

ANÁLISE DE CRESCIMENTO E TROCAS GASOSAS DE PLANTAS DE *Lonchocarpus sericeus* (Poir.) D.C. SOB ALAGAMENTO PARA USO NA RECUPERAÇÃO DE MATAS DE CILIARES

ANALYSIS OF GROWTH AND GAS EXCHANGE OF PLANTS *Lonchocarpus sericeus* (Poir.) D.C. IN FLOODING FOR THE RECOVERY OF THE RIPARIAN FORESTS

Jean Marcel Sousa Lira¹ Robério Anastácio Ferreira² Carlos Dias da Silva Junior³
Elísio Marinho dos Santos Neto⁴ Wislane da Silva Santana⁵

RESUMO

Com o intuito de selecionar espécies para utilização na recuperação de matas ciliares na margem do rio São Francisco localizada no estado de Sergipe foi realizado um experimento com o objetivo de avaliar o crescimento e as trocas gasosas de plantas de *Lonchocarpus sericeus* (Poir.) D.C., submetidas a alagamento em condição de viveiro. O experimento foi realizado no Viveiro Florestal do Departamento de Ciências Florestais, da Universidade Federal de Sergipe (UFS), no município de São Cristóvão-SE (11°01' de latitude S e 37°12' de longitude W, com altitude de 20 m), estado de Sergipe, Brasil, no período de outubro de 2006 a janeiro de 2007 em condição ambiente. Foi utilizado delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), em fatorial (2x7), dois tratamentos (controle – T0, plantas em capacidade de campo e alagadas – T1) e dias após alagamento (0, 15, 30, 45, 60, 75 e 90 dias). Para simular a condição de alagamento, as plantas foram postas em vasos plásticos de cor preta com volume de 5 L e mais substrato. Após, estes vasos foram acoplados a vasos com volume de 10 L, onde foi acrescida a água até atingir lâmina d'água de 5 cm acima do colo das plantas. As plantas do controle permaneceram em vasos com volume de 5 L com substrato mantido na capacidade de campo. Nas variáveis não destrutivas foram utilizadas 4 repetições por tratamento, avaliadas a cada quinze dias, onde cada repetição consta de 6 plantas, totalizando 24. Para as variáveis destrutivas foram utilizadas 4 repetições por tratamento, avaliadas quinzenalmente a partir de 15 dias após o alagamento, onde cada repetição consta de uma planta totalizando 24 plantas. Desta forma foram utilizadas 48 plantas por tratamento. As variáveis não destrutivas foram altura, diâmetro do colo e número de folhas. Enquanto as variáveis destrutivas analisadas foram massa seca da raiz e parte aérea, razão da massa seca da raiz/parte aérea. Além disso, foram realizadas análises de trocas gasosas mensalmente, sendo avaliadas doze plantas por tratamento, com amostragem de duas folhas, completamente expandidas, por planta. As variáveis biométricas foram submetidas à análise de variância e posteriormente ao teste de média (Tukey $p < 0,05$), enquanto dos valores de trocas gasosas foram retirados os desvios padrões das médias. Diante disso, observamos que o alagamento promoveu a redução em altura e na razão massa seca da raiz/parte aérea, a partir dos 30 dias após aplicação do tratamento. Além disso, as plantas alagadas apresentaram modificações morfológicas como raízes adventícias e hipertrofia das lenticelas, características de espécies tolerantes ao alagamento. A taxa fotossintética líquida foi reduzida em 48,20% em relação ao controle aos 60 dias. Todavia, apesar das reduções nas variáveis de crescimento e trocas gasosas, a espécie *Lonchocarpus sericeus* mostrou-se promissora na recuperação de mata ciliar, por apresentar modificações morfológicas características de espécies tolerantes ao alagamento.

Palavras-chave: Raízes adventícias; Lenticelas hipertrofiadas; Taxa fotossintética líquida.

1 Engenheiro Florestal, Msc., Doutorando do Programa de Fisiologia Vegetal do Departamento de Biologia, Universidade Federal de Lavras, Campus Universitário, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras (MG), Brasil. lirajms@posgrad.ufla.br

2 Engenheiro Florestal, Dr., Professor Efetivo Adjunto I do Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Sergipe, Av. Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, CEP 49100-000, São Cristóvão (SE), Brasil. raf@ufs.br

3 Biólogo, Dr., Professor Adjunto do Departamento de Biologia, Universidade Federal de Sergipe, Av. Mal. Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, CEP 49100-000, São Cristóvão (SE), Brasil. cdias@ufs.br

4 Engenheiro Florestal, Funcionário da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos, Av. Gonçalo Prado Rollemberg, 53, Bairro São José, CEP 49010-410, Aracaju (SE), Brasil. gararufloresta@yahoo.com.br

5 Estudante de Engenharia Florestal, Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Sergipe, Av. Mal. Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, CEP 49100-000, São Cristóvão (SE), Brasil. wislane_santana@hotmail.com

Recebido para publicação em 22/11/2011 e aceito em 21/06/2012

ABSTRACT

In order to select species for using in the restoration of riparian forests on the banks of the Sao Francisco River, in the state of Sergipe, an experiment was conducted to evaluate the growth and gas exchange of plants *Lonchocarpus sericeus* (Poir.) D.C., subject to flooding conditions in the nursery. The experiment was conducted at Forest Nursery, Department of Forest Sciences, Federal University of Sergipe (UFS), the municipality of São Cristóvão, (11 ° 01 'S latitude and 37 ° 12' longitude W, altitude 20 m) , state of Sergipe, Brazil, from October 2006 to January 2007 under ambient conditions. We used a completely randomized design (CRD), factorial (2x7), two treatments (control - T0, plants at field capacity and flooded - T1) and days after flooding (0, 15, 30, 45, 60, 75 and 90 days). To simulate the condition of flooding, the plants were placed in plastic pots of black color with a volume of 5 L and more substrate. Following these pots were attached to pots with a volume of 10 L, which was added water until it reaches a water depth of 5 cm above the top of the plants. The control plants kept in pots with a volume of 5 L substrate maintained at field capacity. In non-destructive variables were used four replicates per treatment evaluated every fifteen days, where each replicate consists of six plants, totaling 24. Destructive variables used were 4 replicates per treatment, determined biweekly from 15 days after flooding, where each replicate consists of a plant totaling 24 plants. Therefore, 48 plants were used per treatment. The non-destructive variables were height, diameter and number of leaves. While the destructive variables analyzed were dry weight of roots, dry weight of shoots and dry weight of root / shoot ratio. In addition, we carried out analysis of gas exchange on a monthly basis and evaluated twelve plants per treatment, with two sampling leaves, fully expanded, per plant. The biometric variables were subjected to analysis of variance and subsequently the average test (Tukey $p < 0.05$), while the values of gas exchange were taken from the standard deviations of the mean. Thus, we observe that the flooding caused a reduction in height and dry mass of root / shoot ratio, from 30 days after treatment application. In addition, flooded plants showed morphological changes such as hypertrophy of adventitious roots and lenticels, characteristics of species tolerant to flooding. The net photosynthetic rate has been reduced by 48.20% compared to control after 60 days. However, despite reductions in growth variables and gas exchange species *Lonchocarpus sericeus* showed promise in the recovery of riparian vegetation, due to its morphological characteristics of species tolerant to flooding.

