condição essa enzima age na remoção do O_2^- acumulado.

Não foi observado interação significativamente entre formas de irrigação e períodos de avaliação para o comprimento de parte aérea, raiz e total, somente efeito isolado das avaliações. Os comprimentos foram maiores doze dias após a primeira reidratação (1ºS/R), entretanto o comprimento de raiz diminuiu com a segunda suspensão da irrigação (figura 5a). A relação altura diâmetro (RAD) não variou entre os períodos de avaliação e foi maior para as plantas estressadas (7,765) em comparação com as plantas controle (6,632).

O diâmetro de colo foi menor para as mudas estressadas doze dias após a primeira reidratação (1ºS/R), em relação as mudas controle. Para as mudas estressadas o diâmetro não variou ao longo das avaliações (figura 5b). O número de folhas diminuiu nas plantas estressadas por ocasião da primeira fotossíntese zero (1º Fo) e manteve-se reduzindo até o final do experimento (figura 5c).



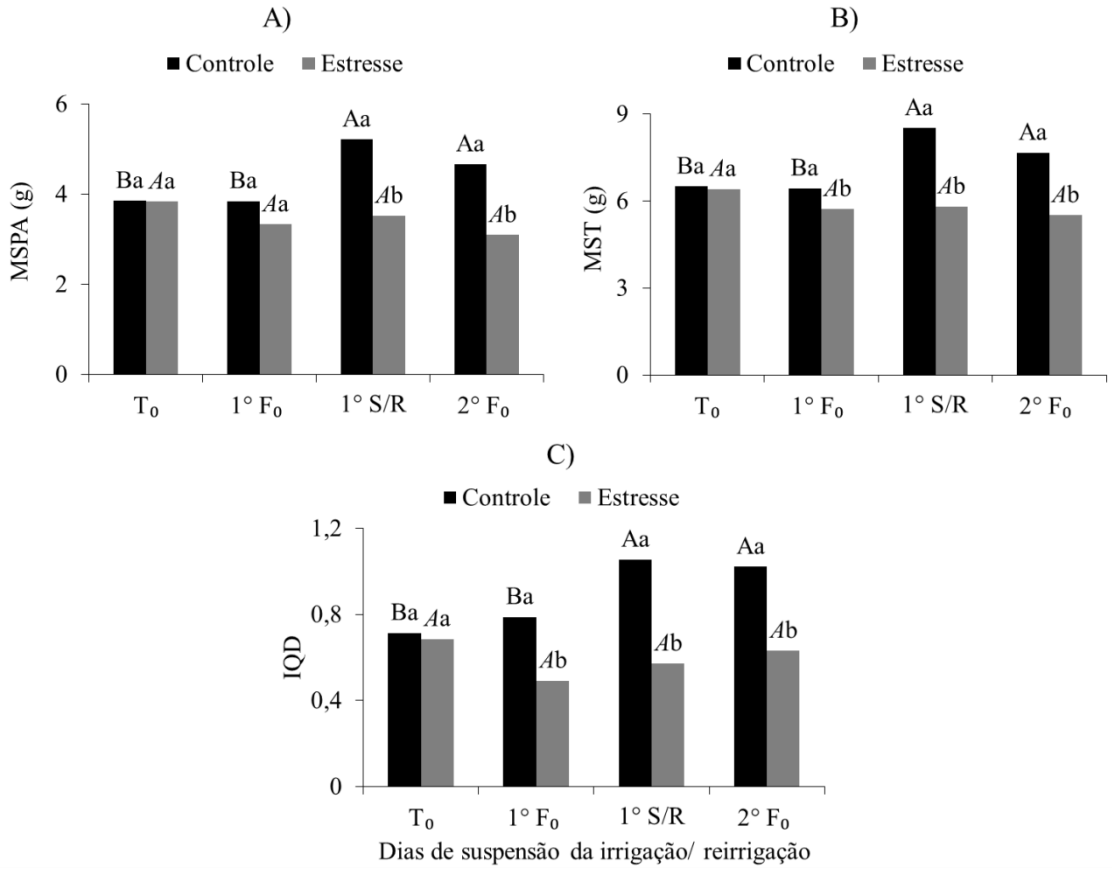
Letras minúsculas comparam duas formas de irrigação no mesmo tempo. Letras maiúsculas comparam diferentes tempos para o controle e maiúsculas em itálico comparam para o estresse.

Figura 5: Comprimento da parte aérea, raiz e total (a), diâmetro do colo (b), número de folhas (c) de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi submetidas ao déficit hídrico intermitente. UFGD, Dourados, MS, 2015.

A massa seca da parte aérea reduziu nas plantas estressadas após a primeira reidratação enquanto a massa seca total já reduziu nas plantas por ocasião da fotossíntese zero (figura 6a e b). A massa seca de raiz não variou entre os períodos de avaliação, entretanto foi menor nas plantas estressadas (2,424 g planta^{-1}) comparado ao diâmetro das plantas controle (2,889 g planta^{-1}). A razão raiz/parte aérea (R/PA) não variou entre os tratamentos apresentando média geral de 0,684.

