

DIVERSIDADE E COMPOSIÇÃO DE HERBÁCEAS AQUÁTICAS NA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO DO MÉDIO RIO NEGRO, AMAZÔNIA

Aurélia Bentes FERREIRA¹
Maria Teresa Fernandez PIEDADE²
Aline LOPES³

¹Bolsista IC INPA-PIBIC/CNPq, ²Colaboradora INPA, ³Coorientadora CNPq/INPA

INTRODUÇÃO

Na região amazônica, a principal força responsável pela existência, produtividade e interação nos ecossistemas aquáticos é o ciclo de flutuação do nível da água. Essa flutuação resulta em um período anual de inundação sobre uma extensa área ao longo dos rios (Junk 1989). As árvores ficam inundadas por colunas de água, em média, 7,5 m de profundidade, o que corresponde a um tempo médio de inundação de 230 dias por ano (Junk *et al.* 2011). Para as espécies arbóreas tolerarem os efeitos do alagamento, Joly e Lobo (1998) descrevem dois tipos de mecanismos biológicos que podem ser ativados. Um deles representa as adaptações para evitar a perda de oxigênio, como a formação de lenticelas hipertrofiadas, e o outro é representado pela presença de tecidos aerênquimatosos, que permitem a entrada de oxigênio. Além desses dois mecanismos são também respostas típicas ao alagamento, o aumento de níveis de etileno (Feldman 1984), redução da transpiração, fazendo com que diminua o fluxo de nutrientes para as folhas (Colin-Belgrand *et al.* 1991). Em termos de fenologia, as espécies decíduas da várzea, como *Albizia multiflora*, *Crataeva benthamii*, e semi-decíduas como *Alchornea castaneifolia* e *Luehea cymulosa* apresentam a queda foliar total ou parcial em sincronia com o pulso de inundação (Junk *et al.* 1989; Schöngart *et al.* 2002). O ciclo de vida de diversas destas espécies foi sincronizado, ao longo do tempo geológico, com o regime de inundação poderão ser extremamente afetadas. Espécies com ciclos de vida adaptados ao regime de inundação, frente à alterações deste regime (como da construção de barragens) que resultarem em inundações em diferentes períodos do ano, poderá resultar em diminuição das taxas de reprodução e de sobrevivência dessas espécies (Junk e Mello 1990; Thomaz e Bini 2003; Lytle e Poff 2004).

Assim, visando ampliar os conhecimentos sobre estratégias adaptativas das plantas de áreas alagáveis, este estudo visa compreender o comportamento ecofisiológico da espécie arbórea *Senna reticulata*, comum nas áreas alagáveis de várzea, submetida a diferentes condições de inundação experimentalmente induzidas.

MATERIAL E MÉTODOS

A coleta de sementes foi realizada na Costa do Catalão, ambiente que possui componentes da flora de várzea, situado na margem esquerda do rio Solimões, cerca de 11 km a sudeste do porto fluvial de Manaus. As sementes foram semeadas em 5 bandejas contendo solo de várzea sendo irrigadas diariamente, com água do poço artesiano do INPA. Aos 7 dias após a germinação as plântulas foram transplantadas para vasos plásticos de 2,5 L, e 15 cm de altura, contendo solo de várzea. Aos 84 dias as plântulas, foram submetidas a quatro tratamentos que foram acompanhados por um período de 4 meses. O desenho amostral foi constituído por 40 plantas jovens de *Senna reticulata*, sendo 10 plantas alagadas totalmente, 10 parcialmente alagadas, 10 sem irrigação (seca) e 10 controle.

Alagamento Total (AT) - Foram utilizados tanques de polietileno (60 cm altura, 40 cm de diâmetro na abertura) com capacidade para 62L, onde o nível de inundação foi de 10 cm acima da gema apical. A cada 3 dias a água era trocada para assegurar oxigenação equiparável àquela do ambiente natural, e diminuir o efeito do acúmulo de toxinas resultantes da respiração anaeróbia.

Alagamento Parcial (AP) - Cada indivíduo foi colocado em um balde de polietileno (35 cm de altura, 35 cm de diâmetro na abertura e 18 cm de diâmetro basal) com capacidade para 14 L, tendo sido acrescentada água proveniente de poço artesiano do INPA, até 5 cm acima do solo. A cada 3 dias a água foi trocada assim como no alagamento total.

