

## Respostas morfofisiológicas entre procedências de canafístula submetidas a diferentes condições hídricas e nutricionais

Rafael Peloso de Carvalho<sup>1\*</sup>, Livia Maria Chamma Davide<sup>2</sup>, Felipe Luis Gomes Borges<sup>2</sup>, Antonio Claudio Davide<sup>3</sup>, Omar Daniel<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal do Mato Grosso do Sul, BR 463, Km 14, C. P. 287, CEP 79909000, Ponta Porã, MS, Brasil

<sup>2</sup>Universidade Federal da Grande Dourados, Rodovia Dourados-Itahum, Km 12, Caixa Postal 533, CEP 79804970, Dourados, MS, Brasil

<sup>3</sup>Universidade Federal de Lavras, C. P. 3037, CEP 37200-000, Lavras, MG, Brasil

\*Autor correspondente:  
[rafael.carvalho@ifms.edu.br](mailto:rafael.carvalho@ifms.edu.br)

### Termos para indexação:

*Peltophorum dubium*  
Espécie florestal nativa  
Adubação  
Irrigação  
Casa-de-vegetação

### Index terms:

*Peltophorum dubium*  
Native tree species  
Fertilization  
Irrigation  
Greenhouse

### Histórico do artigo:

Recebido em 23 mar 2015  
Aprovado em 25 ago 2015  
Publicado em 30 set 2015

doi: 10.4336/2015.pfb.35.83.889

**Resumo** - O objetivo desse trabalho foi avaliar características morfofisiológicas entre diferentes procedências de canafístula (*Peltophorum dubium*) submetidas a ambientes distintos quanto à disponibilidade de água e nutrientes no solo. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em delineamento experimental inteiramente casualizado, com 12 tratamentos e quatro repetições, dispostos em esquema fatorial 3 (procedências) x 2 (adubações) x 2 (irrigações). Foram coletados dados de altura de plantas, diâmetro do colo e índice SPAD (*soil plant analysis development*) ao longo do experimento em intervalos de 15 dias. Ao final do experimento foi aferido o peso da matéria seca da parte aérea, de raízes e total, quociente entre matéria seca de parte aérea e matéria seca de raízes, potencial hídrico foliar e índice de qualidade de Dickson. As progênes oriundas da Serra da Bodoquena e Serra de Maracaju demonstraram maior capacidade de resistir ao estresse hídrico e nutricional em relação às progênes da região de Ivinhema, MS. As diferenças entre procedências são intensificadas em ambientes que não proporcionam déficit hídrico para as mudas de canafístula. O estresse hídrico imposto às plantas de canafístula causa mais danos morfofisiológicos do que o estresse por falta de nutrientes.

## Morphophysiological responses of canafistula progenies under different water and nutrition conditions

**Abstract** - This study aimed to evaluate morphological and physiological characteristics of different canafistula progenies (*Peltophorum dubium*) under different soil water and nutrient availability. The experiment was conducted in greenhouse, under completely randomized design with 12 treatments and four replications, in a factorial scheme 3 (provenance) x 2 (fertilization) x 2 (irrigation). Plant height, stem diameter and SPAD index (*soil plant analysis development*) were collected throughout the experiment every 15 days. At the end of the experiment, we determined shoot, root and total dry weight, ratio of shoot and root dry matter, leaf water potential and Dickson quality index. Provenances from Serra da Bodoquena and Serra de Maracaju had greater ability to resist water and nutritional stress in relation to Ivinhema, MS provenance. Differences among provenances were intensified when canafistula seedlings were not under water deficit. Water stress imposed on canafistula seedlings causes more morphophysiological damage than stress from lack of nutrients.

## Introdução

A produção de mudas de espécies florestais nativas em larga escala para plantios comerciais, recuperação de áreas degradadas e recomposição de ecossistemas florestais, faz com que haja grande interesse sobre o conhecimento do comportamento dessas espécies frente ao manejo a ser adotado.

Considerando a silvicultura de espécies, a adubação das mudas após implantação em campo e a necessidade hídrica de cada espécie são essenciais para a obtenção de melhores resultados em produtividade, além da maior economicidade do processo de produção.

Alterações nos fatores abióticos afetam a atividade fisiológica das plantas em suas diferentes fases de crescimento. A baixa disponibilidade hídrica e nutricional torna mais difícil o sucesso no estabelecimento das plantas na fase juvenil (Gonçalves et al., 2005; Liberato et al., 2006; Santos Junior et al., 2006).

Pesquisas sobre déficit hídrico, em diferentes espécies vegetais, têm sido realizadas por décadas, a fim de se entender os mecanismos de tolerância (Silva et al., 2003; Liberato et al., 2006; Lechner et al., 2008). Os resultados dessas pesquisas têm sido aplicados em diferentes projetos de manejo de plantios florestais e podem aperfeiçoar as técnicas silviculturais de espécies como a canafístula (*Peltophorum dubium* [Sprengel] Taubert), árvore tropical da família Fabaceae. Esta espécie apresenta elevado potencial econômico, podendo ser utilizada na construção civil, marcenaria, dormentes e como fonte de energia na forma de lenha e carvão vegetal (Lorenzi, 1992).

A alta variabilidade genética apresentada por esta espécie, devido ao estágio relativamente selvagem, sem domesticação, aliado à alogamia, torna possível captar várias expressões do genótipo de acordo com as condições ambientais impostas durante o seu desenvolvimento. A identificação de genótipos de alto rendimento em condições ambientais adversas, especialmente em relação à deficiência de água e nutrientes no solo, é um desafio para o setor florestal (Tuomela, 1997).

Os estudos das relações hídricas nas plantas e das interações causadas pelo déficit hídrico temporário nos processos fisiológicos são de fundamental importância, uma vez que o déficit hídrico tem efeitos em diversos

processos fisiológicos das plantas, muitos dos quais refletem mecanismos de adaptação (Peixoto et al., 2006).