A massa seca da parte aérea das mudas de *S. terebinthifolius* sob estresse manteve-se menor mesmo após a reidratação, o que pode ser atribuído ao menor número de folhas nessa condição de cultivo. Os resultados observados neste trabalho podem ser atribuídos também, ao fato das mudas terem recuperado a eficiência de carboxilação da rubisco após a reidratação, mas não a taxa fotossintética (informação pessoal), assim, a produção de

fotoassimilados necessária para ser transformada em massa seca pode ter sido insuficiente para o crescimento.



Letras minúsculas comparam duas formas de irrigação no mesmo tempo. Letras maiúsculas comparam diferentes tempos para o controle e maiúsculas em itálico comparam para o estresse.

Figura 6: Massa seca da parte aérea (a) e massa seca total (b) e índice de qualidade de Dickson de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi submetidas ao déficit hídrico intermitente. UFGD, Dourados, MS, 2015.

O índice de qualidade de Dickson para as plantas estressadas não variou entre os períodos de avaliação, semelhante ao ocorrido para o diâmetro de colo, massa da parte aérea e massa seca total. Além disso, ressalta-se que a massa seca da raiz não variou ao longo das avaliações estes resultados sugerem que mesmo após a reidratação a eficiência de retomada do crescimento foi insuficiente para melhorar a qualidade das plantas (figura 6c).

O IQD trata-se de um parâmetro adequado para expressar a qualidade das mudas, pois definia robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa (MELO e CUNHA 2008), e quanto maior o seu valor melhor é a qualidade da muda (BERNADINO et al., 2005).

O maior comprimento de raiz e uma maior relação raiz/parte aérea é uma resposta normal das plantas ao déficit hídrico, assim elas tendem a ter maior expansão celular do tecido radicular induzida pelo ABA, entretanto, nem sempre esse maior comprimento está associado ao aumento da massa seca (TAIZ e ZEIGER, 2013), e esse aumento da massa seca de raiz e da relação raiz/parte aérea não foi observado nas mudas de *S. terebinthifolius*.

Resultados observados na literatura, sugerem que para superar o estresse por déficit de água, as plantas investem na produção de massa seca radicular devido à estocagem de assimilados na parte subterrânea em resposta à redução da expansão foliar e, consequentemente, diminuição do consumo de carbono e energia, sendo observado reduções no crescimento da parte aérea (CARVALHO et al., 2012), da área foliar (SCALON et al, 2011; MAR et al, 2013) e aumento da razão entre biomassa da raiz e parte aérea (VERMA et al, 2012).

A *Schinus terebinthifolius* mostra sensibilidade ao estresse hídrico uma vez que a qualidade das mudas e o número de folhas reduziram com déficit hídrico, e mesmo com a retomada da irrigação, não houve recuperação dessas características. Entretanto observou-se que o comprimento e a massa seca das raízes não variaram significativamente. Sugere-se que outras avaliações sejam realizadas em intervalos de tempo maior.

A anatomia de *S. terebinthifolius* em secção transversal na região internervural para o controle e plantas em déficit hídrico não mostra diferenças anatômicas visuais (Fig. 7 a,b,c,d,e,f, g, h). Em secção transversal, em ambas as faces da epiderme unisseriada, observa-se recoberta por cutícula delgada com ocorrência de tricomas glandulares e tectores. Estômatos são observados na face abaxial da epiderme (Fig. 4 e). Adjacente a ambas as faces da epiderme ocorre uma camada de células parenquimáticas relativamente maiores e de formato isodiamétrico. Ocorrem dois extratos de parênquima paliçádico e cinco de lacunoso em disposição dorsiventral. O sistema vascular é colateral envolto por bainha parenquimática e eventualmente ocorrem canais secretores.

Em secção transversal, a nervura central é biconvexa. Adjacente a epiderme ocorre uma faixa reduzida de colênquima anelar. Imersos no parênquima ocorrem os feixes vasculares colaterais envoltos por bainha esclerenquimática dispostos em forma circular. Os canais secretores nessa região estão dispostos em torno do feixe vascular (Fig. 8 a,b,c,d,e,f,g,h).