Keywords: adventitious roots, hypertrophied lenticels, net photosynthetic rate.

INTRODUÇÃO

O país atravessa um momento decisivo na questão ambiental, uma vez que a definição das leis de preservação e conservação das matas ciliares vai afetar todo o segmento agrícola, pecuário e pesqueiro, além de toda a população que depende, direta ou indiretamente, dos recursos hídricos para sobreviver. As modificações do Código florestal são um dos fatores que poderá promover significativas mudanças no modelo de desenvolvimento do Brasil.

As matas ciliares são ecossistemas protegidos por lei há mais de quatro décadas (LEI FEDERAL 4.771, 1965) e foram consideradas como áreas de preservação permanente (APP) pela Constituição Federal de 1988. Apesar disso, a exploração de forma indiscriminada e a supressão para criação de áreas de cultivo, pastagens e rodovias, entre outras, vêm ocorrendo ao longo destes anos (CHAVES et al., 2010).

As áreas cobertas por florestas, situadas entre um rio e os sítios adjacentes e que devem ser preservadas para manter a integridade ecológica e hidrológica dos cursos d'água, são consideradas matas ciliares (DAVIDE et al., 2000). Tais ecossistemas exercem influência na qualidade da água, estabilização das margens dos rios, no habitat para fauna silvestre e no ambiente aquático (KOZLOWSKI, 2002; LOPES e SCHIAVINI, 2007). Além disso, por ser um dos ecossistemas mais intensamente utilizados e degradados pelo homem, faz-se cada vez mais necessária a sua recuperação (FONTES et al., 2011).

A região do Baixo Rio São Francisco, na margem do estado de Sergipe, sofreu alterações na composição das matas ciliares devido à construção da usina de Xingó. De acordo com Blom et al. (1994), o represamento de cursos d'água causado pela construção de barragens altera drasticamente o regime de cheias e a dinâmica sucessional destas áreas.

A utilização de espécies tolerantes a inundações sazonais provocadas pelo aumento no nível do lençol freático nos períodos de cheia é fator determinante na recuperação das matas ciliares (FERREIRA et al., 2009). No entanto, o critério de escolha destas espécies vem sendo feito por meio de observações e levantamentos florísticos e fitosociológicos (RIBEIRO et al., 2009; LIMA et al., 2009; LACERDA et al., 2010), sendo poucos os trabalhos que se utilizam de critérios fisiológicos para a seleção das espécies. Devido à complexidade do sistema água-solo-plantas, o estudo de tolerância ao alagamento é restrito, sendo necessário estudar o comportamento adaptativo das espécies nestas condições (CASIMIRO, 2006).

O alagamento pode ocorrer naturalmente (uma forte chuva, elevação do lençol freático, cheia do curso d'água, etc.) (DAMASCENO-JUNIOR et al., 2004) ou de forma antrópica (obras de represa, compactação do solo, impermeabilização das áreas, desmatamento, áreas degradadas, etc.) (VAN DIJK et al., 2009) provocando a redução dos espaços ocupados por gases no solo causando a hipoxia e/ou anoxia (SAIRAM et al., 2008). O principal efeito do alagamento para as plantas é a redução ou a extinção do O₂, que provoca a morte de tecidos e mudança da respiração aeróbica para anaeróbica (FOX et al., 1994; OKAMOTO et al., 2000).

A intensidade e duração do alagamento são fatores determinantes no comportamento das espécies (CHANG, 2000; SILVA et al., 2005), já que, a maioria delas pode tolerar curtos períodos de anoxia (KENNEDY et al., 1992; DREW, 1997). A duração do estresse exerce grande pressão de seleção excluindo os indivíduos que não possam manter os processos metabólicos ao longo do tempo.

Na região do Baixo São Francisco, o regime de cheia é de mais ou menos 90 dias no período chuvoso, devido à abertura das comportas da Usina Hidroelétrica de Xingó. Deve-se salientar que as cheias ocorridas nesta região são decorrentes das chuvas nos estados de Minas Gerais e Bahia, nas regiões do Alto e Médio São Francisco. Neste período, as plantas podem ficar completamente submersas (ambiente na linha do curso d'água), com o sistema radicular submerso (ambiente médio) e em capacidade de campo (ambiente seco) (RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ et al., 2010).

As plantas que ocupam as matas ciliares possuem características próprias que as habilitam a sobreviver, crescer e desenvolver nestes ambientes. Estas características vão desde modificações

morfoanatômicas e fisiológicas até modificações metabólicas que agem na tolerância ao estresse (BLOM et al., 1996; FERREIRA et al., 2005). Uma das preocupações na recuperação de áreas degradadas é a utilização de plantas tolerantes para evitar perdas das plantas por morte e, consequentemente, prejuízos nos projetos de recuperação.

