

Thyara A Gregório^{1,2}, Luana G Gobbo¹, Joseanne F Cardoso¹, Valdir G Demuner³ & Selma A Hebling¹

Efeito do alagamento sobre o crescimento inicial de *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) Toledo (Ipê-rosa)⁴

Flooding effect on inicial growing of *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) Toledo (Ipê-rosa)

Resumo As matas ciliares ou ripárias são quaisquer formações vegetais às margens de cursos d'água, independente de sua área ou região de ocorrência e de sua composição florística, estando, portanto, sujeitas a alagamentos periódicos ou permanentes. São formações vegetais extremamente importantes em termos ecológicos, sendo essenciais para a manutenção da qualidade da água dos rios e da fauna ictiológica. Muitas espécies crescem naturalmente nas áreas de mata ciliar, mas, essas plantas devem regularmente readaptar seu metabolismo e ciclo de vida modificando a via respiratória de forma a suportar as alterações entre condições aeróbicas e hipóxicas ou até mesmo anóxicas, impostas pelo alagamento. Apesar de sua inegável importância ambiental as matas ciliares têm sofrido uma forte pressão humana em várias partes do Brasil. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da inundação sobre o crescimento inicial de *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) Toledo (ipê-rosa) e analisar 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, momento em que foram retiradas das condições de inundação e submetidas a mais dois meses de tratamento em solo na capacidade de campo. Foram utilizadas 120 plantas, divididas em quatro tratamentos que incluíram inundação com água parada (AP), inundação com água corrente (AC), solo na capacidade de campo (CC) e controle com rega diária (C). Foram mensurados mensalmente a altura da parte aérea e o diâmetro do coleto. No início e final do experimento foram obtidas as massas da matéria seca da raiz e parte aérea, calculando assim, massa total e razão raiz/parte aérea. Pelos resultados, verificou-se que o efeito da inundação foi maior nas plantas submetidas às condições de (AP) e (AC), onde tanto o crescimento da parte aérea como o

diâmetro apresentaram inibição total e parcial respectivamente. Ambos também apresentaram valores nulos para a massa da matéria seca da parte aérea, sistema radicular e massa total. Diferentemente dos resultados descritos, as plantas submetidas aos tratamentos (C) e (CC) mostraram um aumento significativo para os valores referentes ao crescimento em altura, diâmetro do coleto e massa seca. Assim, os resultados indicam que a espécie *Tabebuia heptaphylla* não tolera períodos de inundação permanentes.

Palavras-chave mata ciliar, inundação, *Tabebuia heptaphylla*, tolerância, desenvolvimento.

Abstract The riparian zones are any plant formations near the waterways, no matter their area or region of occurrence and its floristic composition, and so, being subject to temporary or permanent flooding. Those plants are extremely important in ecological terms, and they are essential for maintaining the water quality of rivers and ictiological fauna. Many species grow naturally in areas of riparian forest, but these plants should regularly adapt their metabolism and life cycle of changing the airway in order to support the changes between aerobic and hypoxic, or even anoxic conditions, imposed by the flooding. Despite its undeniable importance environment, the riparian zones have been suffering a strong human pressure in many areas of Brazil. This study aimed to evaluate the effect of the flood on the initial growth of *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) Toledo (Ipê rosa) and examine the possibility of using this kind of plant on recovery programs in the riparian zones. Therefore, the plants remained under simulated conditions of flooding for three months, when they were withdrawn the conditions of flooding and submitted to more than two months of treatment in soil in the ability of field. They were used 120 plants, divided into four treatments that included: stopped water flood (AP), with current flood water (AC), ground in the ability of field, (CC) and control with daily watering (C). Monthly were measured the height and diameter of the aerial part of the collect. At the beginning and end of the experiment were obtained from the masses of dry air and part of the

1 Escola Superior São Francisco de Assis - ESFA. Rua Bernardino Monteiro 700, Dois Pinheiros, Santa Teresa, ES, Brasil. CEP 29650-000.

2 Autor para correspondência. E-mail: thyaraag@yahoo.com.br

3 Museu de Biologia Mello Leitão, Av. José Ruschi 4, Centro, 29650-000, Santa Teresa, ES, Brasil.

4 Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação de Graduação em Ciências Biológicas da ESFA.

root, thereby calculating the ratio of total mass and root / air part. Those results, it was found that the effect of the flood was higher in plants subjected to (AP) and (AC) conditions, where both growth of the air part as the diameter showed total and partial inhibition respectively. Both also showed zero values for the mass of the dry air part, rooting and total mass. Unlike the results described, plants subjected to treatment (C) and (CC) showed a significant increase in the figures for the growth in height, diameter and mass collect the drought. Thus, the results indicate that the species *Tabebuia heptaphylla* does not tolerate periods of permanent flood.

Keywords riparian forest, flood, *Tabebuia heptaphylla*, tolerance, growing.

