

Ângela M Costa¹, Eloara L Gobbi², Valdir G Demuner³ & Selma A Hebling⁴

O efeito da inundação do solo sobre o crescimento inicial de *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake, guapuruvu⁵

The effect of the flooding on the initial growth of plants of *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake, guapuruvu

Resumo A vegetação característica de mata ciliar apresenta espécies adaptadas, tolerantes ou indiferentes a solos encharcados, uma vez que inundações temporárias ou contínuas são comuns nas margens dos corpos d'água. O presente trabalho objetivou analisar o efeito da inundação sobre o crescimento inicial de plantas de *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake (guapuruvu) e então avaliar a possibilidade de utilização dessa espécie em programas de recuperação de matas ciliares. Para isso as plantas permaneceram sob condições simuladas de inundação por três meses, e então foram retiradas e permaneceram por mais dois meses em solo na capacidade de campo. Foram utilizadas 120 plantas, divididas em 4 tratamentos que incluíram: inundação com água corrente (AC), inundação com água parada (AP), solo na capacidade de campo (CC) e uma rega diária (C). Foram mensurados mensalmente a altura da parte aérea, o diâmetro do coleto e, no início e final do experimento, as massas da matéria seca da raiz, da parte aérea e a razão raiz/parte aérea, além dos teores de clorofilas a e b e a razão clorofilas a/b. Os resultados obtidos indicaram que as plantas que foram submetidas à condição AC sofreram uma inibição do crescimento da parte aérea. Quando comparadas as massas secas das partes aéreas e raízes separadamente, as últimas aumentaram nas plantas de todos os tratamentos, enquanto que a parte aérea aumentou significativamente somente nas plan-

tas submetidas aos tratamentos AC, CC e C. A determinação da razão raiz/parte aérea demonstrou que as plantas submetidas aos tratamentos CC e C tiveram suas raízes mais desenvolvidas de que suas partes aéreas. As plantas dos tratamentos AC e AP apresentaram as maiores diminuições nos teores de clorofilas a e b. Essas informações levaram à conclusão de que a espécie estudada possui um conjunto de características que não permitem sua utilização na recomposição da vegetação de matas ciliares.

Palavras-chave mata ciliar, inundação, *Schizolobium parahyba*, tolerância, desenvolvimento.

Abstract The characteristic vegetation of riparian forest shows adapted, tolerant or indifferent species to soaked soil, hence temporary or continuous floods are common in the banks of water bodies. This work intended to analyse the effect of the flooding on the initial growth of plants of *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake (guapuruvu) and then evaluate the possibility to use this species in programs to recover riparian forests. For this, the plants remained in simulated flooding conditions for three months and then were retreated and remained for two more months in soil, in field capacity. 120 plants were used, divided in four treatments that were included: flood with running water (AC), flood with still water (AP), soil in field capacity (CC) and a daily watering (C). They were monthly measured for height of aerial part, diameter of the stem and, in the beginning and end of the experiment, the dry weight of the roots, of the aerial part and the ratio root/aerial. The data obtained showed that the plants exposed to AC condition suffered a growth inhibition of aerial parts. When the result of the dry weight of aerial parts and roots separated were compared, the last ones increased in plants of all treatments, while the aerial part grew significantly only in plants that were submitted to AC, AP and C treatments. The determination of root/ aerial part ratio demonstrated that plants exposed to AP and C treatments had their roots more developed than their aerial parts. These information lead us to the conclusion that the studied species have characteristics that do not allow its use in revegetation of riparian forests.

1 Escola Superior São Francisco de Assis (ESFA). Rua Bernardino Monteiro, 700, Bairro Dois Pinheiros, CEP 29650-000, Santa Teresa, ES, Brasil. E-mail: angelacosta13@bol.com.br.

2 Escola Superior São Francisco de Assis (ESFA). Rua Bernardino Monteiro, 700, Bairro Dois Pinheiros, CEP 29650-000, Santa Teresa, ES, Brasil. E-mail: eloaragobbi@bol.com.br.

3 Museu de Biologia Professor Mello Leitão, Av. José Ruschi, 4, CEP 29650-000, Santa Teresa, ES, Brasil. E-mail: vgdemuner@yahoo.com.br

4 Escola Superior São Francisco de Assis (ESFA). Rua Bernardino Monteiro, 700, Bairro Dois Pinheiros, CEP 29650-000, Santa Teresa, ES, Brasil. E-mail: shebling@esfa.edu.br

5 Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Ciências Biológicas da Escola Superior São Francisco de Assis (ESFA).

Keywords riparian forest, flood, *Schizolobium parahyba*, tolerance, development.