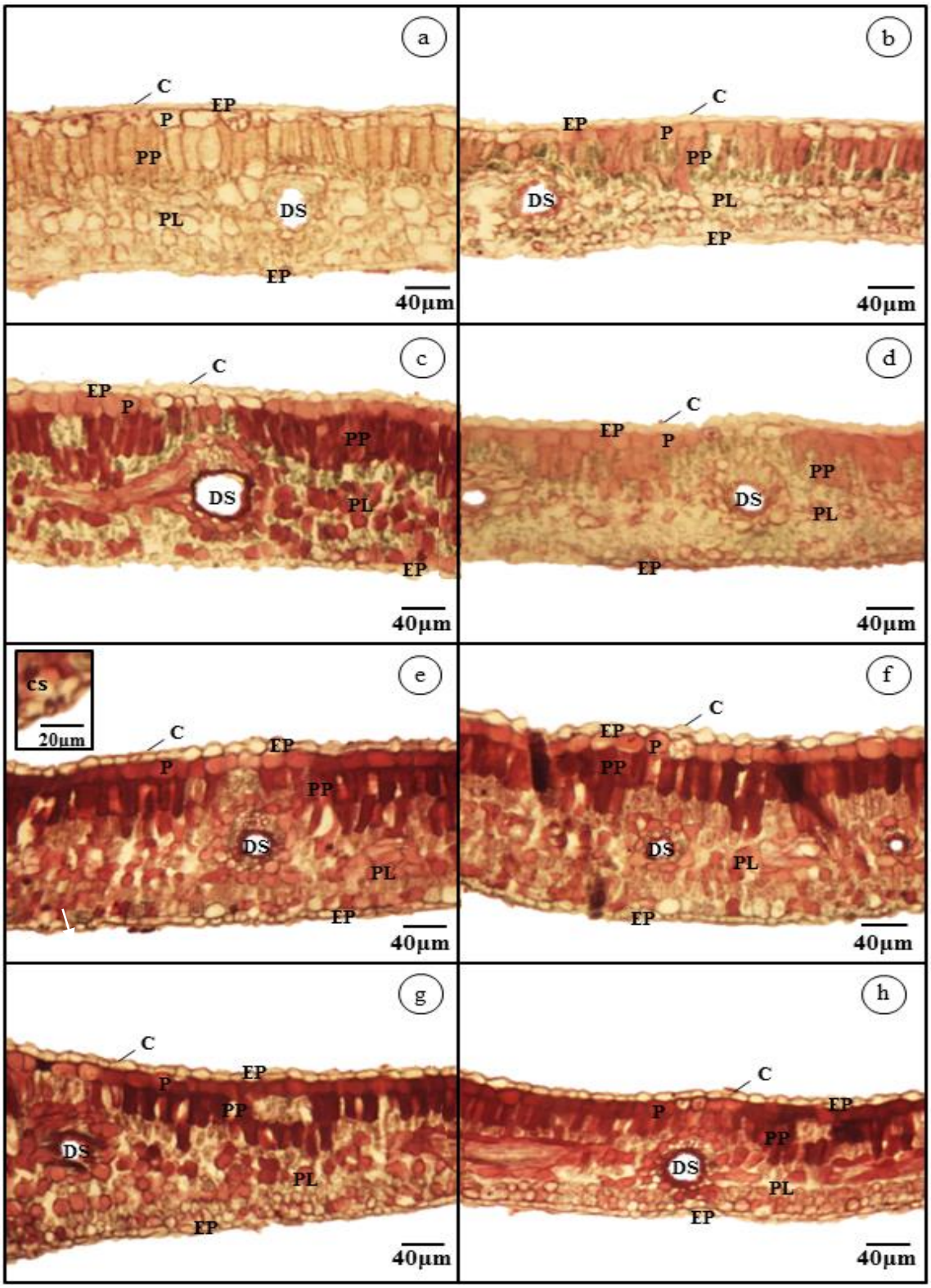


Figura 7: Região internervural de folhas de *Schinus terebinthifolius* Raddi submetidas ao déficit hídrico intermitente. Controle (a, c, e, g), Estresse (b, d, f, h) no T_0 (a, e), 1º F_0 (c, d), S/R (e - detalhe do estômato e câmara subestomática da face abaxial-seta), f) e 2º F_0 (g, h). Abreviaturas: C= cutícula; cs= câmera subestomática; DS= ducto secretor; EP= epiderme; P= parênquima; PL= parênquima lacunoso; PP= parênquima paliçádico. Escala: 40µm.