A espécie *Lonchocarpus sericeus* (Poir.) D.C. é uma planta perenifólia, heliófita seletiva, higrófila, pioneira ou secundária, característica de matas ciliares e matas costeiras, tanto em formações primárias quanto em secundárias. Apresenta, de maneira geral, frequência baixa e um tanto descontínua ao longo de sua faixa de distribuição. Em menor frequência pode ser encontrada também em matas semidecíduas, caatinga arbórea e mata pluvial de terra firme. Ocorre preferencialmente ao longo de cursos d'água sobre solos argilosos de boa fertilidade (LORENZI, 1998). Esta espécie possui potencial para utilização em plantios de recuperação de matas ciliares, na região do baixo São Francisco, no estado de Sergipe, devido à ocorrência natural da espécie nestes ambientes. No entanto, pouco se sabe a respeito do seu comportamento em condições de alagamento. Em virtude disso, foi realizado um experimento em vasos, para avaliar o crescimento e as trocas gasosas de plantas de *Lonchocarpus sericeus*, sob alagamento para uso em recuperação de matas ciliares.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização do local do experimento e produção das mudas

O experimento foi realizado no Viveiro Florestal do Departamento de Ciências Florestais, da Universidade Federal de Sergipe (UFS), no município de São Cristóvão (11°01' de latitude S e 37°12' de longitude W, com altitude de 20 m), estado de Sergipe, Brasil, no período de outubro de 2006 a janeiro de 2007 em condições ambiente. A precipitação média anual é de 1.200 mm, temperatura média de 25,5 °C, e umidade relativa do ar média de 75%, com período de chuvas concentrados nos meses de abril a agosto. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é tipo As, tropical chuvoso com verão seco (MELO et al., 2006).

As plantas de *Lonchocarpus sericeus* foram produzidas por meio de semeadura indireta, de sementes coletadas de 25 matrizes em todo o

estado, e transplantadas, em fase de plântula, para sacos de polietileno preto (14x21 cm), tendo como substrato terra preta, areia e esterco de curral curtido, na proporção 3:1:1 (v/v). Após o transplântio, as plântulas permaneceram sob sombrite (50%) por um período de 15 dias e, posteriormente, foram colocadas em sol pleno. A adubação inicial foi feita com 5 kg de superfosfato simples, 500 g de cloreto de potássio e 300 g de Fritted Trace Elements (FTE) para cada m³ de substrato. Para acelerar o desenvolvimento das mudas, após 30 dias das plantas em pleno sol foi realizada adubação de cobertura, quinzenalmente, com 2,5 g de cloreto de potássio mais 10 g de sulfato de amônia diluídos em 1 L de água, sendo aplicado 2 mL para cada planta com base nas recomendações de Faria (1999).

Instalação do experimento e avaliações

Aos 120 dias após a semeadura, as plantas, ao atingirem em média 20 cm de altura, 5 mm de diâmetro do colo e mais de 5 folhas completamente expandidas, foram transplantadas para vasos de polietileno preto com capacidade de 5 L preenchidos com o mesmo substrato usado nos sacos plásticos.

O alagamento foi simulado acoplando-se os vasos de 5 L em vasos de 10 L preenchendo-os com água, até atingir lâmina d'água 5 cm acima da altura do colo da planta. O período de alagamento foi mantido por 90 dias. Neste período a altura da lâmina d'água foi monitorada e a água foi repostada à medida que a altura da lâmina era reduzida pela evaporação. As plantas do controle permaneceram em vasos de 5 L, com o substrato mantido com umidade na capacidade de campo.

As variáveis de altura (cm), diâmetro do colo (mm), número de folhas, massa seca da raiz (g) e massa seca da parte aérea (g) foram avaliadas quinzenalmente ao longo dos 90 dias de experimento. As variáveis não destrutivas contaram com 4 repetições de 6 plantas por tratamento em cada avaliação. Enquanto, para as variáveis destrutivas massa seca da raiz e massa seca da parte aérea foram utilizadas 4 plantas por tratamento em cada época de avaliação. Através dos dados de massa seca foi obtida razão raiz/parte aérea das plantas. As avaliações de trocas gasosas: transpiração (*E*), condutância estomática (*gs*), fotossíntese líquida (*A*), CO₂ interno (*Ci*) e temperatura foliar (*T_f*) foram realizadas mensalmente utilizando 4 repetições de 3 plantas por tratamento, sendo medidas duas folhas por planta. Foi registrada através

do analisador de gás infravermelho, a temperatura do ambiente no momento da medição. As medidas de altura e diâmetro do colo foram obtidas por meio de régua graduada ($\pm 0,05$ cm) e paquímetro analógico ($\pm 0,05$ mm), respectivamente. O número de folhas foi feito por contagem e a massa seca obtida por meio de secagem em estufa de circulação forçada a 65 ± 2 °C por 48 horas e pesadas em balança analítica ($\pm 0,01$ g).

As análises de trocas gasosas foram realizadas pelo Analisador de Gás Infravermelho (IRGA), modelo PPS System Hitchin, UK Ciras 2 no período entre às 9h e 11h da manhã, em folhas do terço médio completamente expandidas. Para estas análises foi utilizada fonte de radiação artificial de LED com Densidade de Fluxo de Fótons Fotossintéticos (PPFD) de 1000 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Para calibração do aparelho foram utilizadas as curvas de temperatura, umidade e CO₂ geradas pelo mesmo. Apenas com a estabilização das curvas dava-se início às análises. Nas análises, o CO₂ de referência não foi obtido do ambiente, mas do próprio aparelho.

Delineamento experimental e análises estatísticas

O delineamento experimental empregado foi o inteiramente casualizado, com dois tratamentos (controle – T0, plantas mantidas com substrato na capacidade de campo e plantas sob alagamento – T1), com 4 repetições, sendo 6 plantas por repetição, e dias após alagamento (0, 15, 30, 45, 60, 75 e 90 dias). Para as variáveis destrutivas, as avaliações foram realizadas aos 15, 30, 45, 60, 75 e 90 dias e compostas por 4 plantas por tratamento em cada avaliação. As análises de trocas gasosas foram realizadas aos 30, 60 e 90 dias, avaliando 4 repetições de 3 plantas por tratamento. O experimento envolveu um total de 48 plantas por tratamento, sendo utilizadas 24 para as análises destrutivas e 24 para avaliações não destrutivas, das quais apenas 12 plantas foram utilizadas para as análises de troca gasosas. Para as variáveis de altura, diâmetro do colo, massa seca da raiz e parte aérea foi realizada análise de variância e, em seguida aplicado o teste de Tukey $p < 0,05$. Das variáveis de troca gasosas foram retirados os desvios padrões das médias. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa SISVAR (FERREIRA, 1999) e os gráficos elaborados no programa Sigma Plot®.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Altura

As plantas de *Lonchocarpus sericeus*, quando submetidas ao alagamento, apresentaram redução e estagnação do crescimento em altura (Figura 1).