Introdução

As matas ciliares ou ripárias são porções de vegetação que ocorrem ao longo de cursos d'água e desempenham importantes funções para a manutenção do equilíbrio das bacias hidrográficas quando são considerados aspectos relacionados ao controle da ciclagem de nutrientes, estabilização das ribanceiras, controle do processo de escoamento superficial e arraste de sedimentos para cursos d'água (Barbosa et al., 1989).

A localização próxima a cursos d'água implica na necessidade de adaptação da vegetação de mata ciliar a eventuais inundações e presença de água em excesso no solo, fatores que condicionam sua diferenciação em relação às vegetações ocorrentes nas suas proximidades (Barbosa et al., 1989).

Em florestas ciliares, a inundação varia desde as florestas de galeria, até o alagamento das florestas higrófilas, refletindo, assim, na composição florística e estrutura destes tipos vegetacionais (Rodrigues, 1989). Sob inundação, a respiração aeróbica das plantas e microorganismos reduz rapidamente a concentração de oxigênio na solução do solo, levando, assim, a formação de um ambiente hipóxico ou anóxico (Crawford & Brändle, 1996), e dependendo da espécie em questão e da duração da inundação, tanto a germinação das sementes quanto o crescimento das plantas podem ser comprometidos (Kozłowski, 1984).

De acordo com Chirkova (1988) a capacidade das plantas viverem sob condições de uma deficiência ou ausência temporária de oxigênio é amplamente disseminada na natureza. Assim, o conhecimento das vias de adaptação a essas condições é essencial, uma vez que o encharcamento permanente ou temporário pode ocorrer em muitas regiões. Algumas plantas morrem rapidamente durante o encharcamento enquanto outras são capazes de sobreviver nestas condições. Essas diferenças na resistência ao encharcamento são devidas a estrutura do caule que permite difusão rápida do oxigênio da parte aérea para as raízes e a tolerância das raízes à respiração anaeróbica (Levitt, 1980).

A presença de água no solo, tanto em caráter temporário quanto permanente, exige diferentes estratégias adaptativas das espécies que ocupam estes solos, sendo assim, na recomposição florestal de locais onde ocorrem encharcamentos ou inundações, devem ser utilizadas espécies resistentes a esses fatores (Gandolfi et al., 1995).

O uso de leguminosas arbóreas em programas de recuperação de áreas degradadas (RAD) por mineração tem sido adotado com bons resultados em diferentes condições ambientais. Esta técnica é baseada na elevada capacidade de adaptação e produção de biomassa de diferentes espécies desta família. Devido à capacidade de associação com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico e com fungos micorrízicos, significativa parcela dessas espécies pode potencializar estas qualidades, tornando-as importantes para tais programas (Franco et al., 1989, 1992).

Considerando a alta degradação das matas ciliares ocorrida nos últimos anos e a importância da recuperação dessa vegetação, os estudos referentes ao desenvolvimento inicial de espécies que consigam se adaptar às condições de estresse hídrico inerente a essas matas, podem levar a uma melhor compreensão das estratégias desenvolvidas pelas mesmas para se adaptar às condições específicas destes locais. Assim, o presente trabalho avaliou o crescimento inicial de uma leguminosa, a *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake (guapuruvu) sob condições simuladas de inundação que ocorrem em mata ciliar, com o intuito de verificar se a mesma pode ser utilizada em programas de recuperação de matas ciliares.

Métodos

Foram utilizadas 120 plantas de guapuruvu, sendo 40 produzidas em laboratório pelo plantio de sementes e 80 fornecidas por Viveiro. No início do experimento essas plantas se encontravam, em média, com 5 meses de idade.

Até o início do experimento todas as plantas se encontravam em substrato constituído de uma mistura de areia grossa, latossolo e esterco na proporção 2:2:1, respectivamente. Então, foram transferidas para quatro caixas d'água de 500 litros (30 mudas em cada caixa) contendo areia grossa, latossolo e esterco nas mesmas proporções da mistura onde se encontravam anteriormente, para compor os quatro tratamentos descritos a seguir:

• **Tratamento 1:** inundação com água corrente, a quatro centímetros acima do nível do solo (AC), onde foi mantido um fluxo lento de água;

• **Tratamento 2:** inundação com água parada, a quatro centímetros acima do nível do solo (AP), com renovação quinzenal da mesma;

• **Tratamento 3:** solo na capacidade de campo (CC), onde foram realizadas 2 regas diárias ou mais, dependendo da necessidade;

Tratamento 4: controle (C), no qual foi mantida uma rega diária.