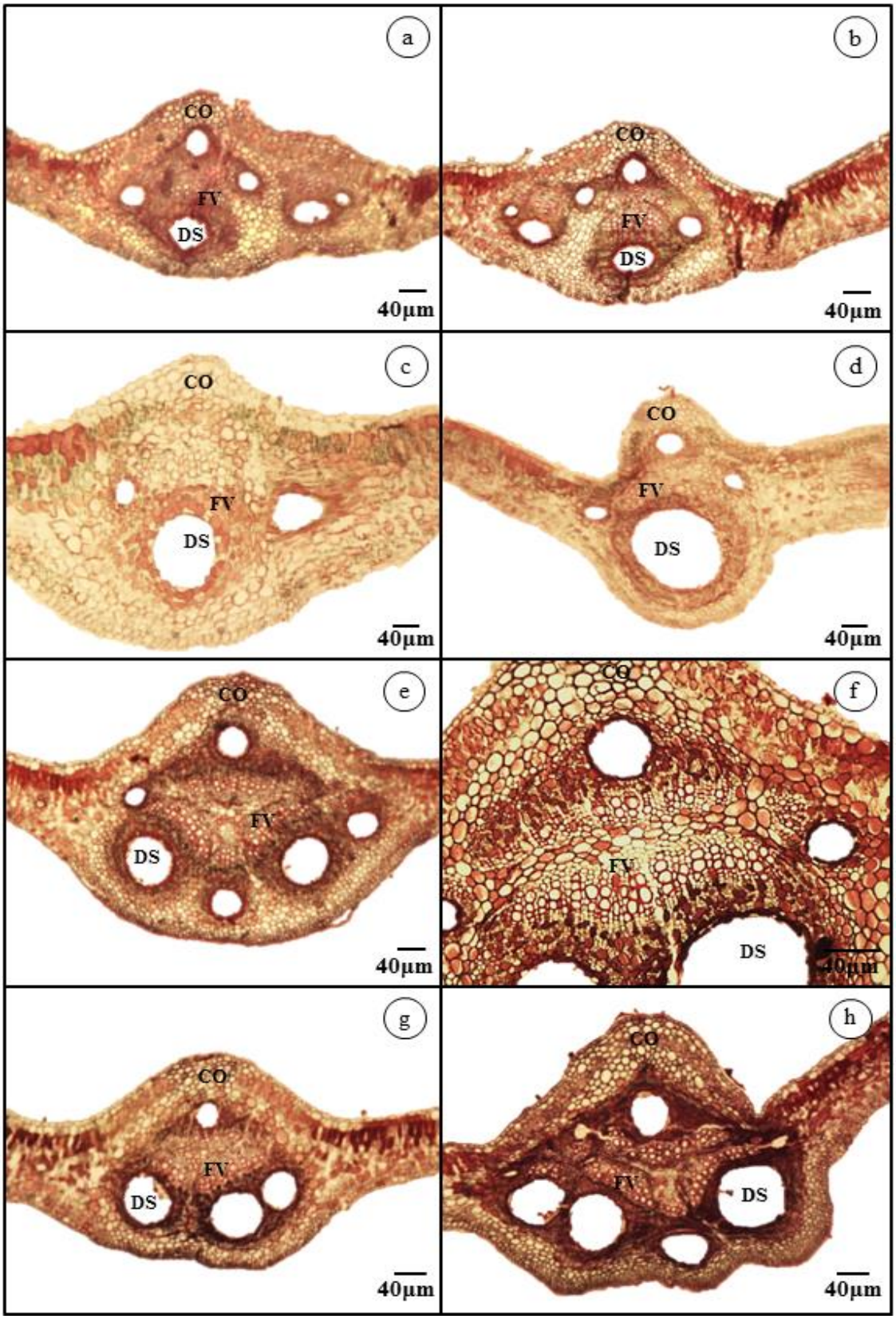


Figura 8: Região da nervura central de folhas de *Schinus terebinthifolius* Raddi submetidas ao déficit hídrico intermitente. Controle (a, c, e, g), Estresse (b, d, f, h) no T_0 (a, e), 1º F_0 (c, d), S/R (e, f) e 2º F_0 (g, h). Abreviaturas: C= cutícula; cs= câmera

subestomática; DS= ducto secretor; EP= epiderme; P= parênquima; PL= parênquima lacunoso; PP= parênquima paliçádico. Escala: 40µm.

A descrição anatômica da folha de *S. terebinthifolius* em plantas submetidas a estresse hídrico não mostra alterações quando comparada ao tratamento controle. A descrição realizada na presente pesquisa corrobora com o relato de Duarte et al. (2004), sendo a presença de ductos secretores uma característica peculiar marcante da família Anacardiaceae (GRISI et al., 2011) que auxilia da identificação da espécie (DUARTE et al., 2004). No entanto, Azevedo (2015) descreve para *S. terebinthifolius* camadas múltiplas de epiderme e mesofilo isolateral, pois em ambas as faces do mesofilo apresentam parênquima paliçádico, no entanto esta informação diverge do encontrado nesta pesquisa.

Quando a água não está a restringir o crescimento, as plantas investem parte de seus fotoassimilados na expansão dos tecidos fotossintéticos, maximizando a intercepção de luz e, como consequência, o crescimento.

As espessuras das estruturas anatômicas foliares não foram influenciadas pela interação entre os regimes hídricos e a época de avaliação (Figura 9a). A CAd foi influenciada pelos fatores isoladamente sendo maior para plantas submetidas ao déficit hídrico, aumentando conforme a época de avaliação (Figura 9b).

A EAd, parênquimas paliçádicos e lacunosos e FV foram influenciados pela época de avaliação sendo que a EAd e os parênquimas clorofilianos aumentaram (figura 9 c, d, e) e o FV diminuiu a espessura conforme aumentaram-se as épocas de avaliação (figura 9 e, f). Não houve diferença para a espessura da RI, CAb, EAb e NC apresentando média geral de 86,44 µm, 0,61 µm, 4,10 µm e 312,8 µm, respectivamente.