Introdução

Matas ciliares são formações vegetais extremamente importantes em termos ecológicos, sendo essenciais para a manutenção da qualidade da água dos rios e da fauna ictiológica (Redford & Fonseca, 1996). A presença de matas nativas, principalmente nas encostas, topo de morros e ao longo de rios, córregos e represas serve como obstáculo ao escoamento da água das enxurradas, reduzindo sua velocidade e possibilitando sua infiltração no solo para absorção pelas plantas e para alimentação dos aquíferos subterrâneos. Conseqüentemente, evita o assoreamento do leito de córregos, rios, estuários, lagoas e várzea (Campos & Landgraf, 1990).

Apesar de sua inegável importância ambiental, as matas ciliares têm sofrido uma forte pressão humana em várias partes do Brasil. Entre os inúmeros fatores que têm contribuído para isso, destacam-se pela gravidade: as derrubadas, os incêndios, os represamentos e o assoreamento dos rios devido à erosão (Gibbs et al., 1980). Além disso, como o fundo dos vales corresponde aos solos mais férteis de uma bacia, as matas ciliares são as mais propensas a serem derrubadas para fins agrícolas (Oliveira-Filho, 1994).

Em função disso, vários trabalhos vêm sendo desenvolvidos (Rodrigues & Nave, 2000) com o intuito de obter informação e dados ecológicos que possam auxiliar na recuperação dessas áreas degradadas, promovendo o seu manejo (Leite, 2001; Moreno & Schiavini, 2001; Botrel et al., 2002).

O manejo, concebido assim, seria importante na manutenção da diversidade de espécies e da variabilidade genética de suas populações. Neste contexto, as matas ciliares poderiam representar um passo importante na recuperação de áreas degradadas e na manutenção de processos básicos, ao nível da paisagem, através da interligação dos remanescentes vegetais, mantendo-se o fluxo gênico nas populações

envolvidas e favorecendo os fenômenos de dispersão de espécies da flora e fauna, possibilitando aporte de nutrientes, bem como ampliando a oferta de nichos e recursos tróficos às comunidades (Cesp, 1992).

Para fisiologistas e ecologistas é um desafio entender por que espécies de ambientes alagados podem prosperar sob condições de excesso de água, enquanto que espécies de ambientes não alagados não podem (Bona & Morretes, 2003). Sendo assim, tornam-se necessários levantamentos e estudos específicos sobre o comportamento de espécies que consigam sobreviver nessas matas nativas, principalmente aquelas situadas à margem dos cursos d'água (Campos & Landgraf, 1990).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da inundação do solo sobre o crescimento inicial de *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) Toledo e verificar se a mesma é resistente à inundação ou encharcamento periódicos analisando o(s) mecanismo(s) básico(s) de sobrevivência dessa espécie nestas condições.

Métodos

Local de estudo

O presente estudo foi realizado em uma área reservada da Escola Superior São Francisco de Assis (ESFA), Santa Teresa, Espírito Santo, Brasil. O município de Santa Teresa está localizado a 19° 56' 10" S e 40° 36' 06" W. A região apresenta uma temperatura média de 18°C, sendo julho o mês mais frio, com temperatura média variando entre 15° e 18°C e a temperatura média mínima diária entre 6° a 10°C (Chamas, 1995). Segundo Nimer (1977), a região apresenta altos índices pluviométricos, com precipitação média anual de 1.404,2 mm, podendo ocorrer de um a dois meses de seca.

Coleta de dados

Para a realização do experimento, que foi executado entre os meses de abril e setembro de 2007, foram utilizadas 120 mudas de *Tabebuia heptaphylla* (ipê-rosa) fornecidas pelo Viveiro de Sooretama, Linhares, ES. As mudas estavam, inicialmente, em sacolas de polietileno e ao completarem seis meses de crescimento, foram transferidas para quatro caixas d'água de 500 litros (30 mudas em cada caixa) contendo aproximadamente 300 litros de areia grossa, latossolo e esterco (2:2:1, respectivamente) nas mesmas proporções da mistura onde se encontravam anteriormente (Costa et al., 2006). As plantas foram numeradas e distribuídas de maneira assistemática nos tratamentos. É importante salientar que as caixas d'água foram colocadas sob uma estrutura coberta por plástico transparente caso viesse a ocorrer chuvas, sendo que estas influenciaram gravemente a condução do experimento.

O experimento foi composto por quatro tratamentos: (I) controle (C), no qual foi mantida uma rega diária; (II) solo na capacidade de campo (CC), onde foram realizadas duas regas diárias ou mais, dependendo da necessidade; (III) inundação com água parada, a quatro centímetros acima do nível do solo (AP), com renovação quinzenal da mesma; (IV) inundação com água corrente, a quatro centímetros acima do nível do solo (AC), onde foi mantido um fluxo lento de água.

