



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA  
PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

**Diferenças ecofisiológicas de um par congênérico de  
formações savânicas e florestais do Cerrado: *Tabebuia aurea* e  
*T. impetiginosa***

Juliana Pfrimer Capuzzo

Brasília – DF

2011

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA  
PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

**Diferenças ecofisiológicas de um par congênico de  
formações savânicas e florestais do Cerrado: *Tabebuia aurea* e  
*T. impetiginosa***

Juliana Pfrimer Capuzzo

Orientador: Prof. Augusto César Franco, PhD.

Dissertação apresentada ao  
Programa de Pós-Graduação em  
Ecologia da Universidade de  
Brasília, como parte dos requisitos  
necessários para a obtenção do  
Título de Mestre em Ecologia.

Brasília – DF

2011



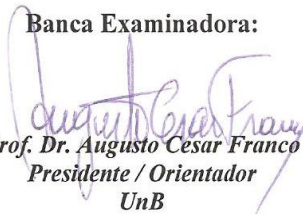
Dissertação de Mestrado

**JULIANA PFRIMER CAPUZZO**


Título:

“Diferenças ecofisiológicas de um par congênico de formações savânicas e florestais do Cerrado: *Tabebuia aurea* e *T. impetiginosa*”

**Banca Examinadora:**



*Prof. Dr. Augusto Cesar Franco*  
Presidente / Orientador  
UnB



*Prof. Dr. Aldicir Osni Scariot*  
Membro Titular  
Embrapa



*Profa. Dra. Sarah Christina Caldas Oliveira*  
Membro Titular  
UnB

*Profa. Dra. Cristiane da Silva Ferreira*  
Membro Suplente  
UnB

Brasília, 31 de agosto de 2011.

## Sumário

Agradecimentos.....	06
Lista de Tabelas e Figuras.....	08
Resumo.....	11
Abstract.....	12
I . Introdução Geral.....	13
II. Referências Bibliográficas.....	16
Capítulo 1 – “Diferenças nas características morfológicas e fisiológicas foliares de <i>Tabebuia aurea</i> e <i>T. impetiginosa</i> ”.....	21
1. Introdução.....	22
2. Material e métodos.....	23
2.1 Área de estudo.....	23
2.2 Parâmetros morfológicos.....	25
2.3 Parâmetros fisiológicos.....	25
2.4 Análise estatística.....	26
3. Resultados e discussão.....	27
3.1 Parâmetros morfológicos.....	27
3.2 Parâmetros fisiológicos.....	29
4. Conclusões.....	35
5. Referências bibliográficas.....	35
Capítulo 2 – “Efeitos do nível de sombreamento no desenvolvimento de plântulas de <i>Tabebuia aurea</i> e <i>T. impetiginosa</i> ”.....	41
1. Introdução.....	42
2. Material e métodos.....	43
2.1 Coleta e germinação das sementes.....	43
2.2 Sombreamento.....	45

2.3 Análise estatística.....	47
3. Resultados e discussão.....	47
4. Conclusões.....	56
5. Referências bibliográficas.....	57

## **Agradecimentos**

Ao professor Augusto César Franco pela orientação, paciência e pelos ensinamentos no decorrer deste trabalho.

À professora Jeanine Maria Felfili (em memória) pela disposição em me orientar e por todos os conselhos.

As professoras Cristiane, Lourdes e Sarah pela amizade e por todas as preciosas lições transmitidas.

Aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Ecologia da UnB.

Aos técnicos do Laboratório de Fisiologia Vegetal, Marinho e Rafael e ao nosso motorista Mendes pelo apoio.

À Capes e ao CNPq pela concessão da bolsa de mestrado.

À administração e aos funcionários da Reserva ecológica do IBGE.

Aos funcionários do Laboratório de Termobiologia, Antônio, Francisco e Manoel pela ajuda indispensável.

Ao Chesterton e ao Clube da Semente pela doação de sementes de *Tabebuia aurea*.

Aos amigos do laboratório Davi, Erica, Isa, Izabelly, Juliana, Adilson, Marina, Nádia e William por todos os momentos de descontração e sugestões. Em especial ao Davi, à Erica, à Izabelly e ao William que foram verdadeiros anjos e indispensáveis na realização deste trabalho. Minha eterna gratidão!

À grande amiga Michelle, pela paciência, ajuda e conselhos.

À família Borgatto, minha família brasileira.

Ao meu namorado, Arnaldo, pela compreensão e por todo o incentivo e apoio na conclusão desta dissertação.

À minha família, fonte de amor incondicional, pelo apoio e paciência em todos os momentos dessa jornada, participação essencial na conclusão deste trabalho. Meu eterno amor e gratidão!

E a todos os parentes e amigos que de alguma forma me ajudaram no decorrer deste mestrado.

## Lista de Tabelas e Figuras

### Introdução Geral

#### Figuras

- Figura 1.** Inflorescências e indivíduo adulto de *T. impetiginosa* (Fonte: Lorenzi 2002).....15
- Figura 2.** Inflorescência e indivíduo adulto de *T. aurea*.....16

### Capítulo 1

#### Tabela

- Tabela 1.** Médias e erro padrão dos parâmetros morfológicos amostrados nas espécies de *Tabebuia* estudadas na Reserva Ecológica do IBGE. Letras diferentes indicam diferenças estatísticas de acordo com o teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).....28

#### Figuras

- Figura 1.** Pluviosidade e médias de temperatura na Reserva Ecológica do IBGE durante o período de estudo e meses anteriores.....24
- Figura 2.** Reserva ecológica do IBGE, círculo destacando a área de estudo de *Tabebuia aurea* e elipse delimitando o local de coleta de *T. impetiginosa* (Fonte:Google Earth).....25
- Figura 3.** Medição das trocas gasosas foliares de um indivíduo adulto de *Tabebuia aurea* utilizando-se o analisador de gás por infravermelho portátil (IRGA).....26
- Figura 4.** Relação entre a espessura do pecíolo e a área do limbo foliar das duas espécies estudadas. Relação linear significativa para *T. aurea* ( $r^2 = 0,741$   $P < 0,001$ ) e *T. impetiginosa* ( $r^2 = 0,602$   $P = 0,008$ ).....29
- Figura 5.** Padrões de trocas gasosas para a espécie de cerrado e de mata. A- Assimilação máxima de  $CO_2$ ; B- Assimilação de carbono em base de massa;



C- Condutância estomática; D- Transpiração. Barras representam erro padrão. Letras diferentes indicam diferenças significativas de acordo com o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).....	30
<b>Figura 6.</b> Relação linear entre condutância estomática (gs) e assimilação máxima de CO <sub>2</sub> (A <sub>max</sub> ). Linha sólida representa relação significativa para <i>T. aurea</i> ; linhas tracejadas representam relações significativas para <i>T. impetiginosa</i> .....	31
<b>Figura 7.</b> Correlação entre assimilação de carbono em base de massa (A <sub>massa</sub> ) e área foliar específica (AFE) para a espécie de cerrado e de mata.....	32
<b>Figura 8.</b> Valores de respiração no escuro para as espécies de cerrado e de mata. Barras representam o erro padrão. Letras iguais indicam a ausência de diferenças significativas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).....	33
<b>Figura 9.</b> A- Eficiência no uso da água; B- Eficiência intrínseca no uso da água (EIUA). Barras representam o erro padrão. Letras iguais indicam a ausência de diferenças significativas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).....	33
<b>Figura 10.</b> Concentração foliar de pigmentos de clorofila <i>a</i> (Chl <i>a</i> ), clorofila <i>b</i> (Chl <i>b</i> ), clorofila total (Chl total), razão entre clorofila <i>a</i> e <i>b</i> , carotenóides e razão entre clorofilas totais e carotenóides. As barras representam o erro padrão. Letras diferentes indicam diferenças estatísticas significativas de acordo com teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).....	34

## Capítulo 2

### Tabela

<b>Tabela 1.</b> Médias e desvio padrão das características das sementes amostradas nas espécies de <i>Tabebuia aurea</i> e <i>T. impetiginosa</i> . Letras diferentes indicam diferenças estatísticas de acordo com o Teste t ( $P < 0,05$ ).....	49
--	----

## Figuras

- Figura 1.** A- Semente de *Tabebuia aurea* (acima) e semente de *T. impetiginosa* (abaixo); B- Mensuração da espessura da semente de *T. aurea*; C- Mensuração do tamanho da semente de *T. impetiginosa*.....44
- Figura 2.** A – Plântula de *Tabebuia aurea*; B - Plântula de *T. impetiginosa*; C – Plântula de *T. aurea* desenvolvendo-se em substrato composto; D – Plântula de *T. impetiginosa* transplantada para substrato composto.....45
- Figura 3.** Valores de altura (cm), diâmetro do coleto (mm), massa seca total (g) e razão raiz / parte aérea para as duas espécies em relação aos tratamentos no decorrer do tempo. Letras diferentes indicam diferenças significativas em relação ao tempo de coleta; letras maiúsculas ressaltam diferenças significativas entre as espécies e o asterisco (\*) indica diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos de sombreamento. Barras representam o erro padrão. As diferenças foram consideradas estatisticamente significativas de acordo com o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).....51
- Figura 4.** Valores de área foliar específica (AFE), área foliar total, assimilação de  $CO_2$  (ACO<sub>2</sub>) e transpiração (E) para as duas espécies em relação aos tratamentos no decorrer do tempo. Letras diferentes indicam diferenças significativas em relação ao tempo de coleta; letras maiúsculas ressaltam diferenças significativas entre as espécies e o asterisco (\*) indica diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos de sombreamento. Barras representam o erro padrão. As diferenças foram consideradas estatisticamente significativas de acordo com o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).....53
- Figura 5.** Valores das taxas de crescimento relativo (TCR) para a massa seca total, folhas, caule e raízes de *Tabebuia aurea* e *T. impetiginosa*, em relação aos diferentes níveis de incidência de radiação solar. Barras representam o erro padrão. Os valores não diferiram significativamente de acordo com a ANOVA.....55