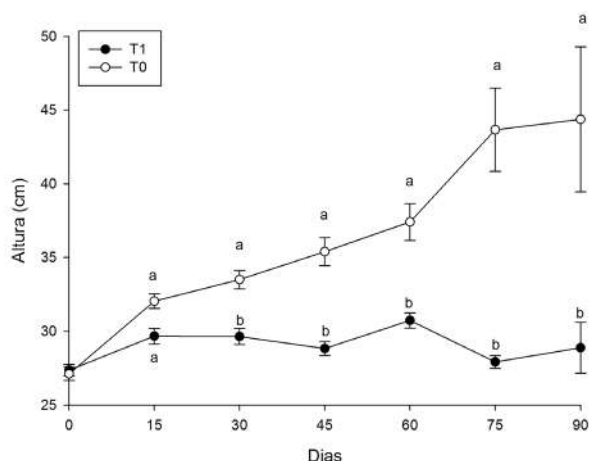


FIGURA 1: Altura das plantas de *Lonchocarpus sericeus* submetidas ao alagamento (●) e em solo na capacidade de campo (○) por um período de 90 dias. As barras representam o desvio padrão das médias e as letras representam Teste de Tukey ($p < 0,05$).

FIGURE 1: Height of plants subjected to flooding *Lonchocarpus sericeus* (●) and in soil at field capacity (○) within 90 days. The bars represent the standard deviation of the mean and the letters represent Tukey test ($p < 0,05$).

O alagamento causou a redução na altura das plantas ($F < 0,0001$). Apesar das plantas alagadas apresentarem menor altura na avaliação de 15 dias, não houve diferença estatística entre os tratamentos. Diferenças estatísticas foram observadas a partir dos 30 dias, em que as plantas alagadas (29,64 cm) apresentaram média inferior em relação às do controle (33,50 cm). Ao longo do experimento, a diferença em altura entre os tratamentos aumentou e o alagamento foi responsável por uma redução em 65,07 % aos 90 dias. Andrade (1999) e Casimiro (2006) trabalhando com *Genipa Americana* e *Colubrina glandulosa*, respectivamente, observa-

ram redução no incremento em altura em condição de alagamento. Este comportamento pode estar relacionado com a redução na síntese ATP através da fosforilação oxidativa (COLMER e VOESENECK, 2009). Tais moléculas podem ser utilizadas na respiração de crescimento, promovendo a divisão celular dos tecidos meristemáticos apicais. A redução no crescimento primário das plantas atrapalha na formação do dossel nas áreas em recuperação, causando prejuízos para refúgio de fauna, formação de microclima, diminuição na incidência da radiação solar, formação de sub-bosque, dentre outros (SILVA et al., 2008). Mesmo com redução no crescimento, a curva em altura sofreu pouca variação ao longo do período de avaliação, mostrando que nestas condições a espécie pode entrar em aparente estado de latência metabólica (IRFAN et al., 2010) podendo ser superado com a ausência do estresse.

Diâmetro do colo

O crescimento em diâmetro do colo das mudas alagadas não foi interrompido (Figura 2).

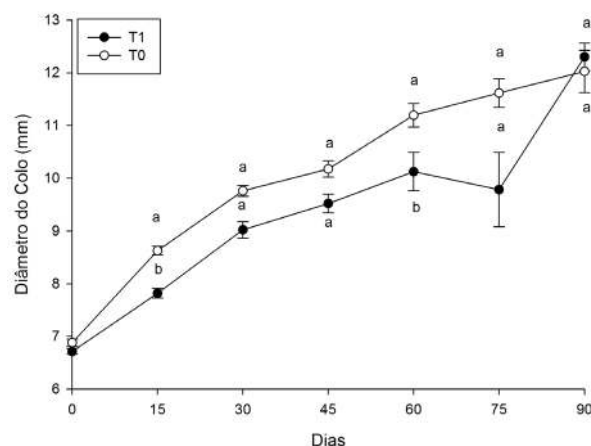


FIGURA 2: Diâmetro do colo das mudas de *Lonchocarpus sericeus* submetidas ao alagamento (●) e em solo na capacidade de campo (○) no período de 90 dias. As barras representam o desvio padrão das médias e as letras representam Teste de Tukey ($p < 0,05$).

FIGURE 2: Base diameter of plants subjected to flooding *Lonchocarpus sericeus* (●) and in soil at field capacity (○) within 90 days. The bars represent the standard deviation of the mean and the letters represent Tukey test ($p < 0,05$).

Diferente da variável altura, o alagamento não afetou o crescimento do diâmetro do colo (12,30 mm) em relação às plantas do controle (12,03 mm) aos 90 dias. Algumas espécies sob alagamento sofrem modificações morfoanatômicas como lenticelas hipertrofiadas, raízes adventícias e formação de aerênquimas, com o propósito de aumentar a área de difusão do oxigênio no sistema radicular (DANTAS et al., 2001). Segundo Jackson (1985) e Davanzo et al. (2008), o aumento do diâmetro do colo das espécies sob alagamento deve-se à formação de grandes espaços intercelulares no córtex para a formação de aerênquimas e, subsequentemente, raízes adventícias. Nas plantas de *Lonchocarpus sericeus* alagadas constata-se o aumento no diâmetro e presença de lenticelas hipertrofiadas e raízes adventícias (Figura 3). Estas características estão associadas à manutenção do suprimento de oxigênio no sistema radicular e são encontradas em espécies tolerantes ao alagamento (COOK, 1999; PIRES et al., 2002; VARTAPETIAN, 2006).

Número de folhas

Aos 75 dias observou-se, nas plantas alagadas, uma redução de 56,36 % no número de folhas



FIGURA 3: Adaptações morfológicas (raízes adventícias e lenticelas hipertrofiadas) na base do caule das plantas de *Lonchocarpus sericeus* submetidas ao alagamento.

FIGURE 3: Morphological adaptations (adventitious roots and hypertrophied lenticels) at the stem base of plants subjected to flooding *Lonchocarpus sericeus*.

em relação à avaliação dos 60 dias (Figura 4).

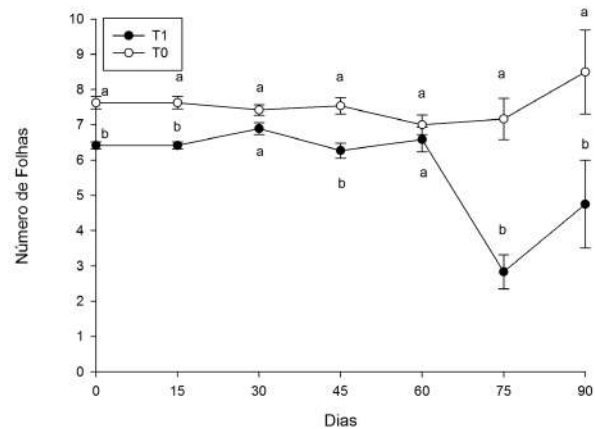


FIGURA 4: Número de folhas de plantas de *Lonchocarpus sericeus* submetidas ao alagamento (●) e em solo na capacidade de campo (○) no período de 90 dias. As barras representam o desvio padrão das médias e as letras representam Teste de Tukey ($p < 0,05$).