As mudas foram numeradas e distribuídas de maneira aleatória nos tratamentos. A análise do crescimento foi baseada em mensurações mensais da altura da parte aérea (utilização de fita métrica) e diâmetro do coleto (mensurados com paquímetro).

Além disso, no início e final do experimento foram realizados dois sorteios de cinco indivíduos de cada tratamento, que foram utilizados para estimar a massa da matéria seca das folhas (limbo e pecíolo), do caule e da raiz, separadamente dentro de sacos de papel com massa conhecida e após essas partes permanecerem em estufa a $60^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ por 72 horas foram novamente pesadas em balança analítica com precisão de 0,001 g para a determinação da massa seca.

Foram dosados também os teores iniciais e finais das clorofilas a e b a partir da retirada de quatro discos com diâmetro de 5 mm de folíolos de 5 plantas de cada tratamento. Em seguida, tais discos foram triturados e colocados em tubos contendo uma solução de acetona e carbonato de cálcio. As soluções com material triturado foram mantidas em repouso por 1 hora e logo após foi colocado na centrífuga, permanecendo durante cinco minutos. Assim, foi feita a leitura das absorvâncias dessas soluções em espectrofotômetro da marca Analyser modelo 800M, as quais possibilitaram calcular os teores de clorofilas A e B. Esses valores foram obtidos pelas equações: Clorofila a = $(12,21 \times A 663) - (2,81 \times A 646)$; Clorofila b = $(20,13 \times A 646) - (5,03 \times A 663)$, (Harborne, 1984).

A inundação teve duração de 90 dias, momento em que as plantas foram transferidas para caixas d'água com solo na capacidade de campo por mais 60 dias.

Todas as possíveis adaptações morfo-anatômicas como o aparecimento de raízes adventícias apresentadas pelas plantas durante o experimento foram observadas visualmente e fotografadas.

As análises estatísticas foram realizadas através da análise de variância (ANOVA) seguida do teste de Tukey para comparação das médias ao nível de 5% de probabilidade, sendo que os valores referentes à massa da matéria seca foram transformados em \log_{10} . Foi utilizado também o teste *a priori* de Cochran para avaliar a homogeneidade de variâncias e o teste de Kolmogorov-Smirnov para avaliar se a distribuição dos dados é normal.

Resultados

O crescimento em altura na parte aérea foi inibido somente pelo tratamento 1 (AC) a partir do terceiro mês de exposição, sendo que, mesmo após a retirada das plantas da inundação e a permanência das mesmas em solo na capacidade de campo por mais dois meses, a maioria não conseguiu se recuperar, com exceção de duas que emitiram raízes adventícias (Tabela 1).

Em relação ao diâmetro do coleto houve uma resposta semelhante a partir do terceiro mês, também referente ao tratamento 1 (AC) que inibiu o desenvolvimento, porém, ao final do experimento todas as plantas se encontravam com os valores de diâmetro do coleto semelhantes, isto é, a transferência das plantas para o solo na capacidade de campo, após a inundação inicial, levou a uma retomada do crescimento do diâmetro do

Tabela 1 Altura da parte aérea (cm) e diâmetro do coleto (cm) das plantas de *Schizolobium parahyba* submetidas a diferentes condições de inundação, sendo o tratamento 1, a condição de inundação com água corrente (AC), o tratamento 2, a condição de inundação com água parada (AP), o tratamento 3, a condição de solo na capacidade de campo (CC) e o tratamento 4, o controle (C). Os valores referem-se às médias \pm desvio padrão. As letras maiúsculas indicam diferenças significativas entre os tempos de exposição aos tratamentos e as letras minúsculas indicam diferenças entre os tratamentos ($p < 5\%$).