Este estudo teve como objetivo avaliar características morfofisiológicas de progênies de canafístula de diferentes procedências, submetidas a ambientes distintos quanto à disponibilidade de água e nutrientes no solo.

## Material e métodos

### Localização do experimento

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, na Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), no município de Dourados, MS (22°11'53.8"S e 54°56'0.12"W), de março a junho de 2013. O clima na região é do tipo Cwa (mesotérmico úmido), segundo a classificação de Köppen. As temperaturas máximas e mínimas observadas no interior da casa de vegetação durante o período de crescimento das plantas foi respectivamente,  $34 \pm 2$  °C e  $17 \pm 2$  °C. A casa de vegetação utilizada tem características modulares, pré-fabricada e com cobertura lateral e superior com polietileno.

### Obtenção das sementes

Em julho de 2012, foi realizada coleta de sementes de árvores matrizes georreferenciadas de *Peltophorum dubium*, localizadas em três procedências de acordo com o Zoneamento Ecológico Econômico do Estado de Mato Grosso do Sul (Zoneamento..., 2008): Zona das Monções (município de Ivinhema), Zona Serra da Maracajú (município de Maracajú) e Zona Serra da Bodoquena (município de Bonito), levando-se em consideração aspectos sugeridos por Capelanes & Biella (1984), como bom aspecto fitossanitário (vigor, livre de pragas e doenças), boa produção de sementes e árvores não isoladas.

Foram colhidos frutos, diretamente de quinze árvores matrizes para cada procedência, com auxílio de tesoura de poda alta, quando apresentavam coloração castanha ou marrom (Longhi, 1995). Todas as árvores matrizes foram localizadas por caminhamento nos respectivos locais de ocorrência, respeitando-se uma distância mínima de 100 m entre elas (Brune, 1981).

Os frutos foram acondicionados em sacos de plástico preto e transportados para o viveiro, onde foram expostos

ao sol para completarem a secagem e possibilitar a extração das sementes. Este procedimento foi realizado manualmente, com auxílio de um martelo de borracha, mantendo-se a identidade das progênies e separando-as por lotes.

As sementes de cada lote foram beneficiadas retirando-se as visualmente danificadas e chochas e os fragmentos de sementes. As sementes foram então armazenadas em sacos de polietileno e mantidas até o momento de sua utilização, em câmara com controle de temperatura e umidade (6-9 °C e 70% de umidade relativa).

Em novembro de 2012, foi realizada a quebra de dormência das sementes com imersão em água a 80 °C, por 24 h (Davide & Silva, 2008) e logo em seguida realizada a semeadura em tubetes de polietileno, com capacidade de 100 cm<sup>3</sup>, fixados em bandejas de 96 células, sobrepostas em bancadas suspensas de 1,2 m de altura. Estes tubetes foram preenchidos com substrato comercial HS Florestal, complementado com adubo de lenta liberação (Basacote Mini 6M®) de formulação N-P-K 15-08-12, na dose de 3,0 kg m<sup>-3</sup> de substrato.

Utilizou-se microaspersão, três vezes ao dia, variando de cinco a dez min por lâmina de irrigação, conforme a demanda hídrica. Foram realizadas três adubações de cobertura a partir do 30º dia de semeadura, com adubos de alta solubilidade contendo NPK. Para 100 L de água: 600 g de mono-amônio fosfato (MAP) (12% N; 50% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e 300 g de cloreto de potássio (60% K<sub>2</sub>O). Com a solução obtida, foram irrigados 10.000 tubetes, a cada 10 dias de intervalo, até que as mudas atingissem o tamanho desejado (adaptado de Gonçalves et al., 2000).

### Montagem do experimento

Em fevereiro de 2013, foram selecionadas progênies de três procedências distintas de *P. dubium* e transplantadas para vasos plásticos de cor preta com capacidade de 8 L, preenchidos por uma mistura de terra seca ao ar, peneiradas em malha de 0,5 cm e areia lavada, na proporção de 3:1, respectivamente. A coleta da terra foi realizada em subsolo localizado no campus universitário da UFGD, a qual foi submetida às análises químicas do solo e classificada originalmente como Latossolo Vermelho distroférico típico – LVdf (Sistema..., 1999).

A análise química do solo, realizada antes da adição da areia, revelou as seguintes características: pH (CaCl<sub>2</sub>) = 5,2; P (mg.dm<sup>-3</sup>) = 0,93; Ca, Mg, K e H + Al (cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>) = 1,61; 0,53; 0,06 e 2,74; MO (g.dm<sup>-3</sup>) = 8,98; SB (cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>) = 2,20 e V (%) = 44,53.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com 12 tratamentos e quatro repetições, dispostos em um esquema fatorial 3 (procedências) x 2 (adubações) x 2 (irrigações), considerando-se três plantas por unidade experimental, totalizando 144 plantas.

As três mudas utilizadas foram selecionadas de tal modo que todas as plantas estivessem o mais uniforme possível (10 cm de altura, 2 mm de diâmetro, dois a três pares de folhas) no momento do transplantio e, de acordo com a procedência, receberam a seguinte denominação: PGB (Bodoquena), PGM (Maracajú) e PGI (Ivinhema).

Foram utilizados dois ambientes contrastantes quanto à disponibilidade de água e nutrientes no solo: com e sem déficit hídrico e com e sem adubação, perfazendo quatro tratamentos: T1: com déficit hídrico e com adubação (CDH + CA); T2: com déficit hídrico e sem adubação (CDH + SA); T3: sem déficit hídrico e com adubação (SDH + CA); T4: sem déficit hídrico e sem adubação (SDH + SA).

Após o acondicionamento do solo nos vasos, determinou-se a capacidade de campo pelo método de saturação por capilaridade, seguida por drenagem livre (Bernardo et al., 2005). As parcelas com déficit hídrico receberam uma quantidade inicial de água calculada para preencher 5% do total da capacidade de campo, enquanto que as parcelas que ficaram sem déficit hídrico receberam uma quantidade de água calculada para preencher 100% da capacidade de campo.