FIGURE 4: Number of plants leaves of *Lonchocarpus sericeus* subject to flooding (●) and in soil at field capacity (○) within 90 days. The bars represent the standard deviation of the mean and the letters represent Tukey test ($p < 0.05$).

Esta diminuição severa do número de folhas nas plantas alagadas está relacionada ao ataque de formigas cortadeiras, que pode ser em função do estado fisiológico em que as plantas sob estresse se encontravam (ERB et al., 2009). Todavia, uma vez identificado foi realizado o combate dos insetos por meio de retirada manual e aplicação de formicida MIREX-S® no entorno dos vasos e da área experimental. As ações de controle mostraram-se eficazes, tendo em vista o aumento de 17,65% no número de folhas observado na avaliação de 90 dias. Antes do incidente, ocorrido aos 75 dias, as plantas alagadas mantinham o número de folhas próximo das plantas controle.

Massa seca da raiz e parte aérea e relação raiz/parte aérea

Aos 30 dias de experimento, as plantas alagadas apresentaram redução na massa seca da raiz

(5,49 g) (Figura 5).

Em condições de escassez de oxigênio pode haver morte da raiz principal e secundária em plantas alagadas, levando à redução da massa seca do sistema radicular de espécies como *Bactris gasipaes* e *Rumex palustris* (CARVALHO e ISHIDA, 2002; CHEN et al., 2011), assim como ocorreu nas plantas de *Lonchocarpus sericeus*. Apesar da redução do sistema radicular causar prejuízos na absorção de água e nutrientes, comprometendo o crescimento da planta, foi constatado por Andrade et al. (1999), que mesmo com a redução do sistema radicular, a espécie *Genipa americana* foi considerada tolerante ao alagamento.

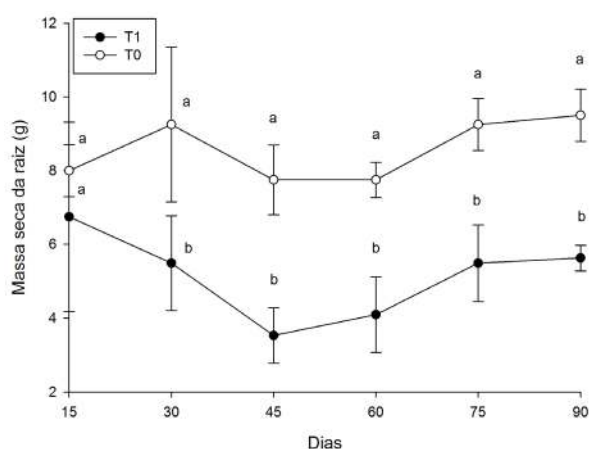


FIGURA 5: Massa seca da raiz de plantas de *Lonchocarpus sericeus* submetidas ao alagamento (●) e em solo na capacidade de campo (○) no período de 90 dias. As barras representam o desvio padrão das médias e as letras representam Teste de Tukey ($p < 0,05$).

FIGURE 5: Root dry mass of plants subjected to flooding *Lonchocarpus sericeus* (●) and in soil at field capacity (○) within 90 days. The bars represent the standard deviation of the mean and the letters represent Tukey test ($p < 0.05$).

As variações observadas dentro do tratamento ao longo dos dias de avaliação foram devidas às diferenças iniciais de massa de raiz dos indivíduos testados, tendo em vista a heterogeneidade das plantas utilizadas.

O alagamento provocou redução da massa seca da parte aérea aos 15 dias de experimento. No entanto, a partir dos 30 dias não foram mais obser-

vadas diferenças entre os tratamentos (Figura 6).

Assim como na análise da massa seca da raiz, a heterogeneidade dos indivíduos promoveu as variações de massa seca da parte aérea ao longo das avaliações. Apesar disso, o espessamento do caule, constatado pelo aumento do diâmetro, promoveu a não redução de massa seca da parte aérea nas plantas alagadas, assim como aconteceu com os indivíduos da espécie *Genipa Americana* quando submetidas ao alagamento (SANTIAGO e PAOLI, 2007).

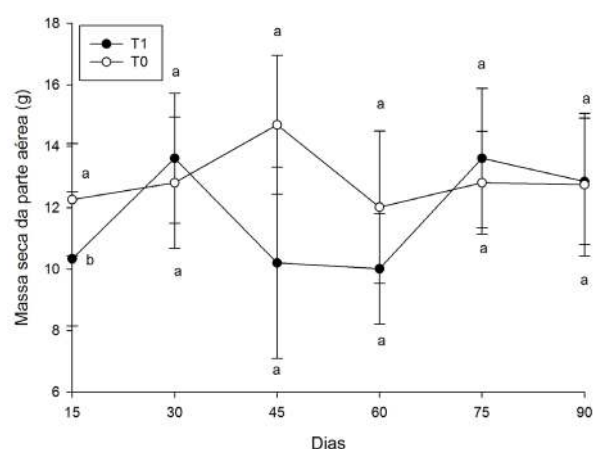


FIGURA 6: Massa seca da parte aérea de plantas de *Lonchocarpus sericeus* submetidas ao alagamento (●) e em solo na capacidade de campo (○) no período de 90 dias. As barras representam o desvio padrão das médias e as letras representam Teste de Tukey ($p < 0,05$).

FIGURE 6: Shoot dry mass of plants subjected to flooding *Lonchocarpus sericeus* (●) and in soil at field capacity (○) within 90 days. The bars represent the standard deviation of the mean and the letters represent Tukey test ($p < 0.05$).

Nas plantas alagadas observou-se uma diminuição na massa seca da raiz e aumento da parte aérea entre 15 e 30 dias após o alagamento, levando a uma redução de 49,48% da razão entre a massa seca da raiz e parte aérea, passando de 0,95 para 0,48. As plantas alagadas apresentaram uma razão de 0,35, as plantas do controle 1,10 aos 90 dias. Esta redução de 68,19% foi devido à menor alocação para raiz em decorrência do alagamento (Figura 7).