Seca (S) – Neste tratamento as plantas ficaram em uma estufa sem receber irrigação. Este experimento visou avaliar o efeito fisiológico da seca nas plantas.

Controle (C) - Neste tratamento (não inundado) as plantas são irrigadas diariamente. O monitoramento do crescimento em altura, do diâmetro do colo, do índice de ganho de folhas (número de folhas), curva de luz, e clorofila foi realizado semanalmente. Nos primeiros cinco dias do experimento, os índices de luz e clorofila foram mensurados diariamente. O crescimento da parte aérea, do diâmetro do colo caulinar (DCC) foi medido, assim como a contagem do número de folhas a cada 15 dias, em todos os indivíduos. Para medir o diâmetro do colo foi utilizado paquímetro digital em um ponto a um centímetro do solo, e a altura foi medida com uma régua milimétrica partindo-se do solo até a gema apical. A concentração das clorofilas (a, b e total) foi realizada semanalmente com medidor eletrônico de teor de clorofila

(ClorofiLOG - CFL1030/Falker). Para tal, eram utilizadas folhas expandidas e sadias, situadas no terço médio das plantas. As coletas foram efetuadas entre 09:00 e 12:00 horas, sendo analisada uma folha por planta de cada indivíduo de todos os tratamentos. Para analisar a eficiência quântica do fotossistema II foram feitas medidas semanais de três indivíduos de cada tratamento. Fv/Fm foi calculado a partir dos valores de fluorescência inicial (F0), fluorescência máxima (Fm) e fluorescência variável (Fv = F0 - Fm), as mensurações são feitas com o auxílio de pinças de metal acopladas ao sensor PAM 2000, colocadas na região mediana da folha, em um dos lados do limbo foliar, evitando-se a nervura central. As folhas são adaptadas ao escuro por 10 minutos antes da medição do sinal de fluorescência, e posteriormente iluminados com pulso de luz. Os dados obtidos foram submetidos a análises de variância ANOVA de medidas repetidas (ANOVA_{mr}) para analisar o efeito dos tratamentos ao longo do tempo dos primeiros 5 dias para os dados fisiológicos, aos 120 dias para os dados fisiológicos e morfológicos. As análises foram conduzidas no software SYSTAT 10.2 (Wilkinson, 1998), considerando 95% de confiabilidade ($p < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fluorescência da clorofila ($Y = Fv/Fm$) sofreu influencia dos tratamentos logo nos primeiros 5 dias do experimento (Pillai trace, $F=1,94$, $p=0,037$), havendo um aumento dos valores no tratamento seca e totalmente alagada e uma pequena diminuição no quinto dia no controle e parcialmente alagada (Figura 1A). Após 40 dias de tratamento essa diferença nos valores de Fv/Fm permaneceu entre os tratamentos (Pillai trace, $F=4,12$, $p<0,0001$) (Figura 1B). A diminuição das taxas fotossintética e de transpiração era esperada logo no início do tratamento de déficit hídrico (Polizel 2007), porém *Senna reticulata* não mostrou sinais de estresse nos primeiros dias de tratamento de seca, permanecendo dentro da faixa de valores esperados para plantas de florestas alagáveis, entre 7-8 (Waldhoff *et al.* 2000).