A partir daí, o monitoramento do teor de umidade do solo foi realizado através de quatro vasos com déficit e outros quatro sem déficit hídrico. Esses vasos foram utilizados como referência para se estabelecer a quantidade de água a ser repostada aos demais, com base na verificação diária do seu peso, cuja variação corresponderia às perdas de água por evapotranspiração.

As parcelas com adubação receberam inicialmente calagem e após um período de 10 dias de incubação, foi aplicada uma dosagem de 4 g dm<sup>-3</sup> de Basacote Mini 6M (15-08-12 + micro), fazendo-se, em seguida, uma cuidadosa homogeneização. As parcelas sem adubação não receberam qualquer forma de adubo ou corretivo até o final do experimento.

A calagem foi realizada com base nos resultados da análise química do solo, transformando-se as doses obtidas em kg ha<sup>-1</sup> recomendada para campo, para kg de solo adicionado por vaso. Para efeito dos cálculos

da calagem, não foi considerado o volume de areia misturada ao solo utilizado. O método utilizado foi o de saturação por bases (SB), elevando-se a saturação ao nível de 70%. Utilizou-se calcário dolomítico com PRNT de 85%. A quantidade requerida de calcário foi de 0,23 g por kg de solo aplicado. Após a aplicação e homogeneização do solo com o calcário fez-se a mistura deste com areia na proporção de 3:1, respectivamente.

Após a calagem e adubação, foi realizada a incubação do solo durante o período de 20 dias mantendo-se sua umidade próxima a 70% da capacidade de campo, para o plantio das mudas. Fez-se então uma nova amostragem de solo que revelou as seguintes características: pH (CaCl<sub>2</sub>) = 6,1; P (mg.dm<sup>-3</sup>) = 10,66; Ca, Mg, K e H + Al (cmolc.dm<sup>-3</sup>) = 3,69; 1,15; 0,27 e 2,54; MO (g.dm<sup>-3</sup>) = 10,23; SB (cmolc.dm<sup>-3</sup>) = 5,11 e V (%) = 66,8.

Foram coletados dados de altura de plantas (H), diâmetro do colo (DC), número de folhas (NF) e índice SPAD (*soil plant analysis development*) ao longo do experimento em intervalos de 15 dias (20/03/2013, 04/04/13, 19/04/13, e 01/05/13). Após três meses, ao final do experimento, após lavagem em água corrente com auxílio de peneiras de 0,15 mm, foi aferido o peso da matéria seca de raízes (MSR), da parte aérea (MSPA) e total (MST), o quociente entre matéria seca de parte aérea e matéria seca de raízes (MSPA/MSR), o potencial hídrico foliar ( $\Psi_w$ ) e o índice de qualidade de Dickson (IQD) calculado pela expressão (Dickson et al., 1960):

$$IQD = \frac{MST_g}{\frac{H_{cm}}{D_{mm}} + \frac{MSAER_g}{MSRAIZ_g}}$$

Onde: IQD = índice de qualidade de Dickson, H = altura (cm); D = diâmetro do colo da planta (mm); MST = massa seca total (g); MSAER = massa seca da parte aérea (g); MSRAIZ = massa seca das raízes (g).

A avaliação do índice SPAD foi realizada em uma folha fisiologicamente madura por planta, da porção mediana da copa de cada planta da unidade experimental, com clorofilômetro marca Minolta, modelo SPAD/502. Foi realizada a média dos resultados obtidos nos intervalos coletados e expressos em unidade SPAD.

O potencial hídrico foliar ( $\Psi_w$ ) foi determinado no período entre 11 e 13 h, utilizando-se uma bomba de pressão tipo Scholander. A determinação consistiu na coleta de amostras de folhas completamente expandidas e com bom estado fitossanitário, as quais foram colocadas imediatamente na câmara da bomba de pressão, onde, em seguida, foi aplicada pressão até ocorrer a exsudação

pelo corte feito no pecíolo da folha, para a leitura em bar da pressão aplicada.