## RESUMO

O gênero *Tabebuia* é representativo do bioma Cerrado, ocorrendo em formações savânicas e florestais. Neste trabalho foi realizado um estudo comparativo de parâmetros morfológicos e fisiológicos entre um par congênico, sendo a espécie *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore típica de ambientes savânicos, como o cerrado *sensu stricto*, e *T. impetiginosa* (Mart. Ex DC.) Standl, tipicamente encontrada nas matas de galeria, que margeiam os cursos de água. No capítulo 1, ambas as espécies foram amostradas em ambientes savânicos, expostas a condições semelhantes de alta luminosidade. Nestas condições, a espécie savânica apresentou maiores valores de espessura foliar, massa foliar específica, espessura do pecíolo, assimilação máxima de CO<sub>2</sub>, transpiração e concentração de carotenóides nos tecidos foliares. A espécie de mata destacou-se pelos maiores valores de área foliar específica e de assimilação de CO<sub>2</sub> em base de massa, parâmetros relacionados a uma maior produtividade. No capítulo 2, plântulas das duas espécies foram expostas a pleno sol, 50 e 80% de sombreamento. Os tratamentos influenciaram apenas as taxas de transpiração foliar, assimilação de CO<sub>2</sub> e os valores de área foliar específica. Os parâmetros como altura, diâmetro do coleto, massa seca total, razão raiz/parte aérea e área foliar total apresentaram diferenças significativas entre as plântulas das duas espécies. Os resultados obtidos evidenciaram uma distinção funcional entre as espécies, indicando que essas diferenças podem ser resultado da história evolutiva dessas espécies em resposta às diferentes pressões seletivas nos ambientes típicos de ocorrência.

**Palavras-chave:** assimilação de CO<sub>2</sub>; área foliar; Cerrado; par congênico; irradiação; *Tabebuia*.

## ABSTRACT

The genus *Tabebuia* is representative of the Cerrado biome, occurring in savanna and forest formations. In this work we compared morphological and physiological traits between a congeneric pair, the specie *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore that is typically of the savanna (cerrado) vegetation, , and *T. impetiginosa* (Mart. ex DC.) Standl which is commonly found in the gallery forests that occur along streams and rivers. In the chapter 1, both species were sampled in savanna conditions, exposed to similar conditions of high luminosity. The savanna species had higher values of leaf thickness, specific leaf mass, petiole thickness, maximum CO<sub>2</sub> assimilation, transpiration and concentration of carotenoids in the leaf tissues. The species of forest stands out by higher values of specific leaf area and of CO<sub>2</sub> assimilation on a mass basis, parameters related to higher productivity. In chapter 2, the seedlings of both species were exposed to full sunlight, 50 and 80% shading. The treatments affected only the rate of leaf transpiration, CO<sub>2</sub> assimilation and specific leaf area. The parameters such as height, collar diameter, total dry weight, ratio root / shoot and leaf area showed significant differences between the seedlings of both species. The results showed a functional distinction between the two species that was maintained even when they were naturally growing under similar environmental conditions, indicating that these differences are probably the result of differences in the evolutionary history of these species in response to the contrasting environmental conditions in their typical habitats of occurrence.

**Key-words:** CO<sub>2</sub> assimilation; leaf area; “Cerrado”; congeneric pair; irradiation; *Tabebuia*.

## I. Introdução Geral

O bioma Cerrado engloba formações florestais, savânicas e campestres, totalizando onze tipos fitofisionômicos principais, representadas por Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão na categoria de formações florestais, Cerrado sentido restrito, Parque de Cerrado, Palmeiral e Vereda entre as formações savânicas, Campo sujo, Campo Limpo e Campo Rupestre na classificação de campestres (Ribeiro & Walter 1998, 2001). Segundo Myers *et.al.* (2000), o Cerrado é considerado um dos *hotspots* mundiais. Sendo que, em 2008, foram registradas 47,84 % de áreas desmatadas neste bioma (MMA 2009).

O Cerrado que ocupava originalmente uma área com extensão superior a 2 milhões de km<sup>2</sup>, está posicionado entre 3° e 24° de latitude sul e 41° e 63° de longitude oeste, na porção central do continente sul-americano o que favorece o contato com outros grandes biomas nacionais como a Floresta Amazônica, a Caatinga, o Pantanal, a Mata Atlântica e Floresta de Araucária (Ribeiro & Walter 1998). Essa distribuição está diretamente relacionada ao clima predominante na região caracterizado por uma precipitação média anual que varia entre 1.300 e 1.800 mm, com duas estações bem definidas, em que a estação seca tem duração de 4 a 6 meses (Adámoli *et al.* 1987, Dias 1992).

A geologia na região dos cerrados é bastante complexa e diversificada, e sua interação com o regime climático, condiciona as formas de relevo e resulta em um conjunto diversificado de tipos de solos que constituem elementos importantes na distribuição das diferentes fitofisionomias (IBGE 1990; Reatto *et al.* 2005).

A composição florística, densidade e as distribuições espaciais das espécies de cerrado *sensu stricto* estão descritos em vários estudos (por exemplo, Felfili *et.al.* 1993, 1994, 1997, 2005). Um número expressivo de espécies lenhosas possui uma ampla distribuição geográfica, sendo encontradas em grande parte do bioma (Bridgewater *et al.* 2004, Ribeiro *et al.* 2005). Na maioria destes estudos, espécies da família Bignoniaceae são registradas, sendo que *Tabebuia aurea* e *T. ochracea* estão entre as dez espécies de maior dispersão geográfica pelos ambientes savânicos do Bioma (Ribeiro *et al.* 2005). Por outro lado, o Cerrado é composto não só de formações campestres e savânicas, mas também de formações florestais, especialmente ao longo dos cursos de água (Eiten 1972, Ribeiro & Walter 2008). Entre os principais tipos de

vegetação florestal destacam-se as mata de galeria e matas ciliares, que são florestas associadas aos cursos de água, com uma alta disponibilidade hídrica no seu interior ao longo do ano (Ribeiro & Walter 2008) e solos de maior fertilidade (Furley 1992, Haridasan 1998), em comparação com as formações savânicas adjacentes. Estas florestas ribeirinhas e as formações savânicas circundantes estão expostas a pressões ambientais bastante contrastantes. Enquanto que altos níveis de irradiação solar, estresse hídrico sazonal, baixa disponibilidade de nutrientes e queimadas frequentes caracterizam o ambiente savânico, o sombreamento é o principal fator que limita o estabelecimento e desenvolvimento de plantas nas florestas ribeirinhas, especialmente no interior da mata, em que a disponibilidade de luz pode atingir valores próximos a 1% da luz incidente em ambientes abertos (Felfili *et al.* 2001).

A família Bignoniaceae está amplamente distribuída nas regiões tropicais, destacando-se os trópicos americanos, compreendendo 120 gêneros. As espécies desta família são caracterizadas como plantas lenhosas, arbustivas ou arbóreas e também trepadeiras. No Brasil, alguns dos exemplos mais comuns são: *Tabebuia*, *Jacaranda*, *Pyrostegia*, *Anemopaegma*, *Pithecoctenium*, *Bignonia*, *Crescentia*, *Tecoma*, *Arrabidaea* e *Zeyhera* (Joly 1976). No Cerrado, essa família é de grande representatividade sendo registrada em vários estudos de levantamentos florísticos (Andrade *et.al.* 2002, Assunção & Felfili 2004, Felfili *et.al.* 2002, Felfili & Fagg 2007, Nascimento *et.al.* 2004, Weiser & Godoy 2001). Mendonça *et.al.* (1998) compilaram dados de estudos da flora desse bioma e registraram mais de 90 espécies da família Bignoniaceae que ocorrem em formações florestais e savânicas.

Vários são os usos das espécies vegetais dessa família. Segundo Gentry (1992), muitas espécies de Bignoniaceae são utilizadas como plantas ornamentais, sendo que alguns países neotropicais escolheram espécies dessa família como a árvore ou flor representante da nação. De acordo com Guarim-Neto & Moraes (2003), a família Bignoniaceae está entre as famílias com maior número de espécies medicinais. Oliveira *et.al.* (2005) destacam a importância das espécies do gênero *Tabebuia* no contexto nacional, sendo utilizadas para fins madeireiros, medicinais e na restauração de áreas degradadas.

*Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex DC.) Standl. (Figura 1), popularmente conhecida como ipê roxo, possui ampla dispersão e caracteriza-se como uma planta decídua durante o inverno, e ocorre, principalmente, em matas de galeria e matas secas.

Suas folhas são compostas (5 folíolos) e, geralmente, atingem de 8 a 12 metros de altura. A floração ocorre entre maio e agosto e o amadurecimento dos frutos em setembro e outubro (Lorenzi 2002). Segundo Gemaque *et.al.* (2002), essa espécie foi muito explorada nas regiões de sua ocorrência natural sendo indicada sua utilização em trabalhos de restauração de ecossistemas florestais.



**Figura 1.** Inflorescências e indivíduo adulto de *T. impetiginosa* (Fonte: Lorenzi 2002).

*Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore (Figura 2), conhecida popularmente como ipê amarelo, caraíba ou para-tudo, está amplamente distribuída no território brasileiro, ocorrendo nas regiões Amazônica, no Cerrado, na Caatinga e no Pantanal Mato-Grossense. Essa espécie é considerada ornamental sendo utilizada em projetos de arborização e paisagismo, a madeira é aproveitada na carpintaria e na construção civil; o chá da casca e das raízes é usado na medicina popular (Lorenzi 2002, Silva-Junior 2005). As diferenças morfológicas e ecofisiológicas entre as populações situadas no Cerrado, região central do Brasil, e as populações distribuídas nos outros biomas geram divergências entre os especialistas, sendo que alguns sugerem que as populações do Cerrado deveriam ser consideradas como uma espécie distinta (Lorenzi 2002).