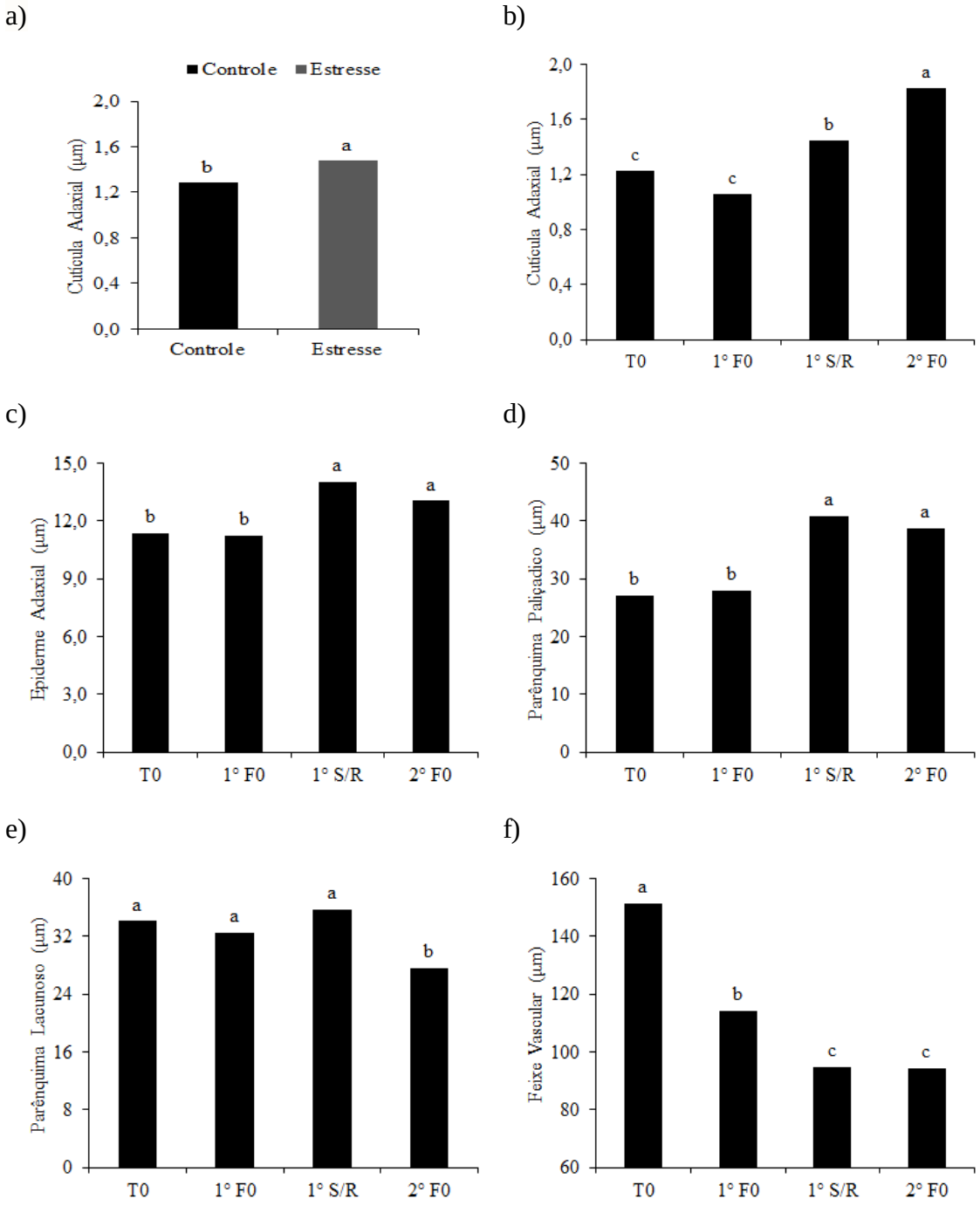


Figura 9: Espessura da cutícula adaxial (a, b), epiderme adaxial (c), parênquima paliçádico (d) e lacunoso (e) e feixe vascular (h) de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi submetido ao déficit hídrico intermitente. UFGD, Dourados, MS, 2015. Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

De forma geral os tecidos/estruturas analisados apresentaram aumento da espessura após a reidratação. A face adaxial da folha exposta a intensidade luminosa intensa do ambiente tem na cutícula uma estrutura de proteção e assim, na condição de reduzida disponibilidade hídrica e reidratação, observa-se o aumento no espessamento, provavelmente como mecanismo de redução da perda de água nessa condição. No que se refere a espessura da epiderme é comum observar um espessamento sob estresse hídrico (OGBONNAYA et al., 1998). Portanto, o aumento da espessura da epiderme é uma indicação da resistência de *S. terebinthifolius* ao estresse hídrico (LEVITT, 1972 e ESAU, 1977).