Exposição aos tratamentos (meses)	Tratamentos	Altura da parte aérea (cm)	Diâmetro do coleto (cm)
0	1	44,5 \pm 21,6 Aa	0,8 \pm 0,4 Aa
	2	45,4 \pm 23,8 Aa	0,9 \pm 0,4 Aa
	3	46,8 \pm 21,5 Aa	0,8 \pm 0,3 Aa
	4	48,9 \pm 25,1 Aa	0,9 \pm 0,4Aa
1	1	47,5 \pm 19,9 Aa	0,9 \pm 0,3 Aa
	2	48,6 \pm 24,1 Aa	0,9 \pm 0,4 Aa
	3	54,0 \pm 19,2 ABa	1,0 \pm 0,3 ABa
	4	54,8 \pm 24,9 Aa	1,0 \pm 0,4 ABa
2	1	51,7 \pm 18,8 Aa	1,0 \pm 0,3 Aa
	2	53,9 \pm 23,9 Aa	1,1 \pm 0,3 Aa
	3	62,9 \pm 15,9 BCa	1,2 \pm 0,3 BCa
	4	62,1 \pm 21,8 ABa	1,1 \pm 0,4 ABCa
3	1	52,5 \pm 18,9 Aa	1,0 \pm 0,3 Aa
	2	65,0 \pm 20,7 Aab	1,2 \pm 0,3 Aab
	3	76,01 \pm 19,1 CDb	1,4 \pm 0,4 CDb
	4	67,6 \pm 23,1 ABCab	1,2 \pm 0,4 ABCab
4	1	54,9 \pm 19,3 Aa	1,1 \pm 0,3 Aa
	2	60,6 \pm 12,2 Aab	1,1 \pm 0,2 Aac
	3	82,9 \pm 21,4 DEb	1,6 \pm 0,5 DEc
	4	77,8 \pm 29,4 BCb	1,4 \pm 0,6 BCac
5	1	58,3 \pm 16,0 Aa	1,2 \pm 0,3 Aa
	2	64,6 \pm 4,0 Aab	1,2 \pm 0,1 Aa
	3	86,2 \pm 24,0 DEb	1,7 \pm 0,6 Ea
	4	85,8 \pm 32,7 Cb	1,5 \pm 0,7 Ca

colete das plantas expostas ao alagamento com água corrente (Tabela 1).

As condições com água parada e água corrente foram os tratamentos que levaram à mortalidade das plantas de *Schizolobium parahyba*, sendo que das 30 plantas colocadas inicialmente em cada um dos tratamentos, 11 morreram na condição de AC (36,6%) e 16 morreram na condição de AP (53,3%).

Algumas plantas que foram submetidas à condição de inundação com água parada (AP) apresentaram o aparecimento de fungos no ápice caulinar, além da ocorrência de murchamento, senescência e abscisão foliar.

Com relação à massa da matéria seca, no início do experimento todas as plantas apresentavam um conteúdo semelhante tanto no sistema radicular quanto na parte aérea. Porém, após serem submetidas aos tratamentos por três meses e depois permanecerem por mais dois meses na condição de solo na capacidade de campo, somente as plantas que estavam nos tratamentos 3 (CC) e 4 (C) tiveram um aumento significativo da massa seca total. Quando comparadas as partes aéreas e subterrâneas separadamente, observa-se que o sistema radicular aumentou nas plantas de todos os tratamentos após os cinco meses, enquanto que a parte aérea aumentou significativamente somente nas plantas submetidas aos tratamentos 1 (AC), 3 (CC) e 4 (C). Quanto à razão R/Pa todos os tratamentos possibilitaram um aumento nos valores dessa relação após os cinco meses, ou seja, houve um aumento maior do sistema radicular em relação ao porte aéreo (Tabela 2).

Todos os tratamentos levaram à diminuição dos teores de clorofilas a e b, sendo que após três meses de exposição aos alagamentos e mais dois meses mantidas em solo na capacidade de campo, os tratamentos 1 (AC) e 2 (AP) proporcionaram as maiores quedas nestes valores. A razão entre as clorofilas a e b também sofreu uma diminuição após esses períodos, porém, a condição simulada no tratamento 2 (AP) foi a que levou à maior diminuição nessa proporção (Tabela 3).

Discussão

Os critérios para classificar as espécies em tolerantes à inundação são baseados na capacidade de crescimento ou sobrevivência durante a hipóxia do sistema radicular (Lobo - Faria, 1998). De acordo com Marques & Joly (2000), o sucesso no estabelecimento de uma espécie em áreas inundadas depende, inicialmente, da estratégia de frutificação e dispersão dos frutos, associada à capacidade desses

Tabela 2 Massa da matéria seca (g) da raiz, parte aérea, massa total e razão raiz/parte aérea (R/Pa) de plantas de *Schizolobium parahyba* crescidas nos diferentes tratamentos aos 0 e 5 meses de experimento, sendo o tratamento 1, a condição de inundação com água corrente (AC), o tratamento 2, a condição de inundação com água parada (AP), o tratamento 3, a condição de solo na capacidade de campo (CC) e o tratamento 4, o controle (C). Os valores são média \pm desvio padrão (n=5). As letras maiúsculas indicam diferenças significativas entre os tempos de exposição aos tratamentos e as letras minúsculas indicam diferenças entre os tratamentos ($p < 5\%$).