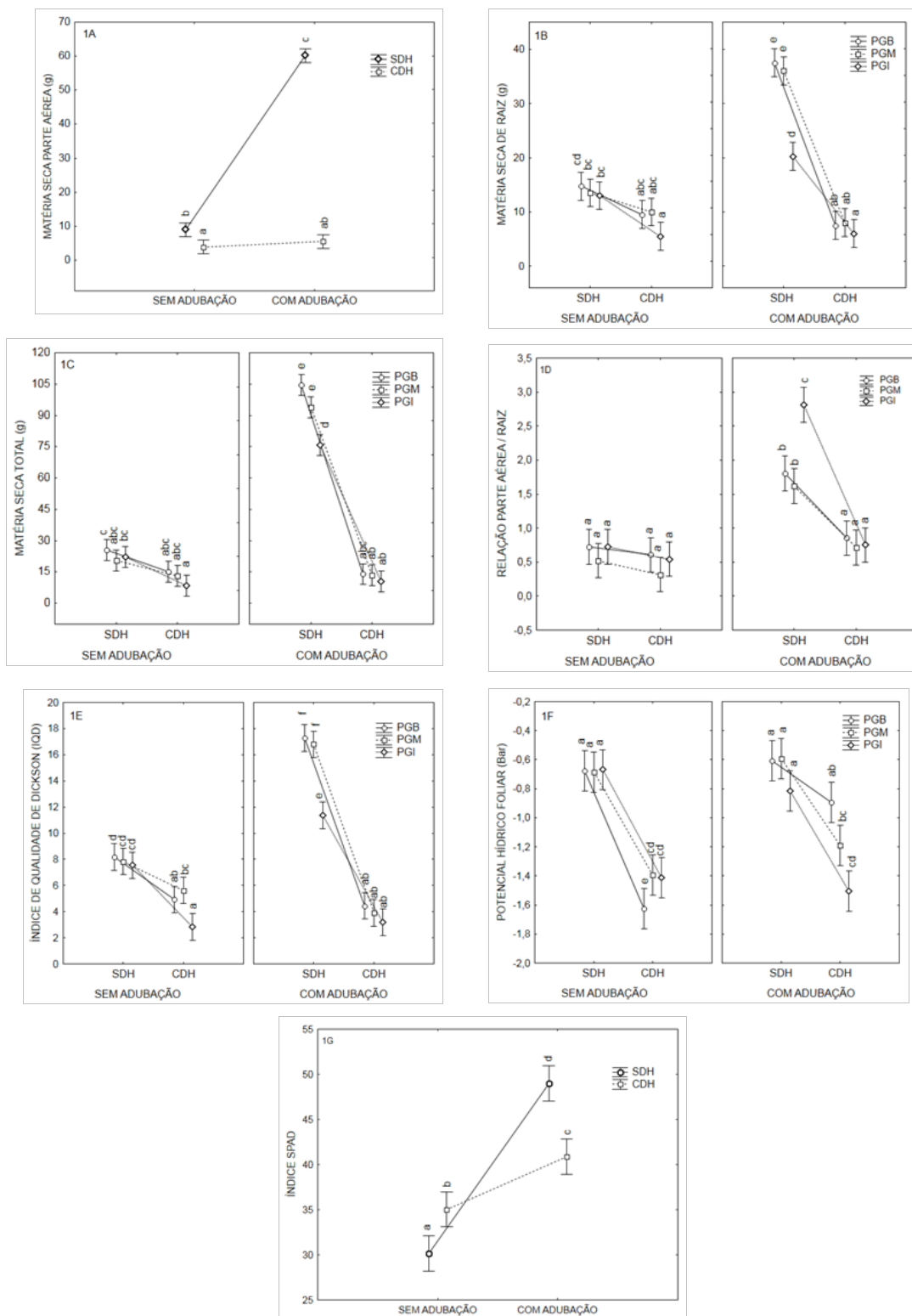
Os dados obtidos foram submetidos à análise da variância, utilizando-se o teste F a 5%, para testar as hipóteses dos efeitos principais e das interações. Em relação às variáveis com interação, procedências x irrigação x adubação, efetuou-se a comparação das médias pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. As interações que visaram verificar o incremento em altura e diâmetro de colo de acordo com épocas de coleta (dias) foram desdobradas pela regressão de tempo dentro de cada procedência.

## Resultados e discussão

Foi verificado efeito significativo da interação procedência x adubação x irrigação ( $p < 0,05$ ), para matéria seca de raiz (MSR), matéria seca total (MST), relação matéria seca da parte aérea e raiz (MSPA/RAIZ), índice de qualidade de Dickson (IQD) e potencial hídrico foliar ( $\Psi_w$ ). As variáveis matéria seca da parte aérea (MSPA) e o índice SPAD, revelaram interação entre irrigação x adubação (Fig. 1). A interação irrigação x adubação destacou-se por apresentar efeito significativo para todas as variáveis estudadas, seguida pela interação procedência x adubação com efeitos para MSR, MST, MSPA/RAIZ, IQD e  $\Psi_w$ . A interação procedência x irrigação foi a que apresentou menor efeito entre as variáveis estudadas (MSR, MST e MSPA/RAIZ).

Os resultados demonstraram, em relação à matéria seca da parte aérea (MSPA), não haver diferença entre as procedências estudadas. O tratamento que apresentou os maiores valores médios para MSPA foi o T3 (SDH + CA) (Fig. 1A).

O tratamento T1 (CDH + CA) foi estatisticamente inferior ao tratamento T4 (SDH + SA). Isso sugere que o teor de umidade no solo imposto às mudas de canafístula causou mais impacto no peso seco da parte aérea do que a disponibilidade de nutrientes. Segundo Barber (1974), o déficit hídrico rigoroso diminui ou inibe a absorção de nutrientes pelas plantas, devido à água ser o veículo por meio do qual os íons se movimentam da solução do solo para o sistema radicial das plantas, principalmente quando este movimento se dá por fluxo de massa e difusão. A falta de níveis adequados de água no solo leva, obrigatoriamente, à deficiência de nutrientes e conseqüentemente ao menor desenvolvimento das plantas (Novais et al., 1990).



**Figura 1.** Matéria seca parte aérea (MSPA), matéria seca de raiz (MSR), relação entre a matéria seca de parte aérea e de raiz (MSPA/MSR), matéria seca total (MST), índice de qualidade de Dickson (IQD), potencial hídrico foliar ( $\Psi_w$ ) e índice SPAD de plantas jovens de *Peltophorum dubium*, oriundas de três procedências e submetidas a diferentes níveis de adubação e umidade do solo. Médias seguidas por uma mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. SDH – sem déficit hídrico; CDH – com déficit hídrico.

Plantas submetidas ao déficit hídrico podem apresentar ineficiência no desenvolvimento morfológico em consequência da morte de células, de tecidos ou órgãos da planta (Gonçalves, 1992). Corroborando com este autor, durante as medições no tratamento com déficit hídrico foi constatado menor desenvolvimento de folhas seguido de quedas, apresentando características típicas de déficit hídrico.

De maneira geral, o tratamento T2 (CDH + SA) e o tratamento T1 (CDH + CA), apresentaram médias semelhantes para as variáveis MSR, MST, MSPA/MSR e IQD, com desempenho inferior ao tratamento T4 (CDH + SA). O tratamento com adubação e sem déficit hídrico (T3) foi que proporcionou o melhor desempenho morfológico de mudas (Fig. 1).