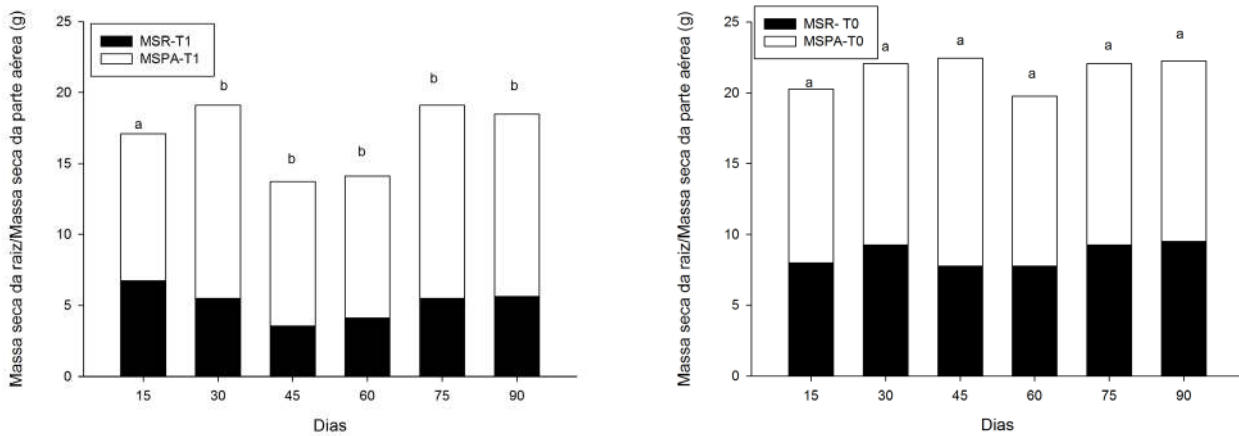


FIGURA 7: Razão massa seca da raiz e parte aérea de plantas de *Lonchocarpus sericeus* submetidas ao alagamento (T1) e em solo na capacidade de campo (T0) no período de 90 dias. Áreas escuras das barras representam a massa seca da raiz, enquanto que as áreas claras, a massa seca da parte aérea. As letras representam Teste de Tukey ($p < 0,05$).

FIGURE 7: Ratio dry mass of roots and shoots of plants subjected to flooding *Lonchocarpus sericeus* (T1) and in soil at field capacity (T0) within 90 days. Dark areas of the bars represent the root dry mass, while light areas dry mass of shoots. The letters represent Tukey test ($p < 0.05$).

A redução da massa seca da raiz é a principal causa na diminuição do valor da razão entre raiz e parte aérea das plantas alagadas. Esta afirmação se deve ao fato de que a queda na massa seca da raiz aos 30 dias após o alagamento acarretou na redução da razão massa seca da raiz/parte aérea. Gomes e Kozlowski (1980) já observaram que, em plantas de *Fraxinus pennsylvanica*, houve redução da razão raiz/parte aérea e Oliveira e Joly (2010), também constataram que em plantas da espécie *Calophyllum brasiliense* Camb. (Clusiaceae) a redução da razão raiz/parte aérea ocorre até os 90 dias após o alagamento.

Trocas gasosas

O alagamento provocou a redução na transpiração (E), condutância estomática (g_s) e taxa fotossintética líquida (A) (Figura 8).

O alagamento provocou redução de 48,20% na taxa fotossintética líquida aos 60 dias, quando foi registrado maior valor de fotossíntese em ambos os tratamentos. Plantas sob alagamento tendem a apresentar queda na fotossíntese, sendo, talvez, esta a principal causa da redução do crescimento das plantas sob tal condição (CHEN et al., 2011). Em espécies como *Vaccinium ashei* e *Bactris gasipaes*, a queda é atribuída à redução do CO_2 , devido ao fechamento estomático (DAVIES e FLORE, 1986; CARVALHO e ISHIDA, 2002), enquanto para es-

pécies como *Copernicia prunifera*, *Calophyllum brasiliense* e *Typha domingensis* esta queda pode não estar relacionada, somente, ao fechamento estomático, mas a fatores da etapa fotoquímica da fotossíntese (ARRUDA e CALBO, 2004; OLIVEIRA e JOLY, 2010; CHEN et al., 2010). Nas plantas alagadas de *Lonchocarpus sericeus* a redução da fotossíntese está associada aos fatores estomáticos, evidenciados pela redução na condutância estomática nas três épocas de avaliação (Figura 8). No entanto, a concentração do CO_2 interno, nas plantas sob alagamento foi, em média, 17,95% maior em relação ao controle, ao longo do experimento. Este comportamento levou a inferir que a redução na taxa fotossintética pode estar relacionada a fatores além do fechamento estomático, possivelmente ligado à etapa fotoquímica (HERRERA et al., 2008). Em relação às trocas gasosas, Davanso et al. (2002) observaram em plantas de *Tabebuia avellanadae* sob condição de alagamento, comportamento semelhante ao apresentado pela espécie utilizada neste experimento. Estes autores também relacionaram a queda da fotossíntese aos fatores mencionados acima, corroborando com as ideias apresentadas neste trabalho. A queda nos valores das variáveis de trocas gasosas aos 90 dias, em ambos os tratamentos, pode ter sido em decorrência do aumento da temperatura foliar (T_f) provocada pelo aumento da temperatura do ambiente em 2 °C, de 33 °C, ao longo dos 60 dias, para 35 °C aos 90 dias de experimento.