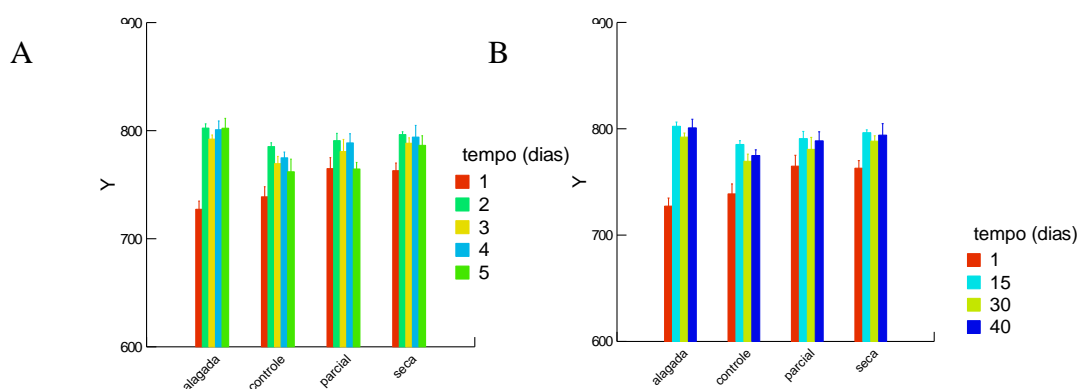


Figura 1. A) Fluorescência da clorofila em *Senna reticulata* ($Y = Fv / Fm$) na primeira semana de tratamento e B) até 40 dias do experimento.

As médias dos valores de clorofila total não foram afetadas pelos tratamentos nos 5 primeiros dias do experimento (Pillai Trace, $F=0,89$, $p=0,55$), somente pelo tempo de tratamento, havendo uma tendência de diminuição ao longo do tempo nos tratamentos e aumento nos controles (Pillai Trace, $F=3,78$, $p=0,012$; Figura 2A). Quando analisados os resultados de 40 dias de tratamento não houve efeito nem dos tratamentos e nem do tempo (Pillai Trace, $F=1,59$, $p=0,13$; Figura 2B).

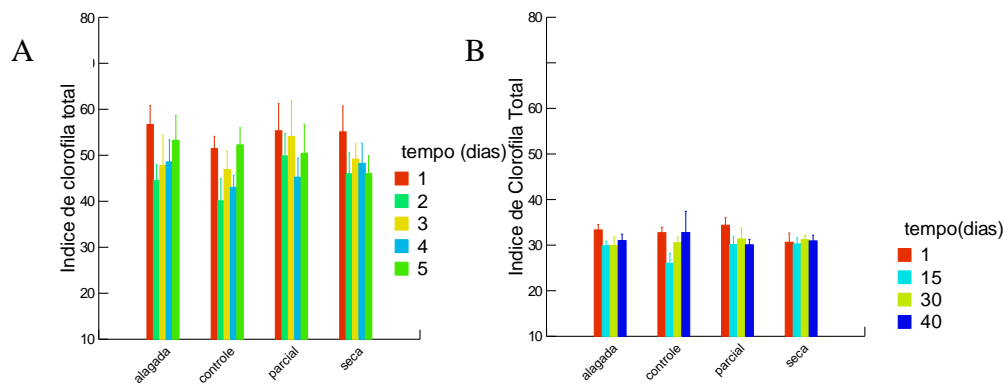


Figura 2. A) Índice de clorofila total nas folhas de *Senna reticulata* na primeira semana e B) aos 40 dias.

Os valores de clorofila *a* ao longo dos 40 dias foram influenciados somente pelo tempo, independentemente dos tratamentos (Pillai Trace, $F=6,44$, $p=0,001$; Figura 3A). Já a clorofila *b* não foi influenciada nem pelos tratamentos e nem pelo tempo (Pillai Trace, $F=0,65$, $p=0,79$; Figura 3B). A concentração de clorofila pode diminuir devido a deficiências nutricionais (Lichtenthaler *et al.* 1998). A redução da clorofila total nos tratamentos pode então estar relacionada com a diminuição de nutrientes disponíveis ao longo do tempo.

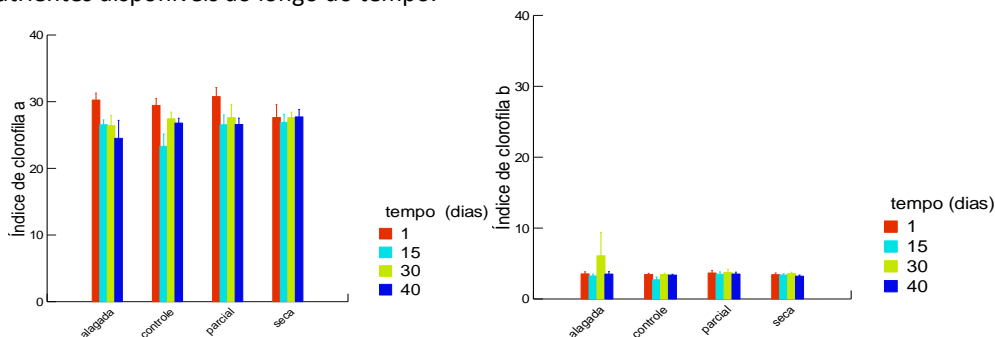


Figura 3. A) Índices de clorofila *a* e B) clorofila *b* de *Sena reticulata* longo do experimento.