Os tratamentos III e IV passaram por um período de três meses de inundação. Após esse período, as plantas sobreviventes foram submetidas às mesmas condições do tratamento II (capacidade de campo) por mais dois meses, para que as últimas mensurações referentes ao comprimento da parte aérea, diâmetro do coleto e massa seca final fossem realizadas.

Antes de serem submetidas aos tratamentos, em abril de 2007, as plantas de *T. heptaphylla* passaram por um período de aclimação de 30 dias. Dessa forma, as plantas estavam com seis meses de idade no início do experimento. A análise do crescimento foi baseada em mensurações realizadas no início do experimento, após o período de aclimação, e em mensurações mensais do comprimento da parte aérea, com a utilização de fita métrica, e do diâmetro do coleto, mensurado com paquímetro. As plantas foram acompanhadas também por meio de observações mensais caso surgisse algum tipo de adaptação em resposta à inundação.

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

Análise de dados

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. 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 era normal (Vieira, 1998).

Resultados

Após o período de aclimação foram realizadas as primeiras coletas de dados referentes à altura da parte aérea, diâmetro do coleto e massa da matéria seca. As plantas dos tratamentos (AP) água parada e (AC) água corrente foram

submetidas ao alagamento, no qual permaneceram por mais dois meses, momento em que todas as plantas morreram. As coletas referentes aos dois meses posteriores seguiram envolvendo apenas os tratamentos (C) controle e (CC) solo na capacidade de campo. Os valores correspondentes à massa da matéria seca estão relacionados ao início (mês 0) e final do experimento (mês 5), sendo que neste último as análises foram referentes somente aos tratamentos C e CC os quais permaneceram até o final do experimento.

As plantas submetidas às condições de água parada (AP) e água corrente (AC) apresentaram antes de morrer, sintomas de estresse de inundação como clorose, epinastia, senescência e abscisão foliar, e não desenvolveram estruturas que pudessem facilitar a aeração das raízes, como lenticelas hipertrofiadas.

Crescimento das plântulas de *Tabebuia heptaphylla*

O comprimento em altura da parte aérea e o diâmetro do coleto foram afetados pela inundação, que inibiu totalmente o crescimento no tratamento III (AP) e parcialmente no tratamento IV (AC).

Com relação à altura (comprimento da parte aérea), quando foram realizadas as primeiras mensurações (mês 0), as plantas que foram destinadas ao tratamento I (C) apresentavam um comprimento da parte aérea menor do que o das plantas que foram destinadas aos demais tratamentos e elas só conseguiram aumentar esse comprimento significativamente após o segundo mês. As plantas do tratamento II (CC) já demonstraram um melhor desempenho referente ao comprimento em relação às plantas dos demais tratamentos após um mês de exposição ao tratamento e essa diferença se mantém no mês 2. As plantas dos tratamentos III (AP) e IV (AC) não apresentaram diferenças significativas em seus comprimentos ao longo dos meses 0, 1 e 2 (Tabela 1), em virtude de apresentarem deterioração em seus ápices caulinares que começaram a se manifestar a partir do mês 1.

Mesmo após a retirada das plantas dos tratamentos III e IV da inundação e transferência das mesmas para solo na capacidade de campo, elas não conseguiram retomar o crescimento e ao final de dois meses, todas morreram. As plantas dos tratamentos I (C) e II (CC) mantiveram seu padrão de crescimento ao longo de mais dois meses (meses 3 e 4) (Figura 1).

Como aconteceu com a altura, o diâmetro da base do caule (coleto) das plantas destinadas ao tratamento I na primeira mensuração (mês 0) também era menor, mas apresentou um aumento significativo no mês 1, que não se mantém no mês 2, já as plantas do tratamento II também apresentaram aumentos significativos em seus diâmetros do coleto no mês 1 e esse aumento se manteve no mês 2. As plantas do tratamento III, em função da deterioração sofrida quando submetidas ao tratamento de inundação, têm seus

diâmetros diminuídos logo no primeiro mês de tratamento e essa diminuição se repete no segundo mês, enquanto que as plantas do tratamento IV também têm seus diâmetros diminuídos no primeiro mês, mas, conseguem mantê-los iguais no mês 2 (Tabela 1). Após esses dois meses, as plantas dos tratamentos I (C) e II (CC) quando expostas às mesmas condições (capacidade de campo) apresentaram aumento no diâmetro do coleto (Figura 2).