Observou-se que durante o déficit hídrico houve redução na espessura do parênquima paliçádico (2F0). O aumento na camada paliçádica observada é estratégia utilizada por vegetais para manter a capacidade fotossintética em potenciais de água muito baixos. Com base nos resultados, verifica-se que o parênquima compacto ocupa em torno de 27% do mesofilo nas plantas controle, elevando para em torno de 40% nas plantas sob deficiência hídrica, aos 78 dias. Assim, as plantas de *S. terebinthifolius* responderam ao baixo suprimento hídrico mantendo o espessamento do parênquima paliçadico de modo a manter sua capacidade fotossintética.

O parênquima lacunoso apresentou uma redução em sua espessura na (2ºF0), sendo assim, este foi o tecido determinante da redução da espessura total do mesofilo, bem como da espessura da lâmina foliar. Silva et al. (1984) citou a redução da espessura do mesofilo como resposta ao estresse hídrico. A redução dos espaços intercelulares é citado por Silva et al. (2001) como alternativa de diminuir a evaporação de água e garantir a eficiência no uso da água. Com a redução dos espaços intercelulares ocorre uma maior compactação do mesofilo, desta maneira, ocorre um aumento da resistência interna ao movimento de vapor d´água, reduzindo assim, a evaporação. Desta maneira, a redução dos espaços intercelulares, assim como o aumento e manutenção da espessura do parênquima paliçádico das plantas de *S. terebinthifolius*, sob deficiência hídrica, podem ser consideradas estratégias para diminuir a perda hídrica.

Grisi et al. (2008) estudando a caracterização de folhas de cultivares de cafeeiro sob condições de estresse hídrico não observaram diferenças na espessura da epiderme abaxial e adaxial. Contudo, em alguns casos a cutícula parece ser mais importante para a redução da transpiração do que a espessura da epiderme (BATISTA et al., 2010).

Bussotti et al. (1995) verificaram que a redução da umidade do solo causou espessamento do mesofilo, especialmente na cutícula da folha e parênquima esponjoso em *Fagus sylvatica*.

Nos feixe vascular de *S. terebinthifolius* verifica-se uma redução na espessura nas plantas sob deficiência hídrica, em relação às plantas controle, o que deve ser decorrente da menor atividade procambial nas plantas sob estresse hídrico. Essa alteração pode não ocorrer em outras espécies. Em *Astragalus gombiformis* Pomel foi observado que não houve alteração na espessura do feixe em condição de déficit hídrico, sugerindo a capacidade da folha de manter o transporte de água (BOUGHALLEB et al., 2014).

CONCLUSÃO

O estresse hídrico reduz significativamente a fotossíntese, a transpiração condutância estomática, a eficiência de carboxilação da rubisco, os teores de clorofila e o número de folhas e consequentemente o crescimento das plantas de *Schinus terebinthifolius* Raddi.

As plantas recuperaram a eficiência de carboxilação da rubisco mas não a taxa fotossintética após a reidratação.

Para o índice de qualidade de Dickson não variou nas plantas estressadas sendo maior para as plantas controle.

As enzimas antioxidantes aumentaram tanto na parte aérea quanto na raiz em resposta ao estresse.

Não houve alteração no número e disposição das camadas dos tecidos, no entanto, houve redução na espessura das estruturas/tecidos foliares com o déficit hídrico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

ALI, Q.; ASHRAF, M. Induction of drought tolerance in maize (*Zea mays* L.) due to exogenous application of trehalose: growth, photosynthesis, water relations and oxidative defence mechanism. **Journal Agronomy and Crop Science**, v.197, n.4, p.258-271, 2011.

AMORIM, M.M.R.; SANTOS, L.C. Tratamento da vaginose bacteriana com gel vaginal de Aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi): ensaio clínico randomizado. **Revista Brasileira de Ginecologia e Obstetrícia**, v.25, n.2, p.95-102, 2003.

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

ANJUN, S.A.; XIE,X; WANG,L.; SALEEM, F.; MAN, C.; LEIL,W.; Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. **African Journal of Agricultural Research** v.6, p. 2026-2032, 2011.

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

AZEVEDO, C.F.; QUIRINO, Z.G.M.; BRUNO, R.L.A.; Estudo farmacobotânico de partes aéreas vegetativas de aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi, Anacardiaceae) **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v.17, n.1, p.26-35, 2015.

BATISTA, L. A.; GUIMARÃES, R. J.; PEREIRA, J. F.; CARVALHO, G. R.; CASTRO, E. M. Anatomia foliar e potencial hídrico na tolerância de cultivares de café ao estresse hídrico. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 3, p. 475-481, 2010.

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

BERNARDINO, D. C. S.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M.; MARQUES, V. B. Crescimento e qualidade de mudas de *Anadenanthera macrocarp* (Benth.) em resposta à saturação por bases do substrato. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, p. 863 - 870, 2005.