Após cinco dias houve o aparecimento de lenticelas e raízes adventícias no tratamento parcialmente alagado. Quando uma planta é alagada, o mau funcionamento das raízes pode levar à morte, e essas raízes promovem a entrada de oxigênio e nutrientes necessários para as folhas e para a raiz primária durante a fase aquática (De Simone *et al.* 2003). O estresse estimulou a abscisão das folhas nos três tratamentos. Nas plântulas parcialmente alagadas a produção de novas folhas foi menor, assim como sua dimensão; nas plantas alagadas não foi observada a produção de novas folhas, e a senescência seguida de abscisão foliar ocasionada pela inundação total nas plantas chegou aos 100%. Pimenta (1998) registrou decréscimo da área foliar total em plantas de *Campomanesia xanthocarpa* cultivadas em solo alagado. Todas as plantas do tratamento inundação total morreram após 23 dias, e do tratamento seca após 40 dias. Não houve mortalidade nos controles e na inundação parcial apenas uma planta morreu.

A altura das plantas não foi influenciada pelos tratamentos (Pillai Trace, $F=1,68$, $p=0,138$), mas somente pelo tempo ao longo dos 40 dias (Pillai Trace, $F=86,330$, $p<0,000$), sendo que as plantas de todos os tratamentos apresentaram incremento em altura (Figura 4 A).

Já o diâmetro caulinar foi influenciado tanto pelo tempo quanto pelos tratamentos (Pillai Trace, $F=4,38$, $p=0,001$), sendo que as plantas no tratamento de alagação total apresentaram menor incremento que as plantas dos demais tratamentos (Figura 4B). O crescimento em altura e diâmetro é muito importante ao nível populacional, pois o tamanho dos indivíduos pode influenciar no período reprodutivo (Lacey 1986). No presente experimento as plantas totalmente e parcialmente alagadas apresentaram crescimento tanto em altura quanto em diâmetro similar aos controles, o que contradiz a estratégia de crescimento rápido para fuga da inundação proposta por Parolin *et al.* (2002).

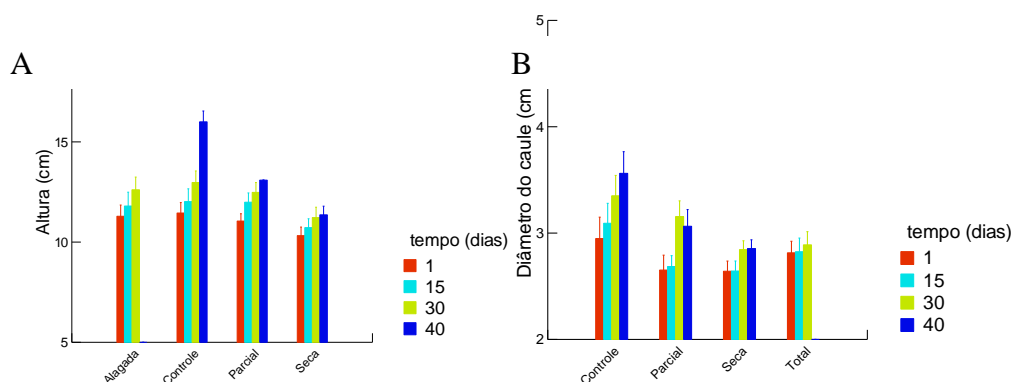


Figura 4. A) altura e B) diâmetro de *Sena reticulata* ao longo de 40 dias de experimento.

O número de folhas foi influenciado pelo tempo e pelos tratamentos (Pillai Trace, $F=4,38$, $p=0,001$), havendo um aumento no número de folhas no tratamento seca e uma diminuição nos demais tratamentos (Figura 5). Diferenças na manutenção ou perda das folhas ocorrem entre as espécies arbóreas em resposta a inundação (Shöngart *et al.* 2002.).