**Figura 2.** Inflorescência e indivíduo adulto de *T. aurea*.

No cerrado sentido restrito, a *T. aurea* é caracterizada como uma planta decídua e seletiva xerófita ocorrendo de maneira esparsa em terrenos bem drenados, atingindo 4 a 6 metros de altura. Suas folhas são compostas (5 a 7 folíolos), a floração ocorre entre os meses de agosto e setembro e a frutificação estende-se até outubro. (Lorenzi 2002, Silva-Junior 2005). Segundo Silva-Junior (2005), essa espécie está distribuída em populações médias de duas a sete árvores/ha no cerrado sentido restrito no DF.

O fato do Bioma Cerrado apresentar as maiores taxas de desmatamento e o mais rápido processo de expansão das fronteiras agrícolas do país, compromete a sobrevivência de espécies vegetais nativas e acarreta a uma perda de diversidade biológica. As espécies *T. aurea* e *T. impetiginosa* destacam-se na composição florística e nos projetos de recuperação de áreas degradadas deste bioma, além, da importância sócio-econômica, sendo utilizadas para fins medicinais, madeiros e ornamentais. Portanto, o entendimento das diferenças ecofisiológicas e dos processos de germinação e estabelecimento de plântulas dessas duas espécies é de extrema relevância.

## **II. Referências Bibliográficas**

Adámoli, J; Macedo, J. & Azevedo, L.G. 1987. Caracterização da região dos cerrados. Pp.33-74. In: W.J.Goedert. **Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. Nobel/Embrapa.



Andrade, L.A.Z.; Felfili, J.M. & Violatti, L. 2002. Fitossociologia de uma área de cerrado denso na Recor-IBGE, Brasília, DF. **Acta Botanica Brasílica** 16 (2): 225-240.

Assunção, S.L. & Felfili, J.M. 2004. Fitossociologia de um fragmento de cerrado *sensu stricto* na APA do Paranoá, DF, Brasil. **Acta Botanica Brasílica** 18 (4): 903-909.

Bridgewater, S.; Ratter, J.A. & Ribeiro, J.F. 2004. Biogeographic patterns,  $\beta$ -diversity and dominance in the cerrado biome of Brazil. **Biodiversity and conservation** 13: 2295-2318.

Dias, B.F.S. 1992. Cerrados: uma caracterização. Pp. 11-25. *In*: B.F.S. Dias. **Alternativa de desenvolvimento dos cerrados: manejo e conservação dos recursos naturais renováveis**. Ibama, Brasília, DF.

Eiten, G. 1972. The Cerrado vegetation of Brazil. **The Botanical Review** 38: 201-341.

Felfili, J.M.; Silva Júnior, M.C.; Rezende, A.V.; Machado, B.W.T.; Silva, P.E.N. & Hay, J.D. 1993. Análise comparativa da florística e fitossociologia da vegetação arbórea do cerrado *sensu stricto* na Chapada Pratinha, Brasil. **Acta Botanica Brasílica** 6 (2): 27-46.

Felfili, J.M.; Filgueiras, T.S.; Haridassan, M.; Silva Júnior, M.C.; Mendonça, R.C. & Rezende, A.V. 1994. Projeto biogeografia do bioma cerrado: vegetação e solos. **Cadernos de Geociências** 12: 75-166.

Felfili, J. M.; Silva Junior, M. C.; Rezende, A. V.; Nogueira, P.E.; Walter, B. M. T., Silva, M. A. & Encinas, J. I. 1997. Comparação florística e fitossociológica do cerrado nas chapadas Pratinha e dos Veadeiros. Pp. 6-11. *In*: L. Leite & C.H. Saito (Eds.). **Contribuição ao conhecimento ecológico do cerrado**. Ed. Universidade de Brasília. Brasília, DF.

Felfili, J. M., Franco, A. C., Fagg, C. W. & Sousa-Silva, J. C. 2001. Desenvolvimento inicial de espécies de Mata de Galeria. Pp. 779-811. *In*: J. F. Ribeiro, C. E. L. da

Fonseca & J. C. Sousa-Silva (eds.). **Cerrado caracterização e recuperação de Matas de Galeria**. Embrapa Cerrados. Planaltina, DF.

Felfili, J.M.; Nogueira, P.E.; Silva Júnior, M.C.; Marimon, B.S. & Delitti, W.B.C. 2002. Composição florística e fitossociologia do cerrado sentido restrito no município de Água Boa, MT. **Acta Botanica Brasílica** 16(1): 103-112.

Felfili, J.M. & Silva-Júnior, M.C. da. 2005. Diversidade alfa e beta no cerrado *sensu strictu*, Distrito Federal, Goiás, Minas Gerais e Bahia. Pp. 141-154. *In*: A. Scariot, J. C. Sousa-Silva, J. M. Felfili (orgs). **Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação**. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, DF.

Felfili, J.M. & Fagg, C.W. 2007. Floristic composition, diversity and structure of the “cerrado” *sensu stricto* on rocky soils in northern Goiás and southern Tocantins, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica** 30 (3): 375-385.

Furley, P.A. 1992. Edaphic changes at forest-savanna boundary with particular reference to the neotropics. Pp. 91-115. *In*: P.A. Furley, J. Proctor & J.A. Ratter (eds.). **Nature and Dynamics of Forest-Savanna Boundaries**. Chapman e Hall. London.

Gemaque, R. C. R.; Davide, A. C. & Faria, J. M. R. 2002. Indicadores de maturidade fisiológica de sementes de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standl.). **CERNE** 8 (2): 84-91.

Gentry, A.H. 1992. A Synopsis of Bignoniaceae Ethnobotany and Economic Botany. **Annals of the Missouri Botanical Garden** 79 (1): 53-64.

Guarim-Neto, G. & Morais, R.G. 2003. Recursos medicinais de espécies do cerrado de Mato Grosso: um estudo bibliográfico. **Acta Botanica Brasílica** 17(4): 561-584.

Haridasan, M. 1998. Solos de matas de galeria e nutrição mineral de espécies arbóreas em condições naturais. Pp.19-28. *In*: J.F. Ribeiro (ed.). **Cerrado: matas de galeria**. Embrapa – CPAC. Planaltina, DF.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1990. **Diagnóstico Brasil: a ocupação do território e o meio ambiente**. Rio de Janeiro, RJ. 138 p.

Joly, A.B. 1976. **Botânica: introdução à taxonomia vegetal**. 3 ed. Nacional. São Paulo, SP. 777 p.

Lorenzi, H. 2002. **Árvores Brasileiras**. 4 ed. Plantarum. Nova Odessa. 384 p.

Mendonça, R.C.de; Felfili, J.M.; Walter, B.M.T.; Silva Júnior, M.C. da; Rezende, A.V.; Filgueiras, T.S. & Nogueira, P.E. 1998. Flora vascular do Cerrado. Pp. 289-556. *In*: S.M Sano & S.P. de Almeida. **Cerrado: ambiente e flora**. Embrapa/CPAC. Planaltina, DF.

Ministério do Meio Ambiente. 2009. **Relatório Técnico de Monitoramento do Desmatamento no Bioma Cerrado, 2002 a 2008: dados revisados**. Brasília, DF. 71 p.

Myers, N. R. A.; Mittermeier, C. G.; Mittermeier, G. A.; Fonseca, B. & Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature 403**: 853-858.

Nascimento, A.R.T.; Felfili, J.M. & Meirelles, E.M. 2004. Florística e estrutura arbórea de um remanescente de floresta estacional decidual de encosta, Monte Alegre, GO, Brasil. **Acta Botanica Brasílica 18** (3): 659-669.

Oliveira, L. M. de; Carvalho, M. L. M. de; Silva, T. T. de. A. & Borges, D. I. 2005. Temperatura e regime de luz na germinação de sementes de *Tabebuia impetiginosa* (Martius ex A. P. de Candolle) Standley e *T. serratifolia* Vahl Nich. – Bignoniaceae. **Ciências Agrotécnicas 29** (3): 642-648.

Reatto, A. & Martins, E. de S. 2005. Classes de solo em relação aos controles da paisagem do bioma Cerrado. Pp. 47-59. *In*: A. Scariot, J. C. Sousa-Silva, J. M. Felfili (orgs). **Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação**. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, DF.

Ribeiro, J. F. & Walter, B. M. T. 1998. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. Pp. 89-168. *In*: S.M Sano & S.P. de Almeida. **Cerrado: ambiente e flora**. Embrapa/CPAC. Planaltina, DF.

Ribeiro, J. F. & Walter, B. M. T. 2001. As matas de galeria no contexto do Bioma Cerrado. Pp.29-47. *In* : J. F. Ribeiro, C. E. L. Fonseca & J. C. Sousa-Silva ( orgs.). **Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria**. Embrapa. Planaltina, DF. 899 p.

Ribeiro, J.F. & Walter, B.M.T. 2008. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. Pp. 151-212. *In*: S.M. Sano, S.P. de Almeida & J.F. Ribeiro (eds). **Cerrado: ecologia e flora**. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília, DF.

Ribeiro, J.F.; Bridgewater, S.; Ratter, J.A. & Sousa-Silva, J.C. 2005. Ocupação do bioma Cerrado e conservação da sua diversidade vegetal. Pp. 383-399. *In*: A. Scariot, J.C. Sousa-Silva & J.M. Felfili (org.). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, DF.

Silva-Junior, M.C. 2005. **100 Árvores do Cerrado: guia de campo**. Rede de Sementes do Cerrado, Brasília. 278 p.

Weiser, V. de L. & Godoy, S.A.P.de. 2001. Florística em um hectare de cerrado stricto sensu na ARIE-Cerrado Pé-de-Gigante, Santa Rita do Passa Quatro, SP. **Acta Botanica Brasílica** 15 (2): 201-212.