Exposição aos tratamentos (meses)	Tratamentos	Raiz	Parte Aérea	Massa Total	R/Pa
0	1	0,11 \pm 0,04 Aa	2,79 \pm 2,49 Aa	2,89 \pm 2,50 Aa	0,08 \pm 0,07 Aa
	2	0,11 \pm 0,06 Aa	3,68 \pm 3,18 Aa	3,79 \pm 3,23 Aa	0,07 \pm 0,06 Aa
	3	0,11 \pm 0,06 Aa	1,33 \pm 1,34 Aa	1,44 \pm 1,33 Aa	0,15 \pm 0,14 Aa
	4	0,11 \pm 0,04 Aa	1,28 \pm 1,59 Aa	1,39 \pm 1,58 Aa	0,18 \pm 0,15 Aa
5	1	6,39 \pm 1,00 Ba	18,26 \pm 5,02 Ba	24,65 \pm 5,17 Aa	0,37 \pm 0,10 Ba
	2	3,65 \pm 1,07 Ba	11,38 \pm 2,77 Aa	12,02 \pm 7,40 Aa	0,32 \pm 0,07 Ba
	3	22,77 \pm 18,55 Ba	107,52 \pm 84,85 Ba	130,29 \pm 102,47 Ba	0,23 \pm 0,05 Bab
	4	10,52 \pm 9,49 Ba	79,27 \pm 72,69 Ba	89,72 \pm 82,09 Ba	0,16 \pm 0,08 Bb

Tabela 3 Teores de clorofilas a e b e razão entre as clorofilas a e b das plantas de *Schizolobium parahyba* crescidas em diferentes condições de inundação, sendo o tratamento 1, a condição de inundação com água corrente (AC), o tratamento 2, a condição de inundação com água parada (AP), o tratamento 3, a condição de solo na capacidade de campo (CC) e o tratamento 4, o controle (C). aos 0 e 5 meses de experimento. Os valores referem-se às médias \pm desvio padrão. As letras maiúsculas indicam diferenças significativas entre os tempos de exposição aos tratamentos e as letras minúsculas indicam diferenças entre os tratamentos ($p < 5\%$).

Exposição aos tratamentos (meses)	Tratamentos	Clorofila a	Clorofila b	Razão clorofilas a/b
0	1	5,54 \pm 3,35 Aa	5,68 \pm 5,37 Aa	1,47 \pm 1,03 Aa
	2	5,67 \pm 1,20 Aa	3,89 \pm 1,25 Aa	1,51 \pm 0,24 Aa
	3	3,93 \pm 2,18 Aa	3,30 \pm 1,06 Aa	1,24 \pm 0,79 Aa
	4	6,27 \pm 2,73 Aa	6,44 \pm 4,26 Aa	1,09 \pm 0,39 Aa
5	1	1,01 \pm 1,39 Bab	1,06 \pm 1,45 Aa	0,38 \pm 0,52 Aab
	2	0 Ba	0 Ba	0 Ba
	3	2,59 \pm 0,79 Bbc	3,00 \pm 0,73 Bb	0,85 \pm 0,10 Ab
	4	2,73 \pm 0,87 Bc	3,14 \pm 0,88 Ab	0,89 \pm 0,27 Ab

sobreviverem na água.

O alto índice de mortalidade das plantas que estavam submetidas ao alagamento sugere que a espécie *Schizolobium parahyba* apresenta dificuldades de tolerância à inundação, isto foi verificado nos seus menores valores em altura e diâmetro do coleto quando sujeitas a essas condições, principalmente em relação à condição com água corrente.

No tratamento I (AC), houve a maior inibição no crescimento em altura dos indivíduos, tanto durante como após o alagamento, além do que, a partir do terceiro mês de exposição a essa condição, verifica-se também uma inibição em relação ao crescimento do diâmetro do coleto no mesmo tratamento. No quinto mês, após todas as plantas estarem em solo na capacidade de campo, as plantas submetidas ao tratamento I (AC) conseguiram recuperar o crescimento em relação ao diâmetro do coleto.

Essa inibição no crescimento pode ser explicada pelo fato de que o fluxo constante de água, tenha provocado uma lixiviação dos nutrientes, ou seja, à medida que a água passava pelo solo e era conduzida para fora da caixa d'água, os nutrientes provenientes do esterco que havia sido adicionado ao solo eram levados, não havendo assim uma nutrição adequada das plantas.

Segundo Vartapetian (1991), o processo de lixiviação determina perdas de nutrientes na zona radicular para camadas mais profundas do perfil de solo, onde podem se acumular permanecendo indisponíveis para as culturas ou atingir o lençol freático tornando-se um fator de poluição das águas. A lixiviação de nutrientes varia grandemente com o tipo de solo, sendo influenciada pela textura, estrutura, profundidade do perfil e principalmente porosidade. O fator que apresenta a maior correlação com as perdas por lixiviação é o volume de água, sendo que a velocidade de infiltração de um solo também interfere no processo de lixiviação: o maior movimento e perda de sais minerais lixiviáveis acontecem durante o período de fluxo rápido de água, durante ou imediatamente após um evento de chuva ou irrigação.