Independentemente da utilização ou não da adubação, os tratamentos que receberam déficit hídrico apresentaram menor MSR, MST e IQD. Segundo Ferreira et al. (1999), o déficit hídrico afeta primeiro as raízes, a partir do qual desencadeia uma série de efeitos em toda a planta. Carneiro et al. (1995) ressaltam sobre a importância das raízes, que asseguram maior desenvolvimento às mudas, por estarem fortemente associadas às atividades fisiológicas e serem fundamentais para se estimar a sobrevivência e o crescimento inicial, em condições de campo. Verificou-se neste trabalho que quanto maior o peso de matéria seca de raízes, maior será o da parte aérea, tendência também verificada por Sabonaro & Galbiatti (2007) e Moraes et al. (2012).

A procedência PGI apresentou o menor peso de MSR para todos os tratamentos avaliados, o que refletiu em maiores médias de MSPA/RAIZ e menor IQD, principalmente no tratamento com adubação e sem déficit hídrico (T3). Em condições de déficit hídrico, essa característica refletiu em menor peso de MST. Diante destas observações, sugere-se que as mudas dessa procedência tenham maiores dificuldades em estabelecimento em campo em relação às procedências PGB e PGM.

As procedências PGB e PGM não apresentaram diferença significativa para nenhuma das características morfológicas estudadas. Duas hipóteses poderiam ser

sugeridas neste caso. Uma a respeito da distribuição geográfica no qual as matrizes estão inseridas. A região da Zona da Serra de Maracajú e da Serra da Bodoquena podem apresentar indivíduos pertencentes à mesma população de plantas devido à sua proximidade regional. Outra seria devido às condições ambientais, de solo e clima, semelhantes. Neste caso, a seleção natural pode estar atuando no mesmo sentido nos dois ambientes. Para confirmação, sugere-se que seja realizado um estudo molecular destas progênies.

O potencial hídrico foliar ( $\Psi_w$ ) não apresentou diferenças significativas entre plantas de canafístula das procedências estudadas, quando submetidas a ambiente sem déficit hídrico, independentemente da realização ou não da adubação (Fig. 1F). Resultados semelhantes foram encontrados por Pereira et al. (2006) e Silva et al. (2007). Contudo, podem-se observar variações expressivas entre as progênies quando expostas a condições de ambiente com déficit hídrico na presença ou ausência de adubação, demonstrando que houve adaptações ao déficit hídrico de forma diferenciada entre as procedências.

Segundo Gonçalves (1992), nos períodos de seca ocorre redução gradual no potencial hídrico das plantas, cuja magnitude vai depender dos mecanismos de prevenção à desidratação, podendo decrescer até valores críticos, o que resulta em prejuízo ou morte de células, de órgãos ou de plantas inteiras.

As procedências PGB e PGM apresentaram seus menores valores de  $\Psi_w$  no tratamento T2 (CDH + SA), indicando haver efeito significativo da adubação nos mecanismos de controle do  $\Psi_w$  dessas progênies, por exemplo, melhorando a eficiência de absorção de água pelas plantas ou no aumento da resistência difusa dos estômatos. Em contrapartida, a procedência PGI não demonstrou o mesmo comportamento (Fig. 1F).

A procedência PGB apresentou o maior  $\Psi_w$  em condição de deficiência hídrica quando adubadas (T1), atingindo valores estatisticamente iguais às condições sem déficit hídrico. Todavia, a mesma procedência, obteve os menores valores de  $\Psi_w$  na ausência de adubação e baixa umidade no solo. Isso demonstra que a adubação conferiu às progênies um alto grau de controle dos processos fisiológicos que estão associados ao  $\Psi_w$  desta espécie.

Redução de  $\Psi_w$  em condições de seca também foram observadas por Chaves et al. (2004) e Tatagiba et al. (2009), em plantas de eucalipto, e por Silva et al. (2003),

em outras três espécies lenhosas. Em plantas jovens de andiroba, sob deficiência hídrica, o  $\Psi_w$  chegou a reduzir quatro vezes, comparado às plantas irrigadas (Gonçalves et al., 2009). Oliveira et al. (2002) também verificaram, em pupunheiras submetidas à deficiência hídrica, que o  $\Psi_w$  tornou-se menor, à medida que a umidade do solo decresceu. No entanto, relatos diferentes são encontrados na literatura. Por exemplo, Lima et al. (2002) não observaram diferenças para o potencial hídrico em cinco clones de eucalipto em condições de seca.

No que se refere ao índice SPAD, houve interação significativa ( $p < 0,05$ ) apenas entre irrigação x adubação. Os menores valores SPAD foram observados nos tratamentos que não receberam adubação, independente do regime hídrico adotado (Fig. 1G).

Os valores de SPAD refletem os teores relativos de clorofila e nitrogênio, e são calculados a partir de certa quantidade de luz emitida pelo instrumento medidor e refletida pela folha (Salla et al., 2007). A determinação dos teores de clorofila da folha é importante para inferir sobre a capacidade fotossintética da planta, pois esta depende, em parte, da capacidade da folha em absorver luz. Os maiores valores das leituras SPAD são encontrados em folhas novas de plantas não submetidas a estresse ambiental, por possuírem maior capacidade de síntese de clorofila e maior intensidade de cor verde (Reis et al., 2006). Fato este também observado neste estudo, onde os maiores índices SPAD observados foram alcançados pelo tratamento sem déficit hídrico e com adubação (T3).

Dessa forma, os resultados deste trabalho evidenciam os efeitos da adubação no aumento dos teores de clorofila e nitrogênio das folhas. Entretanto, o teor de umidade do solo agiu de maneira contrária dependendo da utilização ou não da adubação. Para ambientes sem adubação, a maior umidade do solo fez com que diminuísse a intensidade do verde das folhas e em ambientes com adubação a maior umidade do solo fez com que aumentasse a intensidade do verde e o teor de clorofila das folhas.