## **CAPÍTULO 1**

**Diferenças nas características morfológicas e fisiológicas  
foliares de *Tabebuia aurea* e *T. impetiginosa***

## 1. Introdução

A maioria das espécies vegetais das diversas fitofisionomias do Cerrado apresenta características ecofisiológicas distintas na utilização dos recursos ambientais. Os fatores limitantes que influenciam nos padrões funcionais das espécies de ambientes savânicos e florestais são diferentes (Hoffmann & Franco 2008). Enquanto déficit hídrico sazonal, altos níveis de irradiação solar e baixa fertilidade do solo caracterizam os ambientes savânicos, o sombreamento é principal fator limitante em ambientes florestais, como as matas de galeria que são florestas associadas aos cursos de água. No interior deste tipo de floresta, a disponibilidade de luz pode atingir valores próximos a 1% da luz incidente em ambientes abertos (Felfili *et al.* 2001). Neste contexto, postula-se que espécies lenhosas de cerrado *sensu stricto* e de mata comportem-se como grupos funcionais distintos (Hoffmann *et.al.* 2005). Gurevitch *et.al.* (2009) destacam que os grupos funcionais são definidos a partir de um conjunto de atributos que identificam espécies funcionalmente similares.

Estudos utilizando pares congêneros, em que uma espécie é típica da formação savânica (cerrado *sensu stricto*) e a outra espécie ocorre preferencialmente na mata de galeria, indicam que estes dois conjuntos de espécies diferem nos padrões de crescimento inicial e repartição de biomassa (Hoffmann & Franco 2003) e de resistência ao fogo (Hoffmann *et.al.* 2003). As espécies lenhosas do cerrado investem mais em estruturas subterrâneas (Moreira & Klink 2000; Hoffmann & Franco 2003) e apresentam características foliares como menor concentração de nutrientes e folhas mais coriáceas (Hoffmann *et.al.* 2005), quando comparadas às espécies de mata. As espécies florestais apresentam alto investimento em biomassa aérea observado, principalmente, na área foliar e biomassa do caule (Hoffmann & Franco 2003; Hoffmann *et.al.* 2005). Estas diferenças se refletem nos padrões de estabelecimento de plântulas entre espécies de formações florestais e savânicas. Enquanto plântulas de espécies florestais possuem um maior sucesso no estabelecimento em ambientes florestais do que em ambientes savânicos, plântulas de espécies típicas de ambiente savânico apresentaram o padrão inverso (Hoffmann *et al.* 2004). Contudo, na ausência do fogo, espécies florestais são capazes de colonizar os ambientes savânicos adjacentes às matas de galeria, enquanto as espécies típicas do cerrado não demonstram a mesma capacidade de se estabelecer nas matas de galeria (Silva *et al.* 2008; Geiger *et al.* 2011).

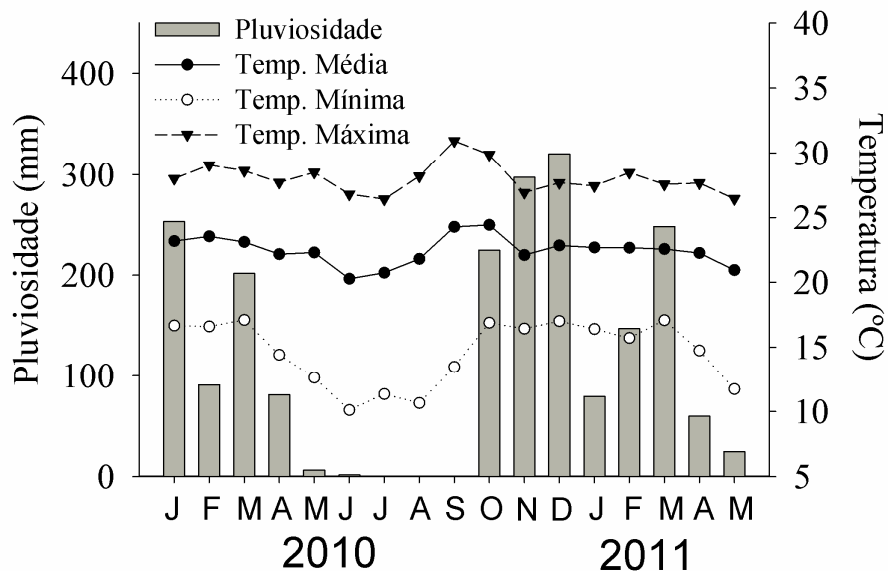
De acordo com Hoffmann & Franco (2008), a comparação de características de espécies adaptadas a diferentes condições ambientais podem elucidar as pressões seletivas que originaram a diversidade morfológica e funcional vegetal nestes sistemas. Para a compreensão da maneira como as comunidades vegetais responderão às mudanças climáticas e ambientais, é necessário o entendimento das diferenças ecofisiológicas existentes entre populações de espécies de fitofisionomias distintas (Lemos Filho *et al.* 2008).

Este trabalho teve por objetivo fornecer informações a respeito das diferenças nas características morfológicas e fisiológicas foliares, relacionadas ao ambiente de ocorrência, de duas espécies do gênero *Tabebuia*; *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore e *T. impetiginosa* (Mart. Ex DC.) Standl, características de ambientes savânicos e florestais, respectivamente (Lorenzi 2002). Variáveis morfológicas e fisiológicas foram mensuradas em indivíduos destas duas espécies, que estavam expostas a condições ambientais semelhantes. Postulou-se que, mesmo ocorrentes em um mesmo ambiente, a espécie típica de mata de galeria manteria características foliares que indicassem um investimento preferencial em estruturas que minimizassem os efeitos da competição pela luz (Barros *et al.* 2011), um recurso limitante nas florestas (Evans & Poorter 2001). Por outro lado a espécie típica de formação savânica deveria apresentar características mais relacionadas à tolerância a altas intensidades luminosas, a baixa disponibilidade nutricional e a sazonalidade hídrica ocorrente no cerrado.

## **2. Material e métodos**

### **2.1. Área de estudo**

Este trabalho foi realizado na Reserva Ecológica do IBGE (Recor), situada a 35 km da região central de Brasília, DF. A sede administrativa da Reserva localiza-se nas seguintes coordenadas geográficas: 15°56'S e 47°52'W. O clima na Reserva é caracterizado como sazonal, com duas estações bem definidas: uma chuvosa e outra seca (Figura 1). As médias anuais de precipitação, temperatura e umidade relativa do ar são, respectivamente, 1.453 mm, 22°C e 67,3%.

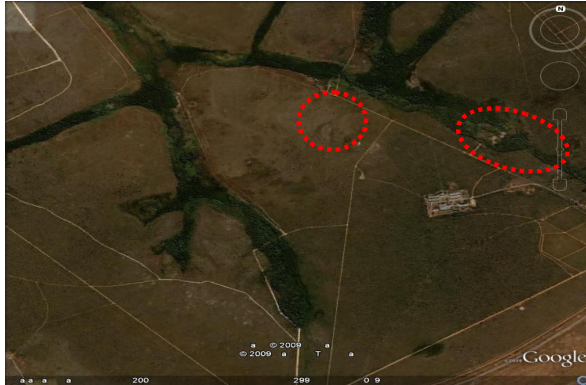


**Figura 1.** Pluviosidade e médias de temperatura na Reserva Ecológica do IBGE durante o período de estudo e meses anteriores.

Diversas fitofisionomias típicas do Cerrado compõem a vegetação da Reserva, entre elas: campo limpo, campo sujo, cerrado *sensu stricto*, cerradão e mata de galeria (Oliveira & Ratter 2002).

A coleta dos dados foi realizada na primeira quinzena de maio de 2011, período de transição da estação chuvosa para a seca. Os dados morfológicos e fisiológicos foram amostrados em três folhas por indivíduo, sendo amostrados dez indivíduos por espécie. As árvores de *T. aurea* estavam localizadas em uma área de transição de campo sujo e cerrado *sensu stricto*, enquanto os indivíduos de *T. impetiginosa* situavam-se em uma área de cerrado *sensu stricto* (Figura 2). Ambas as espécies estavam expostas às mesmas condições de luminosidade do ambiente, durante o período das medidas, alcançando valores médios similares de densidade de fluxo de fótons de  $1700 \pm 456 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$  para as folhas amostradas de *T. impetiginosa* e  $1719 \pm 464 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$  para *T. aurea* (test t = 0,54 P > 0,35).





**Figura 2.** Reserva ecológica do IBGE, círculo destacando a área de estudo de *Tabebuia aurea* e elipse delimitando o local de coleta de *T. impetiginosa* (Fonte: Google Earth).

## 2.2. Parâmetros morfológicos

A área da folha foi medida em campo com a utilização do Leaf Area Meter (CL-202, CID). A espessura foliar e o tamanho e espessura do pecíolo foram medidos com um paquímetro digital (Mitutoyo, resolução de 0,001 mm). O material vegetal coletado foi seco em uma estufa a 60 °C durante 120 horas, em seguida pesado em balança de precisão ( $\pm 0,0001$ g).

Para determinar a área foliar específica (AFE;  $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ ) foi calculada a razão entre a área da folha e a massa seca obtida. A massa foliar específica ( $\text{g} / \text{cm}^2$ ) foi calculada através da razão da massa seca e a área foliar. Para calcular a densidade foliar ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ), determinou-se a razão entre a massa foliar específica e a espessura da folha de acordo com Wright & Westoby (2002).

## 2.3. Parâmetros fisiológicos

As medidas dos valores de assimilação máxima de  $\text{CO}_2$  ( $A_{\text{max}}$ ;  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), transpiração ( $E$ ;  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) e condutância estomática ( $g_s$ ;  $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) foram tomadas no período entre 8:00 e 11:00 horas com um sistema portátil para medir fotossíntese e transpiração (LCi, ADC BioScientific Ltd.) (Figura 3), acoplado-se uma fonte externa de luz que emitia  $1600 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  de densidade de fluxo de fótons (DFF). Os folíolos foram dispostos de forma que ocupassem toda a área da câmara do analisador de gás por infravermelho (IRGA) e as medidas foram feitas a cada 30 segundos durante 2 minutos.



**Figura 3.** Medição das trocas gasosas foliares de um indivíduo adulto de *Tabebuia aurea* utilizando-se o analisador de gás por infravermelho portátil (IRGA).