Com relação a inundação com água parada, tal condição também leva a deficiência de nutrientes para a planta, porém, neste caso, essa deficiência é atribuída a outros fatores tais como o acúmulo de substâncias tóxicas nas raízes, que inibe a absorção dos nutrientes minerais e causa o decréscimo da disponibilidade destes elementos no solo, provavelmente, em decorrência de alterações do estado de oxidação de algumas moléculas e mudanças de pH, além da própria inibição dos mecanismos de absorção, em virtude de uma baixa carga energética nas membranas, ou, ainda, da própria redução da superfície de absorção causada pela morte de raízes e perda de biomassa do sistema radicular (Drew & Sisworo, 1979). De acordo com Kozłowski (1997) a decomposição de raízes está bastante relacionada com o aumento da atividade fúngica nos solos inundados, bem como à maior susceptibilidade das raízes aos microorganismos hospedeiros.

Considerando que a anóxia é a principal causa dos efeitos adversos da inundação (Kozłowski 1997), o crescimento reduzido das plântulas inundadas de *Schizolobium parahyba*, poderia ser correlacionado também

pelas seguintes hipóteses: a) baixa produção de ATP (Joly, 1986; Vartapetian, 1991); b) redução na produção e translocação de fotoassimilados para a respiração (Kozłowski, 1997); c) decréscimo na taxa de assimilação de CO₂ em razão do fechamento estomático (Tang & Kozłowski, 1982; Pezeshki et al., 1996); d) redução na síntese e translocação de substâncias reguladoras do crescimento, como giberelinas e citocininas, do sistema radicular para a parte aérea (Reid & Bradford, 1984).

Um aspecto importante para a sobrevivência de uma espécie em ambiente sujeito a inundações refere-se às adaptações morfo-anatômicas da planta à baixa disponibilidade de oxigênio no substrato. Isto foi verificado em plântulas de *Calophyllum brasiliense* experimentalmente submetidas à inundação no qual foi observada baixa quantidade de lenticelas hipertróficas e de raízes adventícias, que poderiam permitir aumento na difusão de oxigênio da parte aérea para o sistema radicular (Joly, 1996; Marques & Joly, 2000).

Em algumas plantas que estavam submetidas ao tratamento I (AC), foram observadas o aparecimento de raízes adventícias. Segundo Kozłowski (1997) embora as bases da diferença entre espécies na tolerância ao encharcamento estejam ainda por ser elucidadas, a habilidade das plantas em emitir raízes adventícias na camada de solo saturado por água é, provavelmente a maior expressão dessas diferenças.

As plantas de *Schizolobium parahyba*, submetidas às condições de hipóxia, apresentaram crescimento radicular menor e com maiores sinais de deterioração que o da parte aérea. De fato esta resposta é esperada, pois segundo Kozłowski (1997) as raízes são os órgãos diretamente afetados pela inundação, sendo tipicamente mais reduzidos que a parte aérea; a diminuição do sistema radicular também foi observada em *Piptadenia gonoacantha* (Ferreira et al., 2001) e *C. brasiliense* (Marques & Joly, 2000).

Segundo Kozłowski (1997) em geral, sob efeito do alagamento, ocorre a diminuição da absorção de água, tanto pela redução do comprimento e superfície total das raízes, como consequência da sua morte, como pelo aumento da resistência ao fluxo de água. Estes fenômenos fazem com que plantas submetidas ao alagamento estejam sujeitas ao murchamento das folhas, caso não possuam bom controle estomático e baixa transpiração cuticular.

Observou-se também a senescência e a abscisão foliar nos indivíduos do tratamento 2 (AP). Nesta condição, as plantas submetidas ao excesso de água no solo apresentaram murchamento, amarelecimento e senescência prematura das folhas mais velhas, principalmente nas localizadas na ramificação principal. Estes sintomas, também foram observados por Cannell et al. (1979) em ervilhas

submetidas à inundação total do solo por 24 horas, após o florescimento. Segundo Kramer (1983), em resposta à redução de O₂ e do aumento da concentração de gases tóxicos no solo, a planta apresenta sintomas como murchamento, clorose das folhas, hipertrofia do caule, alterações morfo-anatômicas, diminuição do crescimento e da produtividade e morte das raízes.