Isso pode ser parcialmente explicado pela dinâmica do N no sistema solo-planta-atmosfera. O baixo potencial de fornecimento de N pelo substrato utilizado neste experimento ( $MO: 8,98 \text{ g.dm}^{-3}$ ) aliado às perdas naturais provocadas por processos como volatilização,

desnitrificação, lixiviação e remoção de N pelas plantas, acarretaram diminuição cada vez maior da disponibilidade deste nutriente após cada reposição de água no solo ocorrida nos tratamentos sem déficit hídrico e que não receberam adubação (T4).

Além disso, o N assimilado pelos vegetais em condições adequadas de umidade no solo pode, em parte, perder-se tanto pelas raízes, por exsudação, como pela parte aérea por volatilização, principalmente na forma de amônia, por lixiviação de compostos solúveis na água das chuvas ou irrigação, ou mesmo por gutação (Trivelin, 2002). Diante disso, sugere-se que o tratamento T2 (CDH + SA) foi menos propício às perdas de N pelos tecidos vegetais em relação ao T4 (SDH + SA), acusando assim maiores valores SPAD.

Na Figura 2, pode-se observar o incremento em altura (H) e diâmetro de colo (DC) em função do tempo de desenvolvimento das mudas de canafístula oriundas de três procedências distintas (PGB, PGM e PGI). Todas as curvas seguem o mesmo comportamento, não sendo observada diferença significativa ( $p < 0,05\%$ ) entre as procedências para as duas variáveis estudadas. Entretanto, houve interação significativa entre procedência x irrigação x adubação para H e DC.

De maneira geral, houve um comportamento crescente em DC e H em todos os tratamentos e progênies. No entanto, aos quinze dias, as mudas submetidas ao tratamento com adubação e sem déficit hídrico (T3) já se apresentavam significativamente superiores às demais, com altura média acima de  $15 \text{ cm.muda}^{-1}$ , seguindo com este padrão durante todo o experimento. Foi verificada, para este mesmo tratamento, maior variabilidade dos dados coletados aos 60 dias após transplântio (Figura 2), indicando maior competição por espaço entre plantas que compunham o mesmo vaso, motivo este que determinou o encerramento do experimento.

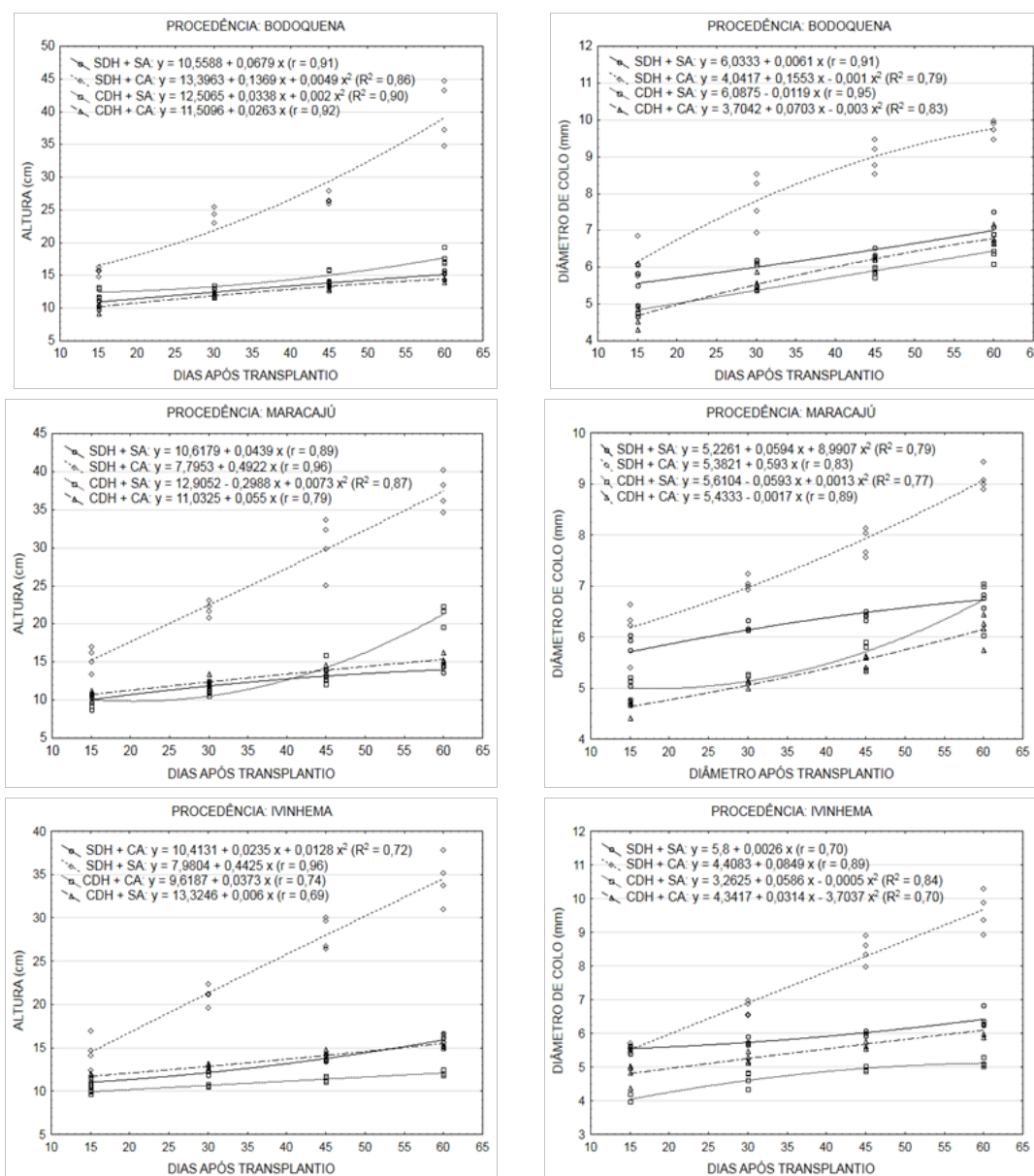
Alvarenga et al. (1994), estudando o efeito de dois níveis de umidade (um na capacidade de campo e outro com potencial de água no solo de  $-1,5 \text{ MPa}$ ) em *Eucalyptus grandis*, encontraram crescimento em altura superior a 65% nas plantas produzidas em condições de capacidade de campo. No presente experimento a diferença média encontrada foi de 40% superior para o tratamento sem déficit hídrico e com adubação (T3) em relação aos demais.