Pouteria glomerata, por exemplo, apresenta tendência contrária a *Sena reticulata* após 120 de inundação, sendo que o tratamento de alagamento total apresentou diminuição do número de folhas, e os tratamentos controle e inundação parcial apresentam aumento (Maurenza *et al.* 2009).

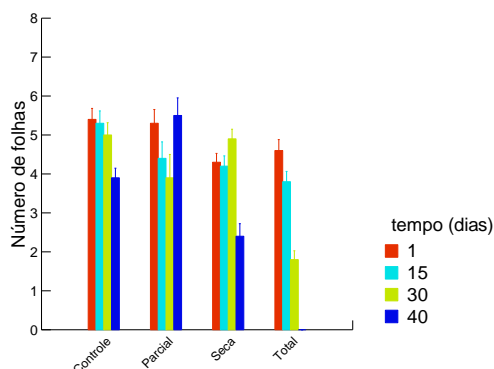


Figura 5. Número de folhas de *Sena reticulata* ao longo de 40 dias de tratamento.

CONCLUSÃO

Em virtude dos resultados apresentados neste trabalho, *Senna reticulata* demonstra alta plasticidade fenotípica que permite tolerar o alagamento, desde que mantenha algumas de suas folhas acima da superfície da água.

REFERÊNCIAS

- Colin-Belgrand, M.; Dreyer, E.; Biron, P. 1991. Sensitivity of seedlings from different oak species to waterlogging: effects on root growth and mineral nutrition. *Ann. Sci. For.*, 48: 193-204.
- De Simone, O.; Junk, W.J.; Schmidt, W. 2003. Central Amazon Floodplain Forest: Root Adaptations to Prolonged Flooding. *Russian Journal of Plant Physiology*, 50(6): 943-951.
- Feldman, L.P. 1984. Regulation of root development. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 35: 223-242.
- Junk, W.J. 1989. Flood tolerance and tree distribution in central Amazonian floodplains. In: Holm-Nielsen, L.B.; Nielsen, I.C. e Balslev, H. (Eds). *Tropical Forest: botanical dynamics, speciation and diversity*. Academic Press, New York, 47-64.
- Junk, W. J.; Piedade, M.T.F.; Schöngart, J.; Cohn-Haft, M.; Adeney, J. M.; Wittmann, F. A. 2011.
- Junk, W.J.; Mello, J.A.S.N. 1990. Impactos ecológicos das represas hidrelétricas na bacia amazônica brasileira. *Estudos avançados*, 4(8): 126-143.
- Lytle, D.A.; Poff, N.L. 2004. Adaptation to natural flow regimes. *Trends in Ecology and evolution*, 16(2): 94-100.
- Lobo, P.C.; Joly, C.A. 1998. Tolerance to hypoxia and anoxia in neotropical tree species. In: Scarano, F.R.; Franco, A.C. (Eds). *Ecophysiological strategies of xerophytic and amphibious plants*.
- Parolin, P.; Armbrüster, N.; Junk, J.W. 2002. Seasonal changes of leaf nitrogen content in trees of Amazonian floodplains. *Acta amazonica*, 32(2): 231-240.
- Pimenta, J.A. *Estudo populacional de Campomanesia xanthocarpa O. Berg (Myrtaceae) no Parque Estadual Mata dos Godoy*, Londrina, PR. 1998. 150 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Polizel, A.M. 2007. Avaliações moleculares, morfo-anatômicas e fisiológicas de soja geneticamente modificada com a construção rd29A: DREB1A de *Arabidopsis thaliana*, visando tolerância à seca. 125 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Biologia Molecular) - Universidade Estadual de Londrina. Londrina.
- Schöngart, J.; Piedade, M.T.F.; Ludwigshausen, S.; Horna, V.; Worbes, M. 2002. Phenology and stem-growth periodicity of tree species in Amazonian floodplain forests. *Journal of Tropical Ecology*, 18: 581-597.
- Thomaz, S.M.; Bini, L.M. 2003. Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas. Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- Waldhoff, D.; Junk, W.; Furch, B. 2000. Fluorescence measurements as indicator of adaptation strategies of trees from Central Amazonian Floodplain. *Verh. Ges. Ökol.*, 30: 55.