Tabela 1 Valores médios do comprimento da parte aérea (cm) e diâmetro do coleto (mm) das plantas de *Tabebuia heptaphylla* submetidas a diferentes condições de inundação, sendo o tratamento I o controle (C), o tratamento II capacidade de campo (CC), o tratamento III inundação com água corrente (AC) e o tratamento IV inundação com água parada (AP).

aos tratamentos (meses)	Tratamento (n)		parte aérea (cm)	coleto (mm)
	I	II		
0	I	22	16,25±5,73 aA	4,44±0,87 aA
	II	22	25,27±6,59 bA	5,57±1,22 bA
	III	22	25,95±5,69 bA	5,37±0,95 bC
	IV	22	22,20±8,71 bA	5,58±1,12 bB
1	I	22	19,27±7,03 aA	5,84±1,78 bB
	II	22	36,16±9,81 bB	7,85±1,65 cB
	III	22	24,82±5,43 aA	4,46±0,69 aB
	IV	22	23,43±8,18 aA	4,22±1,12 aA
2	I	22	25,89±10,20 aB	6,37±2,07 bB
	II	22	43,41±12,94 bB	9,95±2,29 cC
	III	22	24,50± 5,70 aA	3,70±0,65 aA
	IV	22	23,93±8,66 aA	3,58±0,84 aA

As letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos dentro de um mesmo mês, e as letras maiúsculas indicam diferenças significativas entre os tempos de exposição aos tratamentos ($p < 0,05$).

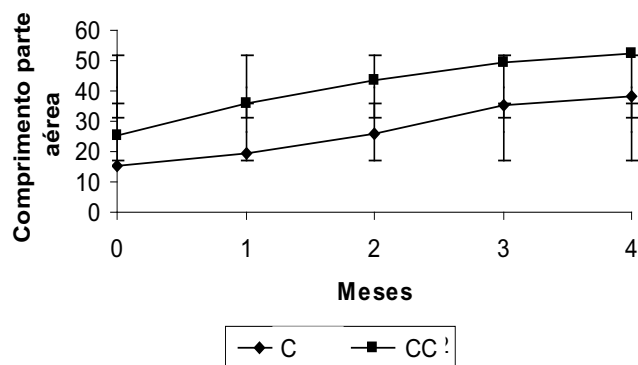


Figura 1 Médias dos comprimentos das partes aéreas durante os 4 meses de experimento de plantas de *Tabebuia heptaphylla* submetidas a diferentes condições de irrigação, sendo o tratamento C, o controle e o tratamento CC, o solo na capacidade de campo.

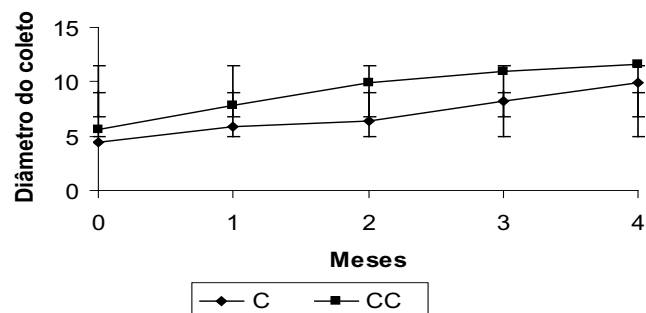


Figura 2 Médias dos diâmetros dos coletos durante os 4 meses de experimento de plantas de *Tabebuia heptaphylla* submetidas a diferentes condições de irrigação, sendo o tratamento C, o controle e o tratamento CC, o solo na capacidade de campo.

A massa da matéria seca foi outro parâmetro utilizado para verificação do crescimento das plantas. Em relação à massa seca da raiz e da parte aérea, não houve diferenças entre as plantas que foram colocadas nos diferentes tratamentos no início do experimento (mês 0), porém, após serem submetidas aos diferentes tratamentos durante três meses e depois por mais dois meses em solo na capacidade de campo, houve diferenças significativas nas plantas submetidas aos tratamentos I e II em relação às massas secas das raízes e da parte aérea. Após 5 meses sob os tratamentos (mês 5) foi possível verificar diferenças entre os tratamentos I e II, mas, somente no caso das raízes (Tabela 2) demonstrando que houve uma alocação da biomassa preferencialmente no sistema radicular em ambos os tratamentos.

Tabela 2 Valores médios de massa da matéria seca em gramas (g) da raiz, parte aérea, massa total e razão raiz/parte aérea (R/Pa) de plantas de *Tabebuia heptaphylla* no início dos experimentos e após permanência de dois meses nos diferentes tratamentos, sendo o tratamento I o controle (C), o tratamento II, o solo na capacidade de campo (CC), o tratamento III inundação com água corrente (AC) e o tratamento IV inundação com água parada (AP); valores não obtidos (n.o.).

Meses	Tratamentos	Raiz	Parte Aérea	Massa Total	R/Pa
0	I	0,90±0,39aA	3,71±1,81aA	4,61±3,18aA	0,25±0,6 aA
	II	1,21±0,26aA	3,28±0,49aA	4,49±0,55aA	0,38±0,10 aA
	III	0,78±0,25 a	2,84±0,82 a	3,62±1,00 a	0,28±0,09 a
	IV	0,90±0,51 a	3,56±1,41 a	4,46±1,82 a	0,25±0,11 a
5	I	0,55±3,22aB	25,70±9,05 aB	36,25±11,83 aB	0,42±0,09 aB
	II	18,03±6,06b	33,42±7,85 aB	51,46±12,71 aB	0,54±0,13 aA
	III	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
	IV	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.

As letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos dentro de um mesmo mês, e as letras maiúsculas indicam diferenças significativas entre os tempos de exposição aos tratamentos ($p < 0,05$).

Essa diferença significativa nos valores de massa seca das

raízes entre os tratamentos I e II, no quinto mês do experimento, não ocasionou uma diferença na massa seca total e na razão raiz/ parte aérea (R/PA) nesses mesmos tratamentos.

Sobrevivência

As plântulas de *Tabebuia heptaphylla* apresentaram uma alta mortalidade, especialmente nas condições de água parada (AP) e de água corrente (AC) encontradas nos tratamentos III e IV respectivamente, onde das 30 plantas colocadas inicialmente em cada tratamento, 22 morreram na condição de AP (88%), 22 na condição de AC (88%), e 3 na condição C (12%) após dois meses de experimento, demonstrando a sensibilidade dessa espécie ao alagamento.

Discussão

A alta mortalidade observada nas plantas submetidas às condições de alagamento sugere que a espécie *Tabebuia heptaphylla* tem dificuldades ou não tolera a inundação. Isto é comprovado através das médias baixas de altura e diâmetro do coleto, melhor evidenciadas na condição de água parada e em um segundo momento na condição de água corrente.

O alagamento do solo tem um profundo efeito nos organismos que nele habitam em especial nas plantas, por serem sésseis (Piedade et al., 2001). A tolerância ao alagamento apresentada por algumas plantas é determinada pela habilidade da mesma para o crescimento e sobrevivência em solos que apresentam um índice de água acima da capacidade de campo (Rowe & Beardsell, 1973).

O crescimento e a distribuição das plantas são controlados principalmente pela falta ou excesso de água. O estabelecimento e desenvolvimento das mesmas podem ser afetados pela inundação, a qual é ocasionada por diversos fatores tais como encharcamentos, tempestades, drenagem deficiente, etc. (Haddad et al., 2000). Em plantas sensíveis, a inundação reduz o crescimento e a sobrevivência. Por outro lado plantas tolerantes suportam temporariamente as condições de anóxia por até poucos dias (Taiz & Zeiger, 2004).

O tratamento III (AP) apresentou maior inibição com relação ao crescimento da parte aérea durante o alagamento, o mesmo acontece com os valores descritos para o diâmetro do coleto. Tal inibição pode ser explicada pelo estresse gerado pela inundação que acarreta a diminuição ou falta de O_2 , situações conhecidas por hipóxia e anóxia respectivamente, acúmulo de substâncias tóxicas e conseqüente diminuição da absorção de nutrientes. Foram observados também os fenômenos de senescência e abscisão foliar, no mesmo tratamento.

Em solo drenado as raízes obtêm oxigênio para a

respiração aeróbica diretamente do espaço gasoso do solo, uma vez que os poros preenchidos de gás permitem a difusão do O_2 para as partes mais profundas do solo. Entretanto em solos inundados ou pobremente drenados, a água preenche os poros do solo bloqueando assim a difusão do O_2 (Taiz & Zeiger, 2004). A aeração inadequada no solo leva a uma rápida depleção de oxigênio (Kozłowski, 1984), com a falta de oxigênio os processos aeróbicos são substituídos por anaeróbicos levando ao acúmulo de gases (Jackson & Drew, 1984; Ponnamperuma, 1984) no solo, os quais se alojam nas bases dos caules e raízes (Ponnamperuma, 1984, Crawford, 1989).

Segundo Jackson (1985) o estresse experimentado pelas raízes sob inundação intensifica-se com o tempo, com a passagem da condição de hipóxia para anóxia e pela ação de toxinas produzidas por bactérias anaeróbicas do solo. Anóxia e toxinas podem matar as raízes, principalmente pelo excesso de Fe e Mn e pelo acúmulo de substâncias fitotóxicas como dióxido de carbono e etileno (Silva, 1986; Rodrigues et al., 1993). Sendo assim, a redução de O_2 no solo promove o aparecimento de distúrbios funcionais em toda a planta afetando principalmente a absorção de água e de nutrientes pelas raízes (Glinski & Stepniewski, 1986).

Em resposta à redução de O_2 e à concentração de gases tóxicos no solo, a planta apresenta alguns sintomas como murchamento, clorose das folhas, hipertrofia do caule, alterações morfo-anatômicas, diminuição do crescimento e produtividade, e morte da raiz (Bradford & Yang, 1981, Kramer, 1983). A presença de clorose seguida de abscisão observadas em algumas folhas sugere uma redução da taxa fotossintética o que pode levar a uma redução do crescimento total da planta (Medri et al., 1998).