Os tratamentos T1, T2 e T4 apresentaram resultados semelhantes quanto ao incremento em H entre as procedências PGB e PGM. Entretanto, a procedência PGI mostrou alternância desse comportamento em relação às demais ao apresentar valores médios de H para os tratamentos T1 e T4 superiores ao tratamento T2 (CDH + SA) (Fig. 2C), indicando menor eficiência de PGI em se desenvolver em condições de estresse hídrico e nutricional.

Os maiores valores de crescimento de DC foram obtidos no tratamento T3 (SDH + CA), seguido do tratamento T4 (SDH + SA), com resultados superiores

aos tratamentos T1(CDH + CA) e T2 (CDH + SA). Os tratamentos T1 e T2 apresentaram DC semelhantes para as procedências PGB e PGM. No entanto, a procedência PGI demonstrou valores superiores para o tratamento T1 em relação ao T2, semelhante ao observado para incremento em H da parte aérea (Figura 2).

As progênies com baixo diâmetro do colo apresentam dificuldades de se manterem eretas após o plantio (Cunha et al., 2005). O tombamento decorrente dessa característica pode resultar em morte ou deformações que podem comprometer a qualidade das plantas em campo.



**Figura 2.** Incremento em altura (H) e diâmetro de colo (DC) em função do tempo percorrido durante o desenvolvimento de plantas jovens de *Peltophorum dubium* oriundas de três procedências e submetidas a níveis distintos de déficit hídrico e adubação. SDH - sem déficit hídrico; CDH - com déficit hídrico; SA - sem adubação; CA - com adubação.



## Conclusões

As progênies oriundas da Serra da Bodoquena (PGB) e da Serra de Maracaju (PGM) são mais resistentes aos estresses hídrico e nutricional em relação à progênie da região de Ivinhema, MS.

A detecção da diferença entre as procedências é intensificada em ambientes que não proporcionam déficit hídrico para as mudas de canafistula.

O estresse hídrico imposto às plantas de canafistula causa mais danos morfofisiológicos do que o estresse por falta de nutrientes.

As plantas jovens de canafistula são altamente responsivas às condições ideais de umidade e disponibilidade de nutrientes no solo.

## Referências

- ALVARENGA, R. C.; BARROS, N. F.; DANTAS, C. E. S.; LOBÃO, D. Efeito do conteúdo de água no solo e da poda de raízes sobre o crescimento de mudas de Eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 18, n. 2, p. 107-114, 1994.
- BARBER, S. A. Influence of the plant root onion movement in soil. In: CARSON, E. W. (Ed.). **The plant root and its environment**. Charlottesville: University Press of Virginia, 1974. p. 524-564.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 7. ed. Viçosa, MG: Ed da UFV, 2005. 611 p.
- BRUNE, A. **Implantação de populações base de espécies florestais**. Curitiba: EMBRAPA-URPFCS, 1981. 9 p. (EMBRAPA-URPFCS. Documentos, 1).
- CAPELANES, T. M. C.; BIELLA, L. C. Produção e tecnologia de sementes de espécies florestais nativas na Companhia Energética de São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE TECNOLOGIA DE SEMENTES FLORESTAIS, 1., 1984, Belo Horizonte. **Anais...** São Paulo: CESP, 1984. 31 p. Mapas.
- CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR / FUPEF; Campos: UENF, 1995. 451 p.
- CHAVES, J. H.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; NEVES, J. C. L.; PEZZOPANE, J. E. M.; POLLI, H. Q. Seleção precoce de clones de eucalipto para ambientes com disponibilidade diferenciada de água no solo: relações hídricas de plantas em tubetes. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 28, n. 3, p. 333-341, 2004. DOI: 10.1590/S0100-67622004000300003
- CUNHA, A. O.; ANDRADE, L. A.; BRUNO, R. L. A.; SILVA, J. A. L.; SOUZA, V. C. Efeitos de substratos e das dimensões dos recipientes na qualidade das mudas de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex D.C.) Standl. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 4, p. 507-516, 2005. DOI: 10.1590/S0100-67622005000400002
- DAVIDE, A. C.; SILVA, E. A. A. **Produção de sementes e mudas de espécies florestais**. Lavras: Ed da UFLA, 2008. 170 p.
- DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **The Forestry Chronicle**, Ottawa, v. 36, n. 1, p. 10-13, 1960. DOI: 10.5558/tfc36010-1
- FERREIRA, C. A. G.; DAVIDE, A. C.; CARVALHO, L. R. Relações hídricas em mudas de *Eucalyptus citriodora* Hook., em tubetes, aclimatadas por tratamentos hídricos. **Revista Cerne**, Lavras, v. 5, n. 2, p. 95-104, 1999.
- 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 roseodora* Ducke) under different light intensities. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 17, n. 3, p. 325-334, 2005. DOI: 10.1590/S1677-04202005000300007
- GONÇALVES, J. L. M.; KAGEYAMA, P. Y.; FREIXÊDAS, V. M.; GONÇALVES, J. C.; GERES, W. L. A. Capacidade de absorção e eficiência nutricional de algumas espécies arbóreas tropicais. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 4, edição especial, p. 463-469, 1992.
- GONÇALVES, J. L. de M.; SANTARELLI, E. G.; MORAES NETO, S. P. de; MANARA, M. P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J. L. de M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 310-349.
- GONÇALVES, J. F. de C.; SILVA, C. E. M. da; GUIMARÃES, D. G. Fotossíntese e potencial hídrico foliar de plantas jovens de andiroba submetidas à deficiência hídrica e à reidratação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 814, 2009. DOI: 10.1590/S0100-204X2009000100002.
- LECHNER, L.; PEREYRA-IRUJO, G. A.; GRANIER, C.; AGUIRREZÁBAL, L. A. N. Rewatering plants after a long water-deficit treatment reveals that leaf epidermal cells retain their ability to expand after the leaf has apparently reached its final size. **Annals of Botany**, Oxford, v. 101, p. 1007-1015, 2008. DOI: 10.1093/aob/mcn029
- LIBERATO, M. A. R.; GONÇALVES, J. F. C.; CHEVREUIL, L. R.; NINA JUNIOR, A. R.; FERNANDES, A. V.; SANTOS JUNIOR, U. M. Leaf water potential, gas exchange and chlorophyll a fluorescence in acariquara seedlings (*Mimquartia guianensis* Aubl.) under water stress and recovery. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 18, n. 2, p. 315-323, 2006. DOI: 10.1590/S1677-04202006000200008
- LIMA, A. L. S.; DAMATTA, F. M.; PINHEIRO, H. A.; TOTOLA, M. R.; LOUREIRO, M. E. Photochemical responses and oxidative stress in two clones of *Coffea canephora* under water deficit conditions. **Environmental and Experimental Botany**, Amsterdam, v. 47, n. 3, p. 239-247, 2002. DOI: 10.1016/S0098-8472(01)00130-7
- LONGHI, R. A. **Livro das árvores: árvores e arvoretas do sul**. 2. ed. Porto Alegre: L&PM, 1995. 176 p.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 368 p.