A assimilação em base de massa ( $A_{\text{massa}}$ ;  $\mu\text{mol kg}^{-1} \text{s}^{-1}$ ) foi calculada através da multiplicação da área foliar específica pela  $A_{\text{max}}$  e por 0,1 devido às diferenças nas unidades.

Os valores de respiração no escuro ( $R_d$ ;  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) foram obtidas cobrindo-se a câmara do IRGA com papel alumínio e aguardando a estabilização dos valores. A eficiência no uso da água (EUA) foi calculada através da razão entre  $A_{\text{max}}$  e  $E$ ; e os valores da eficiência intrínseca no uso da água (EIUA) foram obtidos por meio da razão entre  $A_{\text{max}}$  e  $g_s$  (Larcher 2000).

A concentração de clorofila foi determinada através de discos foliares de 0,5 cm de diâmetro colocados em tubos de microcentrífuga (Eppendorff) âmbar contendo 2ml de DMF (N, N – dimetilformamida) do fabricante Vetec, sendo retirados 2 discos por folha. Os tubos foram mantidos no escuro a uma temperatura de 4°C por um período de 48 horas. As amostras foram analisadas no espectrofotômetro Genesys 2 (Termo Spectronic) para determinar a absorvância nos comprimentos de onda luminosa a 480, 645 e 663 nm. As concentrações de clorofila *a*, clorofila *b*, clorofila total (*a* + *b*) e carotenóides foram calculadas através dos valores de absorvância (Wellburn 1994).

#### **2.4. Análise estatística**

Na análise dos parâmetros morfológicos e fisiológicos utilizou-se uma ANOVA simples, seguida de teste de Tukey quando o teste F era significativo. O nível de significância adotado foi de 0,05 para todas as análises.

O teste de Cochran C., Hartley e Bartlett foi utilizado para testar a homogeneidade da variância. Os dados que não apresentaram normalidade ou homogeneidade foram transformados utilizando-se logaritmo na base dez.

O programa estatístico Statistica 8.0 foi utilizado na análise dos dados e os gráficos foram feitos utilizando o programa SigmaPlot versão 11.0.

### **3. Resultados e Discussão**

#### **3.1. Parâmetros Morfológicos**

As espécies não apresentaram diferenças estatísticas em relação à área do limbo foliar (ANOVA:  $F=3,73$ ;  $P = 0,069$ ), diferentemente, da área foliar específica (AFE) que diferiu significativamente (ANOVA:  $F=39,05$ ;  $P < 0,01$ ) entre as mesmas (Tabela 1), sendo que a espécie de mata apresentou os maiores valores corroborando os estudos de Hoffmann *et.al.* (2005) e Rossatto *et.al.* (2009). Esses valores mais elevados de AFE podem ser originados por um menor investimento na produção de tecidos foliares não fotossintéticos, geralmente resultando em uma menor espessura foliar (Grime 1979, Franco *et.al.* 2005). A espessura foliar foi menor para as folhas da espécie de formação florestal (ANOVA:  $F=625,27$ ;  $P < 0,01$ ).

No caso da espécie de cerrado, *T. aurea*, os menores valores de área foliar específica indicam uma maior quantidade de tecidos por unidade de área foliar, fato comprovado pelos maiores valores de espessura foliar, massa foliar específica (ANOVA:  $F=40,38$ ;  $P < 0,01$ ) e densidade foliar (ANOVA:  $F=33,49$ ;  $P < 0,01$ ) apresentados por essa espécie (Tabela 1). A espessura da folha é mais elevada em espécies que crescem em ambientes com alta incidência luminosa (Grime 1979, Reich *et al.* 1999, Dahlgren *et al.* 2006), sendo normalmente um efeito causado pelo maior investimento em estruturas e tecidos protetores, como epidermes e cutículas muito espessas (Fahn & Cutler 1992). Essa estratégia de alto investimento nessas estruturas não fotossintetizantes pode servir para reduzir a penetração da radiação ultravioleta (Turner 1994). A luminosidade também pode influenciar outras estruturas foliares, resultando em mudanças na área do limbo foliar e na espessura de tecidos fotossintetizantes (Goulet & Bellefleur 1986); maiores intensidades luminosas induzem

a uma maior espessura do parênquima, e a diferenças no número total de células deste tecido (Gratani *et al.* 2006).

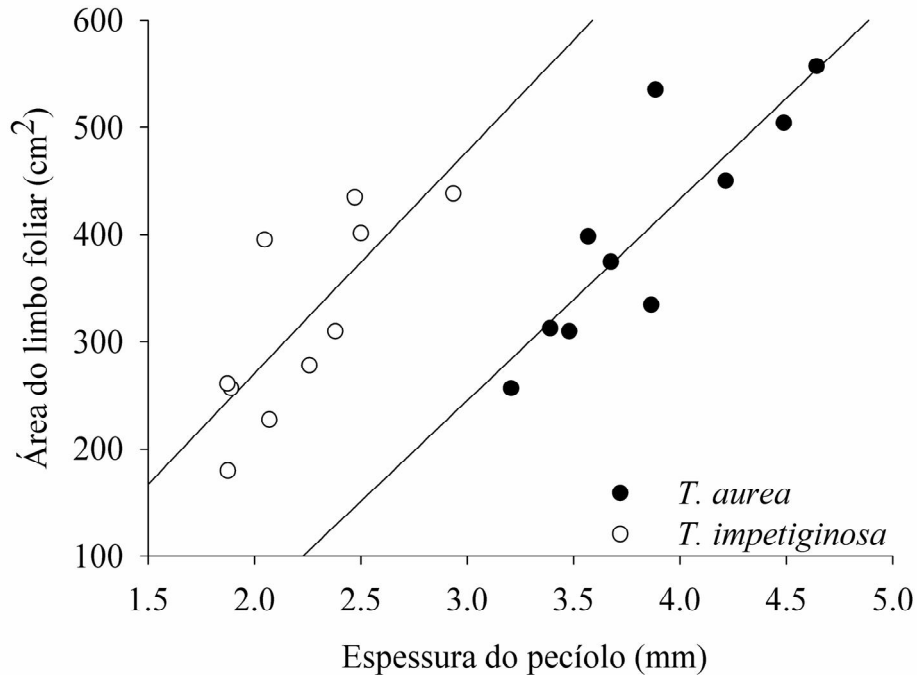
**Tabela 1.** Médias e erro padrão dos parâmetros morfológicos amostrados nas espécies de *Tabebuia* estudadas na Reserva Ecológica do IBGE. Letras diferentes indicam diferenças estatísticas de acordo com o teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

Parâmetros Morfológicos	<i>Tabebuia aurea</i>	<i>Tabebuia impetiginosa</i>
Área do limbo foliar (cm <sup>2</sup> )	403,54 + - 32,93 a	318,44 + - 29,27 a
Área Foliar Específica (cm <sup>2</sup> /g)	48,92 + - 2,00 a	78,58 + - 5,44 b
Massa Foliar Específica (g/cm <sup>2</sup> )	0,0208 + - 0,0007 a	0,0132 + - 0,0007 b
Espessura do limbo foliar (mm)	0,538 + - 0,0092 a	0,244 + - 0,0072 b
Densidade Foliar (g/cm <sup>3</sup> )	0,5413 + - 0,0265 a	0,3863 + - 0,0099 b
Espessura do Pecíolo (mm)	3,84 + - 0,15 a	2,23 + - 0,10 b
Comprimento do Pecíolo (mm)	88,185 + - 6,272 a	115,122 + - 6,309 b

*Tabebuia aurea* apresentou pecíolos com maior espessura (ANOVA:  $F=80,06$ ;  $P<0,01$ ) e menor comprimento (ANOVA:  $P=9,18$ ;  $P < 0,01$ ) em relação à espécie de mata. Apenas a espessura do pecíolo apresentou relação significativa com a área do limbo foliar (Figura 4) para *T. aurea* ( $r^2 = 0,741$   $P < 0,001$ ) e *T. impetiginosa* ( $r^2 = 0,602$   $P = 0,008$ ), de maneira que, para uma mesma área do limbo foliar, a espécie do cerrado apresentou maior espessura do pecíolo. A área foliar específica não apresentou relação significativa com a espessura do pecíolo, nem com o tamanho do pecíolo ( $r^2 < 0,01$   $P > 0,50$ ).

Diferenças na espessura e tamanho do pecíolo entre as espécies, e sua correlação com variáveis funcionais como a área do limbo foliar, sugerem uma estratégia distinta no que diz respeito à captação de luminosidade do ambiente (Poorter & Bongers 2006). Assim, para melhorar a captação de luz, a espécie de floresta investe em folhas grandes, com pecíolos mais longos e menos espessos (Poorter 2008), além de crescer rapidamente os nós e entrenós (Barros *et al.* 2011), o que propiciaria maior capacidade para captação de luz, quando em condições de sombreamento, ou competição excessiva. Além deste fato, pecíolos maiores propiciariam um melhor posicionamento das folhas em relação a outras folhas de espécies arbóreas vizinhas em ambientes florestais (Poorter 2008). Se os valores para estas características foram maiores na espécie da mata, mesmo em condições de alta luminosidade, esse fato aponta para uma

conservação desse parâmetro, sugerindo que o mesmo foi selecionado e manteve-se conservado na espécie típica do ambiente florestal (Ackerly 2009).