O critério sugerido por Lobo & Joly (1995) para classificar as espécies em tolerantes à inundação é a capacidade de manter ou aumentar a massa seca da parte aérea durante períodos de inundação similares aos seus habitats naturais. Conforme esse critério, plântulas de *P. gonoacantha*, com cinco meses de idade, mostraram-se pouco tolerantes à inundação, concordando com a sua ausência em sítios inundáveis das matas. Plantas da espécie *Schizolobium parahyba* mostraram-se intolerantes quando submetidas aos alagamentos, observou-se senescência e abscisão foliar, maior redução nos teores de clorofilas a e b, além do aparecimento de fungos no ápice caulinar; ao contrário dos outros tratamentos, no qual tiveram uma menor diminuição nos teores de clorofilas a e b, além de terem um aumento significativo da massa seca total.

Todos os tratamentos levaram à diminuição nos teores de clorofilas a e b, porém as diminuições mais significativas foram verificadas nos tratamentos 1 (AC) e 2 (AP). Com a perda das folhas no tratamento 2 (AP), não foi possível verificar os teores de clorofilas. Experimentos realizados com diversas culturas indicam que existe correlação positiva entre os teores foliares de clorofila, determinados em laboratório por espectrofotômetro ou utilizando medidores indiretos de clorofila, e as características de crescimento de plantas. Shadchina & Dmitrieva (1995) determinaram os teores foliares de clorofila em plantas de trigo pelo método de Arnon (1949), concluindo que os teores foliares de clorofila podem ser utilizados como característica apropriada para a determinação do N absorvido pelas plantas.

No presente estudo, a diminuição nos teores das clorofilas a e b e, conseqüentemente, nas proporções entre a clorofila a e b ao final do tratamento, pode ser explicada pela existência de um plástico transparente protegendo as caixas d'água onde foram instalados os tratamentos, para que a chuva não modificasse as condições de inundação desejadas, que, ao longo do experimento se tornou opaco alterando, assim, a incidência de luz sobre as plantas e os teores desses pigmentos.

Entre os diversos componentes do ambiente, a luz é primordial para o crescimento das plantas, não só por fornecer energia para a fotossíntese, mas, também, por fornecer sinais que regulam seu desenvolvimento através de receptores de luz sensíveis a diferentes intensidades,

qualidade espectral e estado de polarização. Dessa forma, modificações nos níveis de luminosidade aos quais uma espécie está adaptada podem condicionar diferentes respostas fisiológicas em suas características bioquímicas, anatômicas e de crescimento (Atroch et al., 2001).

A concentração e a proporção de pigmentos fotossintéticos foliares variam com a espécie, o meio no qual se encontra e a idade da folha. Além disso, se a planta é submetida a uma condição de estresse, as alterações nos teores de clorofilas a e b não são proporcionais (Kramer & Koslowski, 1979; Pomp & Bongers, 1991).

Assim, os resultados obtidos com relação aos teores de clorofilas parecem estar refletindo principalmente o primeiro problema apontado, isto é, a presença do plástico que interferiu na incidência da luz sobre as plantas uma vez que mesmo as plantas que não estavam sob influência da inundação também sofreram redução em seus teores de clorofila.

Considerando que a fase de estabelecimento da planta é primordial e decisiva no seu desenvolvimento, pois uma vez que ela consiga completar essa fase estará apta a competir com sucesso nas fases posteriores, os resultados encontrados em um período curto de análises levaram à conclusão de que a espécie estudada possui um conjunto de características que não permitem sua utilização na recomposição da vegetação de matas ciliares.

Referências

- Arnon DI (1949) Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology** 24: 1-15.
- Atroch EMAC, Soares AM, Alvarenga AA & Castro EM (2001) Crescimento, teor de clorofilas, distribuição de biomassa e características anatômicas de plantas jovens de *Bauhinia forficata* Link submetidas a diferentes condições de sombreamento. **Ciência Agrotécnica**. 25: 853-862.
- Barbosa LM, Barbosa JM, Batista EA, Mantovani W, Veronese SA & Andreani JR (1989) Ensaio para o estabelecimento de modelos para recuperação de áreas degradadas de matas ciliares, Moji-Guaçu. In: **Simpósio Sobre Mata Ciliar**, São Paulo, SP. Anais. p. 268-283.
- Cannell RQ, Gales K, Snaydon RW & Suhail BA (1979) Effects of short-term waterlogging on the growth and yield of peas (*Pisum sativum* L.). **Annals of Applied Biology** 93: 327-335.
- Chirkova TV (1988) Pathways of adaptation of plants to hypoxia and anoxia. **Fiziologiya Rasstenni** 35: 393-411.
- Crawford RMM & Brändle R (1996) Oxygen deprivation stress in a changing environment. **Journal of Experimental Botany**. 47: 145-159.
- Drew MC & Sisworo EJ (1979) The development of waterlogging damage in young barley plants in relation to plant nutrition status and changes in soil properties. **New Phytologist** 82: 301-314.