Com relação ao tratamento em condições de água corrente (AC), durante o período de estudo tanto a altura da parte aérea como diâmetro do coleto apresentaram inibição parcial a partir do primeiro mês de tratamento, e ao final do segundo mês observou-se a estabilização de tais variáveis. Considerando que o fluxo constante de água provoca a lixiviação dos nutrientes, a inibição parcial do crescimento observada pode ser explicada pela mesma.

O volume de água percolado tem sido relatado como o principal responsável pelas perdas de nutrientes. A inundação determina uma série de modificações físico-químicas no solo, devido à baixa quantidade de O_2 e à formação de uma camada onde ocorrem reações de redução e se desenvolvem organismos anaeróbicos. Estas modificações vão interferir na concentração dos nutrientes do solo e, conseqüentemente, na possibilidade de lixiviação (Santos et al., 2002).

Segundo Santos et al., (2002) a lixiviação determina perda de nutrientes da zona radicular para camadas mais profundas do perfil do solo, onde estes são acumulados tornando-se indisponíveis às culturas. Este processo varia de acordo

com os atributos físicos do solo, como textura, estrutura, profundidade do perfil e, principalmente, porosidade.

Um aspecto também relevante para sobrevivência de espécies submetidas à inundação está relacionado às adaptações morfo-anatômicas apresentadas pelas mesmas, sob condições de deficiência de oxigênio. A tolerância à anaerobiose resulta da interação de vários fatores, em níveis molecular, bioquímico e anatômico (Perata & Alpi, 1993). Assim, as plantas desenvolvem certos mecanismos de adaptação metabólica (respiração anaeróbica), anatômica (desenvolvimento de aerênquimas) e morfológica (formação de raízes adventícias) (Saab & Sachs, 1996).

Em plântulas de *Tabebuia heptaphylla* não foram observadas essas adaptações que poderiam permitir uma melhor difusão do O₂ e, provavelmente, reduzir a alta mortalidade encontrada na espécie em questão. Plantas de *Peltophorum dubium* (Spr) Taub. submetidas à tratamentos com inundação apresentaram inúmeras lenticelas hipertróficas, além da formação de aerênquima (Medri et al., 1998). Da mesma forma plantas de milho (*Zea mays* L.) quando submetidas a condições de hipóxia também apresentaram a formação de aerênquima lisígeno tanto em raízes como em coleóptiles (Dantas et al., 2001). O arroz (*Echinochloa cruz-galli* var. *oryzicola*) durante processos de inundação se comporta de forma diferente transferindo o O₂ da atmosfera para as raízes, através das folhas e do caule. Nas raízes, este é excretado na rizosfera, formando uma região de oxidação, e assim, reduz o efeito ou a disponibilidade de substâncias tóxicas (Fe₂⁺ e Mn₂⁺) (Bacanawo & Purcell, 1999).

Algumas plantas morrem rapidamente durante o encharcamento enquanto outras são capazes de sobreviver em tais condições (Chirkova, 1988). Essas diferenças na resistência ocorrem devido a mecanismos que funcionam sob “stress” de oxigênio, como: habilidade das raízes em oxidar a rizosfera por meio da transferência de O₂ da parte aérea para as raízes (Bartlett & James, 1993); a estrutura do caule que permite difusão rápida do oxigênio da parte aérea para as raízes; tolerância das raízes à respiração anaeróbica; capacidade de regeneração de novas raízes; habilidade da planta em usar o NO₃ como um acceptor alternativo de elétrons (Levitt, 1980); diminuição da taxa metabólica; remoção dos produtos tóxicos; manutenção da integridade e estabilidade das membranas e mudanças compensatórias no metabolismo. Estas últimas incluem: a síntese de enzimas adaptativas, a metabolização de produtos provenientes do metabolismo anaeróbico, a oxidação endógena anóxica e a adaptação das vias respiratórias (Rodrigues et al., 1993).

As plantas de *Tabebuia heptaphylla*, submetidas às condições de hipóxia e anóxia apresentaram tanto o crescimento da parte aérea como radicular reduzidos. Em raízes anóxicas ou hipóxicas falta energia para manter os processos fisiológicos dos

quais as partes aéreas dependem (Taiz & Zeiger, 2004), o que faz com que as mesmas apresentem menor crescimento aéreo e peso seco em condições de inundação (Armstrong et al., 1991). Isso foi evidenciado em plantas de *Pisum sativum* L., vulgarmente conhecida como ervilha, onde os períodos de deficiência de O₂ afetaram significativamente a produção de massa seca da parte aérea e a densidade de raízes, demonstrando assim a sensibilidade da cultura ao efeito negativo da inundação (Sá et al., 2004). O mesmo ocorreu em plantas de *Peltophorum dubium* (Spr) Taub. submetidas à condições de alagamento nas quais foi verificado que a redução da massa seca estava relacionada em maior grau com a diminuição das raízes (Medri et al., 1998).