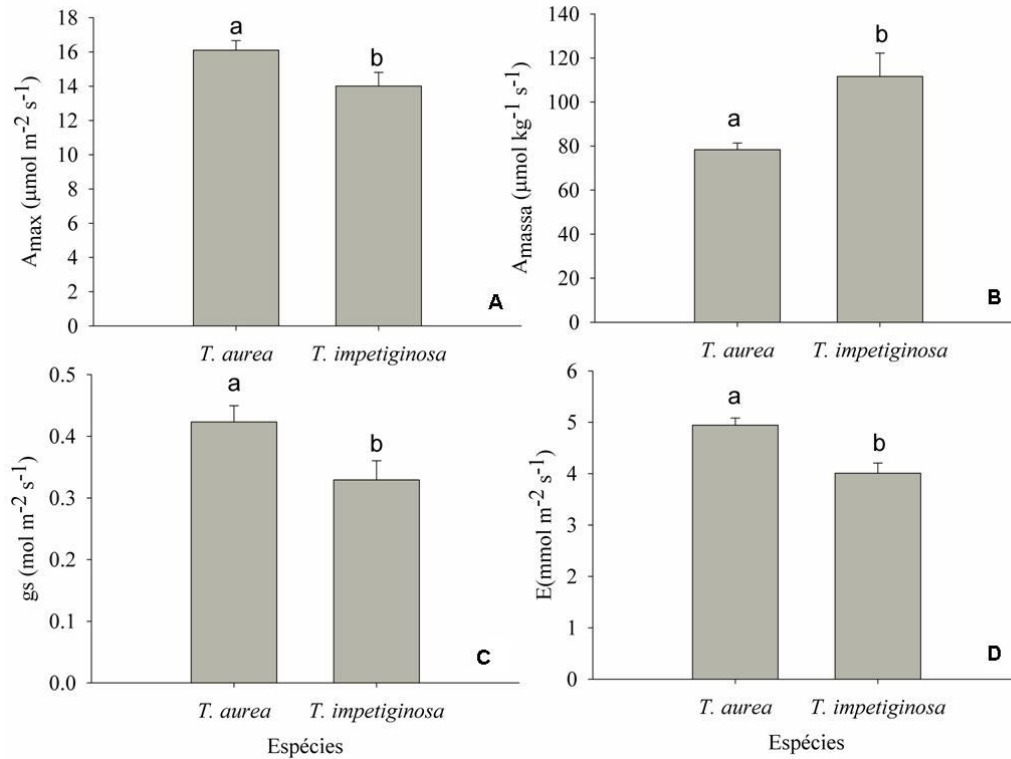


**Figura 4.** Relação entre a espessura do pecíolo e a área do limbo foliar das duas espécies estudadas. Relação linear significativa para *T. aurea* ( $r^2 = 0,741$   $P < 0,001$ ) e *T. impetiginosa* ( $r^2 = 0,602$   $P = 0,008$ ).

### 3.2. Parâmetros Fisiológicos

Os valores de assimilação máxima de  $\text{CO}_2$  ( $A_{\text{max}}$ ) diferiram significativamente entre as espécies (ANOVA:  $F = 4,63$ ;  $P < 0,05$ ). *Tabebuia aurea* apresentou valor médio de  $16,10 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  e *T. impetiginosa* de  $14,01 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (Figura 5A). Esses valores estão dentro da faixa encontrada por Prado *et.al.* (2004) e Franco *et.al.* (2005) para espécies de cerrado, e aos valores de  $A_{\text{max}}$  registrados para espécies florestais, entre  $7-23 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (Nogueira *et.al.* 2004). A espécie de cerrado apresentou maiores valores de  $A_{\text{max}}$  em relação à espécie de mata, esse padrão também foi encontrado por Hammerle (2006) e Rossatto (2008). Maiores valores de  $A_{\text{max}}$  na espécie do cerrado provavelmente são devidos a uma maior capacidade de transporte de elétrons pelos fotossistemas aliada também a mecanismos mais desenvolvidos de fotoproteção,

características que são comumente encontradas em folhas de ambientes com alta luminosidade (Gonçalves *et al.* 2001, Lichtenthaler *et al.* 2007).

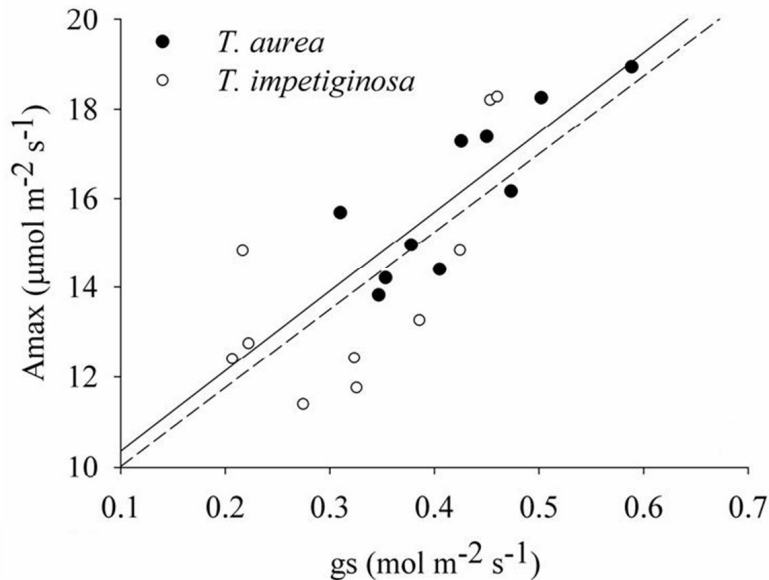


**Figura 5.** Padrões de trocas gasosas para a espécie de cerrado e de mata. A- Assimilação máxima de CO<sub>2</sub>; B- Assimilação de carbono em base de massa; C- Condutância estomática; D- Transpiração. Barras representam erro padrão. Letras diferentes indicam diferenças significativas de acordo com o teste de Tukey (p< 0,05).

Houve diferença estatística significativa (ANOVA: F= 5,31; P = 0,03) para as espécies em relação à condutância estomática (Figura 5C) no período analisado. Hammerle (2006) e Rossatto *et.al.* (2009b) não relataram padrões distintos nos valores de condutância estomática entre os grupos funcionais durante a estação chuvosa. Diferentemente de tais estudos, o presente trabalho foi realizado em um período de transição da estação chuvosa para a seca, onde o estresse hídrico no solo se iniciava. Desta maneira o baixo valor de g<sub>s</sub> para a espécie de floresta poderia sugerir uma estratégia de conservação de recursos hídricos (Gotsch *et al.* 2010) frente a demanda evaporativa presente nessa época do ano. Essas diferenças no grau de abertura

estomática foram refletidas nos valores de fotossíntese máxima, já que  $A_{\max}$  foi relacionada com a condutância estomática (Figura 6) tanto em *T. aurea* ( $r^2 = 0,688$   $P = 0,003$ ) como em *T. impetiginosa* ( $r^2 = 0,469$   $P = 0,029$ ). Prior *et.al.* (2004) ressaltam que o aumento da condutância estomática normalmente está correlacionado a um aumento na assimilação de carbono.

As diferenças nos valores de condutância levaram à diferenças entre os valores de transpiração foliar (E) (ANOVA:  $F=12,01$ ;  $P < 0,01$ ) (Figura 5D). A espécie de cerrado, *T. aurea*, apresentou um maior valor médio,  $4,94 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , quando comparada à congênica *T. impetiginosa*,  $4,01 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Esses dados corroboram os resultados encontrados por Hammerle (2006), que registrou taxas maiores de transpiração para seis espécies de cerrado, em um estudo envolvendo oito pares congênicos. Rossatto *et.al.* (2009b) analisou as taxas de transpiração de 10 pares congênicos encontrando diferenças significativas em três desses pares, sendo que em dois desses as espécies de cerrado apresentaram maiores valores de transpiração.

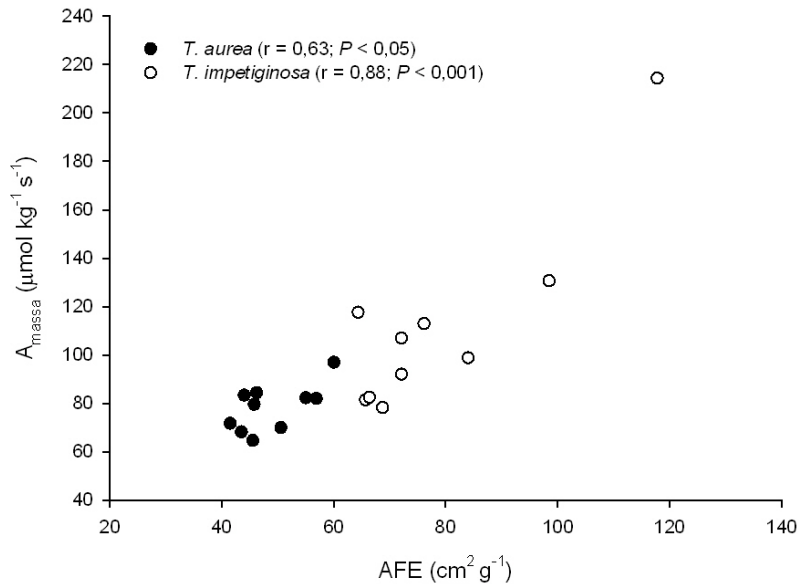


**Figura 6.** Relação linear entre condutância estomática (gs) e assimilação máxima de CO<sub>2</sub> (Amax). Linha sólida representa relação significativa para *T. aurea*; linhas tracejadas representam relações significativas para *T. impetiginosa*.

A espécie de mata teve um maior investimento em tecidos foliares fotossintetizantes produzindo folhas com maior AFE (Tabela 1). Essas diferenças

foliares são refletidas nas maiores taxas de assimilação de CO<sub>2</sub> em base de massa ( $A_{\text{massa}}$ ), 111,56  $\mu\text{mol kg}^{-1}\text{s}^{-1}$ , quando comparada à espécie de cerrado, 78,33  $\mu\text{mol kg}^{-1}\text{s}^{-1}$  (Figura 5B). Esses valores estão de acordo com os encontrados por Franco *et.al.* (2005), Rossatto (2008) e Hammerle (2006).