- MORAIS, W. W. C.; SUSIN, F.; VIVIAN, M. A.; ARAUJO, M. M. Influência da irrigação no crescimento de mudas de *Schinus terebinthifolius*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 32, n. 69, p. 23-28, 2012. DOI: 10.4336/2012.pfb.32.69.23
- NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. Nutrição mineral do eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (Ed.). **Relações solo-eucalipto**. Viçosa, MG: Folha de Viçosa, 1990. p. 25-91.
- OLIVEIRA, M. A. J. O.; BOVI, M. L. A.; MACHADO, E. C.; GOMES, M. M. A. G.; HEBERMANN, G.; RODRIGUES, J. D. Fotossíntese, condutância estomática e transpiração em pupunheira sob deficiência hídrica. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 1, p. 59-63, 2002. DOI: 10.1590/S0103-90162002000100008
- PEIXOTO, C. P.; CERQUEIRA, E. C.; SOARES FILHO, W. S.; CASTRO NETO, M. T.; LEDO, C. A. S.; MATOS, F. S.; OLIVEIRA, J. G. Análise de crescimento de diferentes genótipos de citros cultivados sob déficit hídrico. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 439-442, 2006. DOI:
- PEREIRA, M. R. R.; KLAR, A. E.; SILVA, M. R.; SOUZA, R. A.; FONSECA, N. R. 2006. Comportamento fisiológico e morfológico de *Eucalyptus urograndis* submetidos à diferentes níveis de água no solo. **Irriga**, Botucatu, v. 11, p. 518-531, 2006. CD-ROM.
- REIS, A. R. dos; FURLANI JUNIOR, E.; BUZZETTI, S.; ANDREOTI, M. Diagnóstico da exigência do cafeeiro em nitrogênio pela utilização do medidor portátil de clorofila. **Bragantia**, Campinas, SP, v. 65, n. 1, p. 163-171, 2006. DOI: 10.1590/S0006-87052006000100021
- SABONARO, D. Z.; GALBIATTI, J. A. Efeito de níveis de irrigação em substratos para a produção de mudas de ipê-roxo. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 74, p. 95-102, 2007.
- SALLA, L.; RODRIGUES, J. C.; MARENCO, R. A. Teores de clorofila em árvores tropicais determinados com o SPAD-502. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, suplemento 2, p. 159-161, 2007.
- SANTOS JUNIOR, U. M.; GONÇALVES, J. F. C.; FELDPAUSCH, T. R. Growth, leaf nutrient concentration and photosynthetic nutrient use efficiency in tropical tree species planted in degraded areas in central Amazonia. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 226, n. 1-3, p. 299-309, 2006. DOI: 10.1016/j.foreco.2006.01.042
- SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; AZEVEDO NETO, A. D.; SANTOS, V. F. Comportamento estomático e potencial da água da folha em três espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 231-246, 2003. DOI: 10.1590/S0102-33062003000200006
- SILVA, J. M. S.; KLAR, A. E.; GUERRA, S. P. S.; GOMES, J. E. Desenvolvimento de mudas de *Pinus oocarpa* Schiede em vasos na presença de adubação N-P-K e diferentes condições hídricas. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, Garça, v. 9, n. 1, 2007.
- SISTEMA Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, DF: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.
- TATAGIBA, S. D.; PEZZOPANE, J. E. M.; REIS, E. F.; RICARDO M. PENCHEL, R. M. Desempenho de clones de eucalipto em resposta a disponibilidade de água no substrato. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 17, n. 3, p. 179-189, 2009. DOI: 10.130883/1414-3984.v17n03a02
- TRIVELIN, P. C. O.; VITTI, A. C.; OLIVEIRA, M. W.; GAVA, G. J. C.; SARRIÉS, G. A. Utilização de nitrogênio e produtividade da cana-de-açúcar (cana-planta) em solo arenoso com incorporação de resíduos da cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 26, n. 3, p. 637- 646, 2002.
- TUOMELA, K. Leaf water relations in six provenances of *Eucalyptus microtheca*: a greenhouse experiment. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 92, n. 1-3, p. 1-10, 1997. DOI: 10.1016/S0378-1127(96)03961-8
- ZONEAMENTO ECOLÓGICO ECONÔMICO DO ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL: contribuições técnicas, teóricas, jurídicas e metodológicas. Campo Grande: Governo do Estado do Mato Grosso do Sul, 2008. v. 1. 128 p.