BOUGHALLEB, F.; ABDELLAOUI, R.; BEN BRAHIM, N.; NEFFATI, M. Anatomical adaptations of Astragalus gombiformis Pomel. underdrought stress. **Central European Journal of Biology,** v. 9, n. 12, p. 1215–1225, 2014.

BOUGHALLEB, F.; ABDELLAOUI, R.; BEN BRAHIM, N.; NEFFATI, M. Anatomical adaptation sof Astragalusgombiformis Pomel. underdrought stress. **Central European Journal of Biology,** v. 9, n. 12, p. 1215–1225, 2014.

BRAGA, J. M.; DEFELIPO, B. V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solo e material vegetal. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 21, n. 113, p. 73-85, 1974.

BRAGA, J. M.; DEFELIPO, B. V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solo e material vegetal. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 21, n. 113, p. 73-85, 1974.

CARMELLO-GUERREIRO, S.M.; PAOLI, A.A.S. Ontogeny and Structure of the Pericarp of *Schinusterebinthifolius*Raddi (Anacardiaceae). **Brazilian Archives of Biologyand Technology**, v.45, n.1, p.73-79, 2002.

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

CARVALHO, M. G.; MELO, A. G. N.; ARAGÃO, C. F. S.;RAFFIN, F. N.; MOURA, T. F. A. L. *Schinus terebinthifolius* Raddi: composição química, propriedades biológicas e toxicidade. **Revista brasileira de plantas medicinais**, Botucatu, v. 15, n. 1, p. 158-169, 2013.

COSTA; G.F.; MARENCO, R.A.; Fotossíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*). **Acta Amazonica**, p. 229-234, 2007.

DAMAYANTHI, M. M. N.; MOHOTTI, A. J.; NISSANKA, S. P. Comparison of tolerant ability of mature field grown tea (Camellia sinensis L.) cultivars exposed to drought stress in Passara area. **Trop Agricultural Reserch**, v.22, p.66–75, 2010.

DICKSON, A.; LEAF, A.L.; HOSNER, J.F. Quality apprasial of withe spruce and White pine seedling stock in nurseries.**Forest Chronicle**, v.36, p. 10-13, 1960.

DUARTE, M. C. T.; FIGUEIRA, G. M.; PEREIRA B.; MAGALHÃES, P. M.; DELARMELINA C. Atividade antimicrobiana de extratos hidroalcólicos de espécies da coleção de plantas medicinais CPQBA/UNICAMP. **Revista Brasileira Farmacogn**. V. 14, p. 6-8, 2004,

ESAU, K. **Anatomy of seed plants**. 2.ed. New York: John Wiley & Sons, 1977.

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

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

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

GILBERT, B e FAVORETO, R. *Schinus terebinthifolius* Raddi, **Revista Fitos**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 1, p. 43-56, 2011.

GOMES, F. P., MIELKE, M. S., ALMEIDA, A-A. F.; Leaf gas exchange of green dwarf coconut (*Cocos nucifera* L. var. nana) in two contrasting environments of the Brazilian northeast region. **J. Hortic. Sci. Biotechnol**. v. 77, p. 766–772, 2002.

GONÇALVES, J.F.C.; BARRETO, D.C.S.; SANTOS JUNIOR, U.M.; FERNANDES, A.V.; SAMPAIO, P.T.B.; BUCKERIDGE, M.S. Growth, photosynthesis and stress indicators in young rosewood plants (*Aniba rosaeodora* Ducke) under different light intensities. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.17, p.325- 334, 2005.

GRISI, F. A.; ALVES, J. D.; CASTRO, E. M.; OLIVEIRA, C.; BIAGIOTTI, G.; MELO, L. A. Avaliações anatômicas foliares em mudas de café 'Catuaí' e 'Siriema' submetidas ao estresse hídrico. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 06, p. 1730-1736, 2008.

GRISI, F. A.; ANGELO, A. C.; BOEGER, M. R. T.; LEITÃO, C. A. E.; GALVÃO, S. F.; WENDLING, I. Morfo anatomia foliar em mudas de *Schinus terebinthifolius* sob diferentes níveis de saturação hídrica. **Floresta**, v. 41, n. 4, p. 881-894, 2011.

GUIMARÃES, M.A. Frugivoria por aves em Tapirira guianensis (Anacardiaceae) na zona urbana do município de Araruama, estado do Rio de Janeiro, sudeste brasileiro. Atualidades Ornitológicas 116: 12-22. 2003.

JOHANSEN, D. **Plant microtechnique**. McGraw-Hill Book Co, New York. 1940.

KARUPPANAPANDIAN, T.; MOON, J.C.; KIM, C.; MANOHARAN, K.; KIM, W. Reactive oxygen species in plants: their generation, signal transduction, and scavenging mechanisms. **Australian Journal of Crop Science**, v.5, n.6, p.709-725, 2011.