As duas espécies ( $r = 0,63$   $P < 0,05$  para *T. aurea* e  $r = 0,88$   $P < 0,001$  para *T. impetiginosa*) apresentaram uma correlação significativa e positiva entre a  $A_{\text{massa}}$  e a área foliar específica (Figura 7). Valores significativos de relações entre  $A_{\text{massa}}$  e AFE foram encontrados em outros estudos (Prior *et.al.* 2004, Franco *et. al.* 2005). De acordo com Valladares & Niinemets (2008) os altos valores de AFE nas espécies florestais estão associados a uma maior capacidade de competição por luz, levando a altos valores de assimilação de carbono em base de massa ( $A_{\text{massa}}$ ).



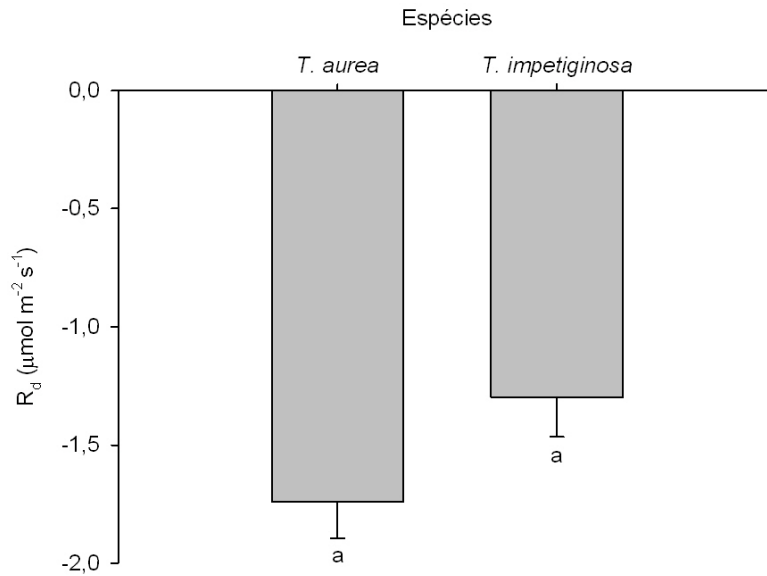
**Figura 7.** Correlação entre assimilação de carbono em base de massa ( $A_{\text{massa}}$ ) e área foliar específica (AFE) para a espécie de cerrado e de mata.

Não houve diferenças estatísticas nos valores de respiração medida no escuro (ANOVA:  $F=3,77$ ;  $P=0,067$ ) (Figura 8). A espécie *T. aurea* apresentou um valor médio de  $-1,74 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  e *T. impetiginosa* uma taxa média de respiração de  $-1,29 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

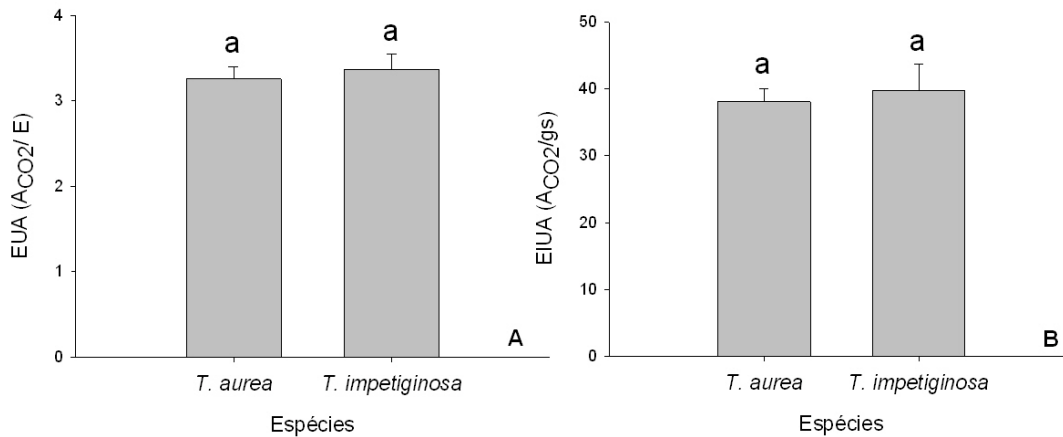
As espécies não apresentaram diferenças em relação à eficiência no uso da água (ANOVA:  $F=0,246$ ;  $P=0,62$ ) (Figura 9A) e eficiência intrínseca no uso da água (ANOVA:  $F=0,004$ ;  $P=0,94$ ) (Figura 9B). Essa ausência de diferença entre as duas



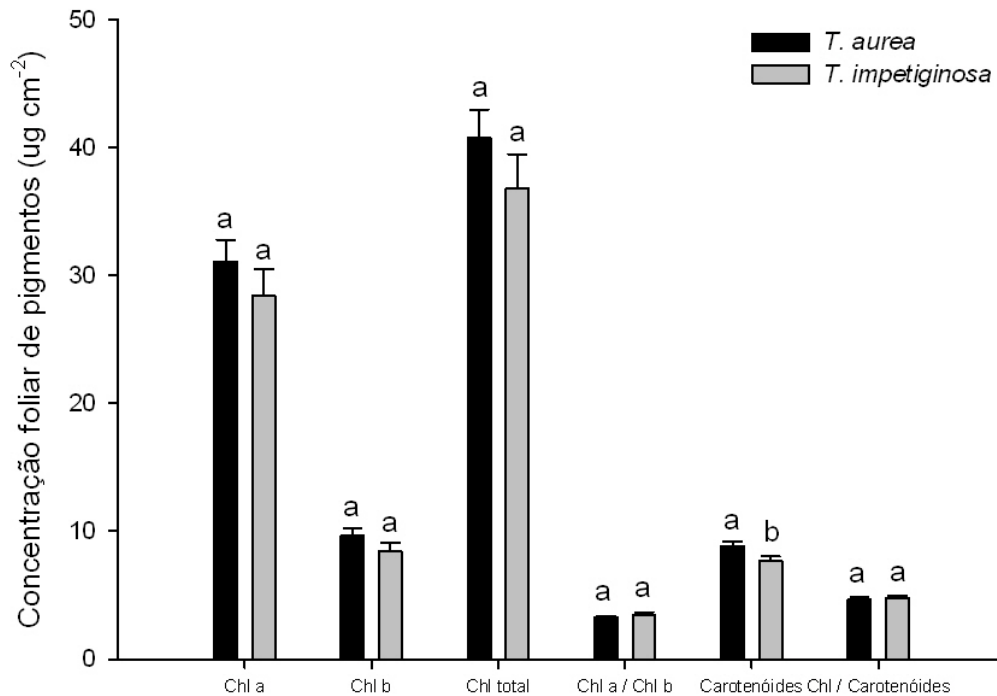
espécies sugere que os custos de manutenção foliar (respiração) e a eficiência do uso da água são atributos com alta plasticidade, e/ou conservados filogeneticamente.



**Figura 8.** Valores de respiração no escuro para as espécies de cerrado e de mata. Barras representam o erro padrão. Letras iguais indicam a ausência de diferenças significativas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).



**Figura 9.** A- Eficiência no uso da água; B- Eficiência intrínseca no uso da água (EIUA). Barras representam o erro padrão. Letras iguais indicam a ausência de diferenças significativas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).



**Figura 10.** Concentração foliar de pigmentos de clorofila *a* (Chl *a*), clorofila *b* (Chl *b*), clorofila total (Chl total), razão entre clorofila *a* e *b*, carotenóides e razão entre clorofilas totais e carotenóides. As barras representam o erro padrão. Letras diferentes indicam diferenças estatísticas significativas de acordo com teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

A análise da concentração foliar de pigmentos fotossintéticos (Figura 10) também não revelou diferenças entre as espécies nos teores de clorofila *a* (ANOVA:  $F=1,15$ ;  $P=0,29$ ) e clorofila *b* (ANOVA:  $F=2,13$ ;  $P=0,16$ ), clorofila total (ANOVA:  $F=1,28$ ;  $P=0,27$ ) e entre as razões clorofila *a* e *b* (ANOVA:  $F=0,989$ ;  $P=0,33$ ) e clorofila total e carotenóides (ANOVA:  $F=0,21$ ;  $P=0,65$ ). No entanto, os teores de carotenóides foram significativamente maiores (ANOVA:  $F=5,76$ ;  $P < 0,05$ ) para a espécie de cerrado. A alta concentração de carotenóides na espécie do cerrado pode estar relacionada a mecanismos de fotoproteção contra a alta incidência luminosa que caracteriza as formações savânicas do cerrado (Franco & Luttge 2002; Franco *et al.* 2007).

#### 4. Conclusões

Os parâmetros morfológicos e fisiológicos analisados evidenciaram uma distinção funcional entre *T. aurea* e *T. impetiginosa*, mesmo quando expostas aos mesmos determinantes ambientais. Estes resultados sugerem que tais diferenças devem ser resultado da história evolutiva dessas espécies, que estiveram expostas a diferentes pressões seletivas nos ambientes de origem.

Desta forma, os altos valores de área foliar específica, comprimento do pecíolo e fotossíntese em base de massa da espécie florestal são indicativos de variáveis funcionais moldadas evolutivamente para aumentar a capacidade de captação de luz em ambientes sombreados (Valladares & Niinemets 2008, Barros *et al.* 2011). Por outro lado, as altas taxas fotossintéticas em base de área, a maior espessura foliar e os menores valores de área foliar específica na espécie típica do cerrado seriam uma resposta à baixa disponibilidade de nutrientes nos solos do cerrado (Haridasan 1992), associado à menor disponibilidade hídrica destes solos e a alta intensidade luminosa típicas deste tipo de ambiente (Turner 1994).

Os resultados encontrados para as características ecofisiológicas das espécies em questão, fornecem informações importantes para a escolha e utilização de *T. aurea* e *T. impetiginosa* em projetos de restauração de áreas degradadas.

#### 5. Referências Bibliográficas

Ackerly, D. (2009) Conservatism and diversification of plant functional traits: evolutionary rates versus phylogenetic signal. **PNAS** **106**: 19699-19706.