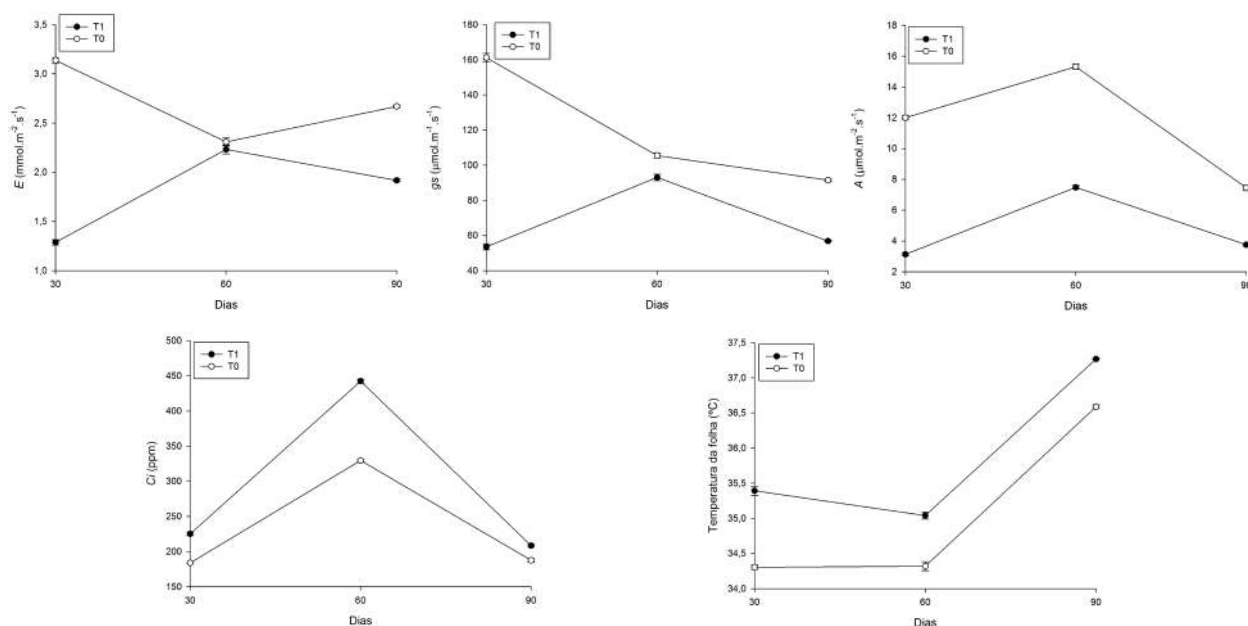


FIGURA 8: Transpiração (E), Condutância estomática (g_s), taxa fotossintética líquida (A), Concentração interna de CO_2 (C_i) e Temperatura da folha de plantas de *Lonchocarpus sericeus* submetidas ao alagamento (●) e em solo na capacidade de campo (○) no período de 90 dias. As barras representam o desvio padrão das médias.

FIGURE 8: Transpiration (E), stomatal conductance (g_s), Net photosynthetic rate (A), internal CO_2 concentration (C_i) and leaf temperature of plants subjected to flooding *Lonchocarpus sericeus* (●) and in soil at field capacity (○) in period of 90 days. The bars represent the standard deviation of the mean.

CONCLUSÃO

Plantas de *Lonchocarpus sericeus* (Poir) D.C. apresentaram redução em altura, massa seca do sistema radicular e na taxa fotossintética líquida, quando submetidas ao alagamento. Contudo, a manutenção da massa seca da parte aérea e ocorrência de modificações morfológicas (lenticelas hipertrofiadas e raízes adventícias), sugerem, para esta espécie, a capacidade de sobrevivência em áreas sujeitas à inundação sazonal por até 90 dias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, A. C. S. et al. Flooding effects in seedlings of *Cytherexylum myrianthum* Cham. and *Genipa americana* L.: responses of two neotropical lowland tree species. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 281-285, out. 1999.

ARRUDA, G. M. T. et al. Efeitos da inundação no crescimento, trocas gasosas e porosidade radicular da carnaúba (*Copernicia prunifera* (Mill.) H.E. Moore). **Acta botanica brasílica**, São Paulo, v. 18,

n. 2, p. 219-224, ago. 2004.

BLOM, C. W. P. M. et al. Flooding: the survival strategies of plants. **Tree**, v. 11, n. 7, p. 290-295, July 1996.

BLOM, C. W. P. M. et al. Physiological Ecology of Riverside Species: Adaptive Responses of Plants to Submergence. **Annals of Botany**, v. 74, p. 253-263, 1994.

CALBO, M. E. R. et al. Crescimento, condutância estomática, fotossíntese e porosidade do buriti sob inundação. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 10, n. 1, p. 51-58, 1998.

CARVALHO, C. J. R. et al. Respostas de pupunheiras (*Bactris gasipaes* Kunth) jovens ao alagamento. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 37, n. 9, p. 1231-1237, set. 2002.

CASIMIRO, E. L. N. et al. Efeitos da saturação hídrica, idade, volume radicular no crescimento inicial de quatro espécies florestais. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 5, n. 2, p. 13-20, 2006.

CHANG, W. W. P. et al. Patterns of protein synthesis and tolerance of anoxia in root tips of maize seedlings acclimated to a low-oxygen environment