Em condições de anóxia o crescimento da parte aérea e das raízes é reduzido, ocasionando o escurecimento dos ápices radiculares e alteração nas organelas celulares. Com o passar do tempo há acúmulo de ferro reduzido, metano, sulfetos e de outros compostos no solo, que prejudicam ainda mais as raízes (Rodrigues et al., 1993).

Visto que a anóxia é a principal causa dos efeitos adversos da inundação (Kozłowski, 1997) é provável que o crescimento reduzido das plântulas de *Tabebuia heptaphylla* esteja relacionado com uma ou mais das seguintes hipóteses: a) baixa produção de ATP (Drew, 1992); b) redução na produção e translocação de fotoassimilados para 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); e) diminuição da taxa de respiração aeróbica (Rodrigues et al., 1993).

As espécies classificadas como tolerantes são aquelas que conseguem manter ou incrementar o peso seco da parte aérea quando submetidas ao stress ocasionado pela inundação. Essa característica é indispensável, assegurando uma vantagem competitiva aos indivíduos de se estabelecer com sucesso em áreas sujeitas à inundação (Lobo & Joly, 2000).

Baseando-se nesse critério, a espécie *Tabebuia heptaphylla* foi classificada como pouco ou intolerante à inundação e, considerando todos os parâmetros categorizados e os resultados observados em um período curto de análises, foi possível concluir que a espécie em questão não apresenta características que possibilitem a sua utilização para recomposição de área de mata ciliar que sofre inundação. É provável que esta intolerância esteja relacionada com o não aparecimento de modificações morfo-anatômicas.