- Ferreira JN, Ribeiro JF & DA Fonseca CE (2001) Crescimento inicial de *Piptadenia gonoacantha* (Leguminosae, Mimosoideae) sob inundação em diferentes níveis de luminosidade. **Revista Brasileira de Botânica**. 24: 561-566.
- Franco AA, Costa CN & Passianoto CC (1989) Nodulated legume trees for the recuperation of acid tropical soils. In: **The north american symbiotic nitrogen fixation conference**, volume 12. Iowa State University, pp 70.
- Gandolfi S, Leitão Filho HF & Linneu CLF (1995) "Levantamento Florístico e Caráter Sucessional das Espécies Arbustivo – Arbóreas de uma Floresta Mesófila Semidecídua no Município de Guarulhos, SP". **Revista Brasileira de Biologia**. 55: 153-767.
- Harborne JB (1984) Chlorophylls. In: **Phytochemical methods**. New York: Chapman and Hall. pp 214-219.
- Joly CA (1986) Heterogeneidade ambiental e diversidade de estratégias adaptativas de espécies arbóreas de Mata de Galeria. **Anais X Simpósio Anual da Academia de Ciências de São Paulo**. Perspectivas de Ecologia Teórica. pp 23-34.
- Joly CA (1996) The role of oxygen diffusion to the root system on the flooding tolerance of tropical trees. **Revista Brasileira de Biologia**. 56: 375-382.
- Koslowski TT (1984) "Responses of woody plants to flooding". In: (KOSLOWSKI, T.T. ed.) **Flooding and plant growth**. London: Academic Press, pp 129-163.
- Kozłowski TT (1997) Responses of woody plants to flooding and salinity. **Tree Physiology Monograph** 1: 1-29.
- Kramer T & Koslowski TT (1979) **Physiology of woody plants**. New York: Academic Press.
- Kramer PJ (1983) **Water relations of plants**. New York: Academic Press, cap.6, p.146-186.
- Levitt J (1980) **Responses of plants to environmental stresses: water, radiation, salt and other stresses**. New York: Academic Press, v.2, 607p.
- Lobo-Faria PC (1998) **Estratégias Adaptativas de Espécies Arbóreas Típicas de Ambientes de Solo Hidricamente Saturado: Uma Abordagem Morfológica, Bioquímica e Ecofisiológica**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Lobo PC & Joly CA (1995) Mecanismos de tolerância à inundação de plantas de *Talauma ovata* St Hil (Magnoliaceae), uma espécie típica de matas de brejo. **Revista Brasileira de Botânica**. 18: 177-183.
- Marques MCM & Joly CA (2000) Germinação e crescimento de *Calophyllum brasiliense* (Clusiaceae), uma espécie típica de florestas inundadas. **Acta Botânica Brasileira**. 14: 113-120.
- Pezeshki SR, Pardue JH & Delaune RD (1996) Leaf gas exchange and growth of flood-tolerant and flood-sensitive tree species under low soil redox conditions. **Tree Physiology**. 16: 453-458.
- Pomp J & Borgers F (1991) Acclimation of seedlings of three Mexican rain forest species to a change in light availability. **Journal of Tropical Ecology**. 7: 85-87.
- Reid DM & Bradford KJ (1984) Effects of flooding on hormone relations. In: (Koslowski TT ed) **Flooding and Plant Growth**. London: Academic Press, pp 195-219.
- Rodrigues RR (1989) "Análise Estrutural de Formações Ripárias". In: (BARBOSA, L.M. ed.) **Anais do Simpósio sobre mata ciliar**. Campinas: Fundação Cargil, pp 99-119.
- Shadchina TM & Dmitrieva VV (1995) Leaf chlorophyll content as a possible diagnostic mean for the evaluation of plant nitrogen uptake from the soil. **Journal of Plant Nutrition** 18: 1427-1437.
- Tang ZG & Koslowski TT (1982) Physiological, morphological, and growth responses of *Platanus occidentalis* seedlings to flooding. **Plant Soil** 66: 243-255.
- Vartapetian BB (1991) Food – sensitive plants under primary and secondary anoxia: ultrastructural and metabolic responses. In: (Jackson MB, Davies DD & Lambers H ed) **Plant life under oxygen deprivation**. SBP Academic Publishing, pp 201-216.