- and identification of proteins by mass spectrometry. **Plant Physiology**, v. 122, p. 295-317, fev. 2000.
- CHAVES, A. A. A. et al. Uso das terras da parte norte da bacia do rio descoberto, Distrito Federal, Brasil. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 3, p. 711-718, mar. 2010.
- CHEN, H. et al. Effect of Flooding Depth on Growth, Biomass, Photosynthesis, and Chlorophyll Fluorescence of *Typha domingensis* **Wetlands**, v. 30, p. 957-965, 2010.
- CHEN, X. et al. Fitness consequences of natural variation in flooding induced shoot elongation in *Rumex palustris*. **New Phytologist**, v. 190, p. 409-420, 2011.
- COLMER, T. D. et al. Flooding tolerance: suites of plant traits in variable environments. **Functional Plant Biology**, v. 36, p. 665-681, 2009.
- COOK, C. D. K. The number and kinds of embryo-bearing plants which have become aquatic: a survey. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics** v. 2, n. 1, p. 79-102, 1999.
- DAMASCENO-JUNIOR, G. A. et al. Tree mortality in a riparian forest at Rio Paraguai, Pantanal, Brazil, after an extreme flooding. **Acta botanica brasílica**, São Paulo, v. 18, n. 4, p. 839-846. maio 2004.
- DANTAS, B. F. et al. Cálcio e o desenvolvimento de aerênquimas e atividade de celulase em plântulas de milho submetidas a hipoxia. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 2, p. 251-257, abr./jun.2001.
- DAVANSO, V. M. et al. Photosynthesis, Growth and Development of *Tabebuia avellanadae* Lor. ex Griseb. (Bignoniaceae) in Flooded Soil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 45, n. 3, p.375-384, sep.2008.
- DAVIDE, A. C. et al. Restauração de matas ciliares. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 21, n. 207, p. 65-74, nov./dez. 2000.
- DAVIES, F. S. et al Flooding, gas exchange and root hydraulic conductivity of highbush blueberry. **Physiologia Plantarum**, v. 67, p. 545-551, 1986.
- DREW, M. C. Oxygen deficiency and root metabolism: Injury and Acclimation Under Hypoxia and Anoxia. **Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 48, p. 223-250, 1997.
- ERB, M. et al. The underestimated role of roots in defense against leaf attackers. **Trends in Plant Science**, v. 14, n. 12, p. 653-659, 2009.
- FARIA, J. M. R. Propagação de espécies florestais para recomposição de matas ciliares. In: SIMPÓSIO MATA CILIAR: CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 1999, Belo Horizonte. **Anais...** Lavras: UFLA/FAEPE/CEMIG, 1999, p. 69-79.
- FERREIRA, C. et al. Tolerância de *Himatanthus sucuuba* Wood. (Apocynaceae) ao alagamento na Amazônia Central. **Acta botanica brasílica**, São Paulo, v. 19, p. 425-429, 2005.
- FERREIRA, D. F. **SISVAR 4.3 Sistema de análises estatísticas**. Lavras: UFLA, 1999.
- FERREIRA, W. C. et al. Estabelecimento de mata ciliar às margens do reservatório da usina hidroeétrica de Camargos, MG. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 1, p. 69-81, jan/mar. 2009.
- FONTES, C. G. et al. Dinâmica do componente arbóreo de uma mata de galeria inundável (Brasília, Distrito Federal) em um período de oito anos. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 34, n. 2, p. 145-158, abr./jun. 2011.
- FOX, T. C. et al. Energetics of plant Growth under anoxia: Metabolic adaptations of *Oryza sativa* and *Echinochloa phyllopogon*. **Annals of Botany**, v. 74, p. 444-455, 1994.
- HERRERA, A. et al. Estomatal and non estomatal limitations of photosynthesis in trees of a tropical seasonally flooded forest. **Physiologia Plantarum**, v. 134, n. 1, p. 41-48, 2008.
- GOMES A. R. S. et al. Growth Responses and Adaptations of *Fraxinus pennsylvanica* Seedlings to Flooding. **Plant Physiology**, v. 66, p. 267-271, 1980.
- GOUT, E. et al. Origin of the Cytoplasmic pH Changes during Anaerobic Stress in Higher Plant Cells. Carbon-13 and Phosphorous-31 Nuclear Magnetic Resonance Studies. **Plant Physiology**, v. 125, p. 912-925, Feb. 2001.
- IRFAN, M. et al. Physiological and biochemical changes in plants under waterlogging. **Protoplasma**, v. 241, p. 3-17, Jan. 2010.
- JACKSON, M. B. Ethylene and responses of plants to soil waterlogging and submergence. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 36, p. 145-174, 1985.
- KENNEDY, R. A. Anaerobic Metabolism in Plants. **Plant Physiology**, v. 100, p. 1-6, Jan. 1992.
- KOZLOWSKI, T. T. et al. Physiological-ecological impacts of flooding on riparian forest ecosystems. **Wetlands**, v. 22, n. 3, p. 550-561, Sept. 2002.
- KOZLOWSKI, T. T. Responses of woody plants to flooding and salinity. **Tree Physiology Monograph**, Victoria, v. 1, p. 2-29, 1997.
- LACERDA, V. A. et al. Flora arbustiva-arbórea de três áreas ribeirinhas no semiárido paraibano, Brasil. **Biota Neotropical**, v. 10, n. 4, p. 275-284, out. 2010.

- LIMA, J. A. et al. Comportamento inicial de espécies na revegetação da mata de galeria na fazenda mandaguari, em Indianópolis, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 685-694, 2009.
- LOPES, S. F. et al. Dinâmica da comunidade arbórea de mata de galeria da Estação Ecológica do Panga, Minas Gerais, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 21, n. 2, p. 249-261, 2007.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 1998. v. 1.
- MELO, A. S. et al. Desenvolvimento vegetativo, rendimento da fruta e otimização do abacaxizeiro cv. Pérola em diferentes níveis de irrigação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 1, p. 93-98, jan-fev, 2006.
- OKAMOTO, J. M. et al. Ecophysiology and respiratory metabolism during the germination of *Inga sessilis* (Vell.) Mart. (Mimosaceae) seeds subjected to hypoxia and anoxia. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 51-57, mar. 2000.
- OLIVEIRA, V. C. et al. Flooding tolerance of *Calophyllum brasiliense* Camb. (Clusiaceae): morphological, physiological and growth responses. **Trees**, v. 24, p. 185-193, Nov. 2010.
- PIRES, J. L. F. et al. Adaptações morfofisiológicas da soja em solo inundado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 37, n. 1, p. 41-50, jan. 2002.
- RIBEIRO, G. H. P. M. et al. Regeneração natural em diferentes ambientais da mata de galeria do capetinga na fazenda Água-Limpa-DF. **Cerne**, Lavras, v. 15, n. 1, p. 1-9, jan./mar. 2009.
- RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, P. M. et al. Subsidy or stress? Tree structure and growth in wetland forests along a hydrological gradient in Southern Europe. **Forest Ecology and Management**, v. 259, p. 2015-2025, Feb. 2010.
- SANTIAGO, E. F. et al. Respostas morfológicas em *Guibourtia hymenifolia* (Morici.) J. Leonard (Fabaceae) e *Genipa americana* L. (Rubiaceae), submetidas ao estresse por deficiência nutricional e alagamento do substrato. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 30, n. 1, p.131-140, jan./mar. 2007.
- SAIRAM, R. K. et al. Physiology and biochemistry of waterlogging tolerance in plants. **Biologia plantarum**, v. 52, n. 3, p. 401-412, maio 2008.
- SILVA, L. C. R. et al. Sobrevivência e crescimento de seis espécies arbóreas submetidas a quatro tratamento em área minerada no cerrado. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n.4, p. 731-740, maio 2008.
- SILVA, M. M. P. et al. Respostas Morfogênicas de Gramíneas Forrageiras Tropicais sob Diferentes Condições Hídricas do Solo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 5, p. 1493-1594, 2005.
- VAN DIJK, A. I. J. M. et al. Forest-flood relation still tenuous – comment on ‘Global evidence that deforestation amplifies flood risk and severity in the developing world’ by C. J. A. Bradshaw, N.S. Sodi, K. S.-H. Peh and B. W. Brook. **Global Change Biology**, v. 15, p. 110-115, jul. 2009.
- VARTAPETIAN, B. B. Plant Anaerobic Stress as a Novel Trend in Ecological Physiology, Biochemistry, and Molecular Biology: 2. Further Development of the Problem. **Russian Journal of Plant Physiology**, v. 53, n. 6, p. 711-738, mar.2006.