LEVITT, J. **Responses of plants to enviromental stresses**. New York: Academic Press, 1972 .

LORENZI, H.; MATOS, F.J.A. **Plantas Medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. 2.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. 577p.

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

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

MELCHER, K., NG, L.M., ZHOU, X.E.; SOON , F.F.; XU, Y.; , Y.; SUINOPOWELL, K.M.; PARK, S.; WEINWE, J.J.; FUJII, H.; CHINNUSAMY, V.; KOVACH, A.; LI, J.; WANG, Y.; LI, J.; PETERSON, F.C.; JENSEN, D.R.; YOUNG, E. VOLKMAN, B.F.; CUTLER, S.R.; ZHU, J.; XU, H.E. A gate-latchlock mechanism for hormone signalling by abscisic acid receptors. – **Nature** v.462, p.602-608, 2009.

MELO, R. R.; CUNHA, M. C. L.; RODOLFO JÚNIOR, F.; STANGERLIN, D. M. Crescimento inicial de mudas de Enterolobium contortisiliquum (Vell.) Morong. sob diferentes níveis de Luminosidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.3, p.138-144, 2008.

NASCIMENTO, J. L. DO. **Crescimento e assimilação de carbono em plantas jovens de** *Attalea funifera* Mart. **submetidas ao sombreamento e ao estresse hídrico**. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Santa Cruz. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. Ilhéus, BA : UESC/PPGPV, 2009. 97 f.

NEPOMUCENO, A.L.; NEUMAIER, N.; FARIAS, J.R.B.; OYA, T. Tolerância à seca em plantas: mecanismos fisiológicos e moleculares. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, n.23, p.12-18, 2001.

OLIVEIRA, C. J; ARAUJO, T. L. Plantas medicinais: usos e crenças de idosos portadores de hipertensão arterial. **Revista Eletrônica de Enfermagem**, Goiás, v. 09, n. 1, p. 93-105, 2007.

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

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Restauração de florestas tropicais: subsídios para uma definição metodológica e indicadores de avaliação e monitoramento. In: DIAS, L.E.; MELLO, J. W. V. (Ed.). **Recuperação de áreas degradadas**. 1998. 251p.

SABBI, L.B.C.; ÂNGELO, A.C.; BOEGER, M.R Influência da luminosidade nos aspectos morfo anatômicos e fisiológicos de folhas de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) implantadas em duas áreas com diferentes graus de sucessão, nas margens do Reservatório Iraí, Paraná, Brasil. **Iheringia**, v. 65, n. 2, p. 171-181, 2010.

SAIBO, N.J.M., LOURENÇO, T., OLIVEIRA, M.M.: Transcription factors and regulation of photosynthetic and related metabolism under environmental stresses. – **Annals of Botany**. v.103, p. 609-623, 2009.

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

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

SCHOLANDER, P. F.; HAMMEL, H. T.; BRADSTRECT, E. D.; HEMMINGSEN, E. A.; Sap pressure in vascular plants. Negative hydrostatic pressure can be measured um plants. **Science**, p. 339-148, 1965.

SCHOLANDER, P.F.; HAMMEL, H.T.; BRADSTRECT, E.D.; HEMMINGSEN, E.A.; Sap pressure in vascular plants. Negative hydrostatic pressure can be measured um plants. **Science**, p. 339-148, 1965.

SEKI, M.; UMEZAWA, T.; URANO, K.; SHINOZAKI, K. Regulatory metabolic networks in drought stress responses. Current Opinion in **Plant Biology**, v.10, p.296:302, 2007.

SHAO HB, CHU LY, JALEEL CA, ZHAO CX.Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants.**Comptes Rendus Biologies** 331(3):215-25. 2008.

SILVA, H.; ACEVEDO, E. Adaptaciones anatomorfológicas foliares al déficit hídrico em *Atriplex repanda* Phil**. Revista Chilena História Natural**, 57: 69-78. 1984.

SOARES, A.M.S.; MACHADO, O.L.T. Defesa de plantas: Sinalização química e espécies reativas de oxigênio. **Revista Trópica,** v.1, n.1, p.9-19, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.

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

VETTORI, L. **Métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro: Equipe de pedologia e fertilidade do solo, 1969. 24 p. (Boletim técnico, 7).

ILLAGRA, P. E; CAVAGNARO, J. B. Water stress effects on the seedling growth of WRIGHT, I.J.; GROOM, P.K.; LAMONT, B.B.; POOT, P.; PRIOR, L.A.; REICH, P.B.; SCHULZE, ED.; VENEKLAAS, E.J.; WESTOBY, M. Leaf trait relationships in Australian plant species. **Functional Plant Biology,** v.31, p.551-558, 2004.

Zagdanska, B.; KOZDOJ, J. Water stress-induced changes in morphology and anatomy of flag leaf of spring wheat. **Acta Societatis Botanicorum Poloniae**., 63: 61-66. 1994.