Referências

- Armstrong W, Justin SHFW, Beckett PM & Lythe S (1991) Root adaptation to soil waterlogging. **Aquatic Botany** 39: 57-73.
- Bacanamwo M & Purcell LC (1999) Soybean root morphological and anatomical traits associated with acclimatation to flooding. **Crop Science** 39: 143-149.
- Bartlett RJ & James BR (1993) Redox chemistry of soil. **Advances in Agronomy**, San Diego, 50: 151-208.
- Bona C & Morretes BL (2003) Anatomia das raízes de *Bacopa salzmanii* (benth.) Wettst. ex Edwall e *Bacopa monnierioides* (cham.) Robinson (Scrophulariaceae) em ambientes aquático e terrestre. **Acta Botânica Brasileira** 17: 155-170.
- Botrel R, Oliveira-Filho AT, Rodrigues LA & Curi N (2002) Influência do solo e topografia sobre as variações da composição florística e estrutura da comunidade arbóreo-arbustiva de uma floresta estacional semidecidual em Ingá, MG. **Revista Brasileira de Botânica** 25: 195-213.
- Bradford KJ & Yang SF (1981) Physiological responses of plants to waterlogging. **HortScience** 16:25-30.
- Campos JC & Landgraf PRC (1990) Análise da cobertura florestal das bacias hidrográficas dos rios Cabo Verde e Machado no Sul de Minas. In: **XI Congresso Florestal Brasileiro**, Campos do Jordão. CESP, Companhia Energética de São Paulo (1992) **Recomposição de matas nativas pela CESP**. São Paulo: CESP, pp 1-13.
- Chamas CC (1995) **Espécies com potencial ornamental da Estação Biológica de Santa Lúcia / Santa Teresa-ES**. Monografia de Curso de pós-graduação "Lato Sensu" em Ecologia e Recursos Naturais, do Departamento de Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo.
- Chirkova TV (1988) Pathways of adaptation of plants to hypoxia and anoxia. **Fiziologiya Rasstenni** 35: 393-411.
- Costa AM, Goobbi EL, Demuner VG & Hebling SA (2006) O efeito da inundação do solo sobre o crescimento inicial de *Schizolobium parahyba* (Vell) S.F. Blake, guarapuruvu. *Natureza on line* 4: 7-13.
- Crawford RMM (1989) Studies in plant survival. **Blackwell Scientific Publications**.
- Dantas BF, Aragão CA & Alves JD (2001) Calcio e o desenvolvimento de aerênquimas e atividade de celulase em plântulas de milho submetidas a hipoxia. **Scientia Agricola** 58: 251-257.
- Drew MC (1992) Soil aeration and plant root metabolism. **Soil science** 4: 259-268.
- Gibbs PE, Leitão-Filho HF & Abbot RJ (1980) Application of the point-centred quarter method in a floristic survey of an area of gallery forest at Mogi-Guaçu, SP, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica** 3: 17-22.
- Glinsk J & Stepniewski W (1986) **Soil aeration and its role for plants**. Florida: CRC Press Inc, pp 228.
- Haddad CM, Platzeck CO, Tamassia LFM & Castro FGF (2000) Estabelecimento do capim setária cv. Kazungula em condições de inundação. **Scientia Agricola** 57: 205-212.
- Jackson MB (1985) Ethylene and responses of plants to soil waterlogging and submergence. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, Palo Alto 36:145-174.
- Jackson MB & Drew MC (1984) **Effect of flooding on growth and metabolism herbaceous plants**. In: Kozłowski TT (Ed) *Flooding and plant growth*. London: Academic Press, pp 47-128.
- Kozłowski TT (1984) **Responses of woody plants to flooding**. In: Kozłowski TT (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 PJ (1983) **Water relations of plants**. New York: Academic Press, pp146-186.
- Leite EJ (2001). Spatial distribution patterns of riverine taxa in Brasília, Brazil. **Forest Ecology and Management** 140: 257-264.
- Levitt J (1980) **Responses of plants to environmental stress: water, radiation, salt and other stresses**. New York: Academic Press 2: 607.
- Lobo PC & Joly CA (2000) **Aspectos ecofisiológicos da vegetação de mata ciliar do sudeste do Brasil**. In: Rodrigues RR & Leitão-Filho HF (Eds) *Matas Ciliares: Conservação e Recuperação*. São Paulo: Edusp/ Fapesp, pp 143-155.
- Medri ME, Bianchini E, Pimenta JA, Delgado MF & Correa GT (1998) Aspectos morfo-anatômicos e fisiológicos de *Peltophorum dubium* (Spr.) Taub. submetida ao alagamento e à aplicação de etrel. **Revista Brasileira de Botânica** 21: 153-158.
- Moreno MIC & Schiavini I (2001) Relação entre vegetação e solo em um gradiente florestal na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia (MG). **Revista Brasileira de Botânica** 24: 537-544.
- Nimer E (1977) **Clima e Geografia do Brasil: Região Sudeste**. Rio de Janeiro: Fundação IBGE.
- Oliveira-Filho AT (1994) Estudos ecológicos da vegetação como subsídios para programas de revegetação com espécies nativas: uma proposta metodológica. **Cerne** 1: 64-72.
- Perata P & Alpi A (1993) Plant responses to anaerobiosis. **Plant Science** 93: 1-17.
- Pezeski 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.
- Piedade MTF, Worbes M & Junk WJ (2001) **Geocological controls on elemental fluxes in communities of higher plants in Amazonian floodplains**. In: McClain ME, Victoria RL & Richey JE (Eds) *The Biogeochemistry of the Amazon Basin*. New York: Oxford University Press, pp 209-234.
- Ponnamperuma FN (1984) **Effects of flooding on soil**. In: Kozłowski, TT (Ed) *Flooding and Plant Growth*. London: Academic Press, pp 10-43.
- Redford KH & Fonseca GAB (1996) The role of gallery forest in the zoogeography of the cerrado's non-volant mammalian fauna. **Biotropica** 18: 126-135.
- Reid DM & Bradford KJ (1984) **Effects of flooding on hormonal relations**. In: Kozłowski TT (Ed) *Flooding and Plant Growth*. San Diego: Academic Press, pp 195-219.
- Rodrigues RR & Nave AG (2000) **Heterogeneidade Florística das Matas Ciliares**. In: Rodrigues RR & Leitão Filho HF (Eds) *Matas Ciliares: conservação e recuperação*. São Paulo: Edusp/Fapesp, pp 45-71.
- Rodrigues TJD, Rodrigues LRA & Reis RA (1993) **Adaptação de plantas forrageiras às condições adversas**. In: II Simpósio sobre ecossistema de pastagens, Jaboticabal, SP.

- Rowe RN & Beardsell DV (1973) Watrelogging of fruit trees. **Horticultural Abstracts** 43: 533-548.
- Saab IN & Sachs MM (1996) A flooding-induced xyloglucan endotransglycosylase homolog in maize is responsive to ethylene and associated with aerenchyma. **Plant Physiology** 112: 385-391.
- Sá JS, Cruciani DE & Minami K (2004) Efeitos de inundações temporárias do solo em plantas de ervilha. **Horticultura Brasileira** 22: 50-54.
- Santos AB, Fageria NK & Zimmermann FJP (2002) Atributos químicos do solo afetado pelo manejo da água e do fertilizante potássico na cultura de arroz irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 6: 12-16.
- Silva AR (1986) **Tolerância das plantas ao encharcamento**. In: I Simpósio sobre alternativas ao sistema tradicional de utilização das várzeas do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.
- Taiz L & Zeiger E (2004) **Fisiologia do estresse: deficiência de oxigênio**. In: Fisiologia vegetal Porto Alegre: Artmed, pp 635-64.
- Tang ZC & Kozlowski TT (1982) Some physiological and growth responses of *Betula papyrifera* seedling to flooding. **Physiology Plantarum** 55: 415-420.
- Vieira S (1998) **Introdução à Bioestatística**. Rio de Janeiro: Campus.