Barros, F.V.; Goulart, M.F.; Teles, S.B.S.; Lovato, M.B., Valladares, F. & Lemos Filho, J.P. 2011. Phenotypic plasticity to light of two congeneric trees from contrasting habitats: Brazilian Atlantic Forest versus cerrado (savanna). **Plant Biology**. In press. DOI: 10.1111/j.1438-8677.2011.00474.x.

Dahlgren, J.P.; Eriksson, O.; Bolmgren, K.; Strindell, M. & Ehrlén, J. 2006. Specific leaf area as a superior predictor of changes in field layer abundance during forest succession. **Journal of Vegetation Science** **17**: 577-582.

Evans, J.R. & Poorter, H. 2001. Photosynthetic acclimation of plants to growth irradiance: the relative importance of specific leaf area and nitrogen partitioning in maximizing carbon gain. **Plant, Cell and Environment** **24**: 755–767.

Fahn, A. & Cutler, D. 1992. **Xerophytes**. Gebrüder Borntraeger, Berlin.

Felfili, J. M., Franco, A. C., Fagg, C. W. & Sousa-Silva, J. C. 2001. Desenvolvimento inicial de espécies de Mata de Galeria. Pp. 779-811. *In*: J. F. Ribeiro, C. E. L. da Fonseca & J. C. Sousa-Silva (eds.). **Cerrado caracterização e recuperação de Matas de Galeria**. Embrapa Cerrados. Planaltina, DF.

Franco, A.C. 2002. Ecophysiology of woody plants. Pp. 178-197. *In*: Oliveira, P.S. & Marquis, R.J. (eds.). **The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a Neotropical savanna**. Columbia University Press, New York.

Franco, A.C. & Luttge, U. 2002. Midday depression in savanna trees: coordinated adjustments in photochemical, efficiency, photorespiration, CO<sub>2</sub> assimilation and water use efficiency. **Oecologia** **131**: 356-365.

Franco, A.C.; Bustamante, M.; Caldas, L.S.; Goldstein, G.; Meinzer, F.C.; Kozovits, A.R.; Rundel, P. & Coradin, V.T.R. 2005. Leaf functional traits of Neotropical savanna trees in relation to seasonal water deficit. **Trees** **19**: 326-335.

Franco, A.C., Matsubara, S. & Orther, B. 2007. Photoinhibition, carotenoid composition and the co-regulation of photochemical and non-photochemical quenching in neotropical savanna trees. **Tree Physiology** **27**: 717-725.

Geiger, E.L.; Gotsch, S.G.; Damasco, G.; Haridasan, M.; Franco, A.C. & Hoffmann, W.A. 2011. Distinct roles of savanna and forest tree species in regeneration under fire suppression in a Brazilian savanna. **Journal of Vegetation Science** **22** (2): 312-321.

Gonçalves, J.F.C., Marengo, R.A., Vieira, G. 2001. Concentration of photosynthetic pigments and chlorophyll fluorescence of mahogany and tonka bean under two light environments. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal** **13**: 149-157.

Goulet, F. & Bellefleur, P. 1986. Leaf morphology plasticity in response to light environment in deciduous tree species and its implication on forest succession. **Canadian Journal of Forest Research** **16**: 1192-1195.

Gratani, L.; Covone, F. & Larcher, W. 2006. Leaf plasticity in response to light of three evergreen species of the Mediterranean maquis. **Trees** **20**: 549-558.

Grime, J.P. 1979. **Plant strategies and vegetation process**. Wiley, London, UK.

Gurevitch, J.; Scheiner, S.M. & Fox, G.A. 2009. **Ecologia Vegetal**. 2 ed. Artmed, Porto Alegre. 592 p.

Hammerle, I.N.C. 2006. **Ecofisiologia de pares arbóreos congênericos de cerradão s.s. e mata de galeria**. Tese de Doutorado. Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília, Brasília-DF.

Haridasan, M. 1992. Observations on soils, foliar nutrient concentrations and floristic composition of cerrado *sensu stricto* and cerradão communities in central Brazil. Pp. 171-184. In Furley, P.A.; Proctor, A.; Ratter, J.A. eds. **Nature and Dynamics of Forest-Savanna Boundaries**. Chapman and Hall, London.

Hoffmann, W.A. & Franco, A.C. 2003. Comparative growth analysis of tropical forest and savanna woody plants using phylogenetically-independent contrasts. **Journal of Ecology** **91**: 475-484.

Hoffmann, W.A. & Franco, A.C. 2008. The importance of evolutionary history in studies of plant physiological ecology: examples from cerrados and forests of central Brazil. **Brazilian Journal of Plant Physiology** **20**: 247-256.

Hoffmann, W.A.; Orthen, B. & Nascimento, P.K.V. 2003. Comparative fire ecology of tropical savanna and forest trees. **Functional Ecology** **17**: 720-726.

Hoffmann, W.A.; Orthen, B. & Franco, A.C. 2004. Constraints to seedling success of savanna and forest trees across the savanna-forest boundary. **Oecologia 140**: 252-260.

Hoffmann, W.A.; Franco, A.C.; Moreira, M.Z. & Haridasan, M. 2005. Specific leaf area explains differences in leaf traits between congeneric savanna and forest trees. **Functional Ecology 19**: 932-940.

Larcher, W. 2000. **Ecofisiologia vegetal**. 1 ed. Editora Rima, São Carlos.

Lemos Filho, J. P.; Gulart, M.F. & Lovato, M.B. 2008. Populational approach in ecophysiological studies: the case of *Plathymenia reticulata*, a tree from Cerrado and Atlantic Forest. **Brazilian Journal of Plant Physiology 20**: 205-216.

Lichtenthaler, H.K., Ac, A., Marek, M.V., Kalina, J. & Urban, O. 2007. Differences in pigment composition, photosynthetic rates and chlorophyll fluorescence images of sun and shade leaves of four tree species. **Plant Physiology and Biochemistry 45**: 577-588.

Lorenzi, H. 2002. **Árvores Brasileiras**. 4 ed. Plantarum. Nova Odessa.

Moreira, A.G. & Klink, C.A. 2000. Biomass allocation and growth of tree seedlings from two contrasting Brazilian Savannas. **Ecotropicos 13**: 43-51.

Nogueira, A.; Martinez, C.A.; Ferreira, L.L. & Prado, C.H.B.A. 2004. Photosynthesis and water use efficiency in twenty tropical tree species of differing succession status in a Brazilian reforestation. **Photosynthetica 42** (3): 351-356.

Oliveira-Filho, A.T. & Ratter, J.A. 2002. Vegetation physiognomies and woody flora of the Cerrado Biome. Pp. 121-140. In: Oliveira, P.S. & Marquis, R.J. (eds.). **The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a Neotropical savanna**. Columbia University Press, New York.

Poorter L. 2008. Leaf traits show different relationships with shade tolerance in moist versus dry tropical forests. **New Phytologist 181**: 890-900.

Poorter, L. & Bongers, F. 2006. Leaf traits are good predictors of plant performance across 53 rain forest species. **Ecology** **87**, 1733-1743.

Prado, C.H.B.A.; Wenhui, Z.; Rojas, M.H.C. & Souza, G.M. 2004. Seasonal leaf gas exchange and water potential in woody cerrado species community. **Brazilian Journal of Plant Physiology** **16** (1): 7-16.

Prior, L.D.; Bowman, D.M.J.S. & Eamus, D. 2004. Seasonal differences in leaf attributes in Australian tropical trees species: family and habitat comparisons. **Functional Ecology** **18**: 707-718.

Reich, P.B.; Ellsworth, D.S.; Walters, M.B.; Vose, J.M.; Gresham, C.; Volin, J.C. & Bowman, W.D. 1999. Generality of leaf traits relationships: a test across six biomes. **Ecology** **80**: 1955-1969.

Rossatto, D.R. 2008. **Padrões anatômicos, fenológicos, fotossintéticos e de crescimento em espécies arbóreas do cerrado *sensu stricto* e de mata de galeria.** Dissertação de mestrado. Departamento de Botânica, Universidade de Brasília, Brasília, DF.

Rossatto, D.R.; Hoffmann, W.A. & Franco, A.C. 2009. Differences in growth patterns between co-occurring forest and savanna trees affect the forest-savanna boundary. **Functional Ecology** **23**: 689-698.

Silva, L.C.R.; Sternberg, L.; Haridasan, M.; Hoffmann, W.A.; Miralles-Wilhelm, F. & Franco, A.C. 2008. Expansion of gallery forests into central Brazilian savannas. **Global Change Biology** **14**: 2108-2118.

Turner, I.M. 1994. Sclerophylly: primarily protective? **Functional Ecology** **8**: 669-675.

Valladares, F. & Niinemets, U. 2008. Shade tolerance, a key plant feature of complex nature and consequences. **Annual Review of Ecology and Systematics** **39**: 237-257.

Wellburn, A.R. 1994. The spectral determination of Chlorophylls *a* and *b*, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. **Journal of Plant Physiology** **144**: 307-313.

Wright, I.J. & Westoby, M. 2002. Leaves at low versus high rainfall: coordination of structure, lifespan and physiology. **New Phytologist** **155**: 403-416.



## **CAPÍTULO 2**

**Efeitos do nível de sombreamento no desenvolvimento de  
plântulas de *Tabebuia aurea* e *T. impetiginosa***

## 1. Introdução

Muitos dos fatores físicos e biológicos que afetam o estabelecimento, o desenvolvimento e a sobrevivência de plântulas são compartilhados pelos ecossistemas tropicais terrestres. Luz, temperatura e umidade estão entre os principais fatores que interferem no crescimento das plântulas (Melo *et.al.*, 2004). De acordo com Ferreira *et.al.* (1997), os efeitos da luz destacam-se no crescimento das espécies vegetais devido ao fato da radiação solar participar diretamente nos processos fotossintéticos.

A luz é um fator limitante em matas, assim, espécies com porte alto e grande investimento em área foliar se sobressaem na competição por este recurso. No caso das espécies de cerrado, a irradiação é abundante, sendo que a água e nutrientes são os fatores mais limitantes, portanto, essas espécies investem mais em raízes (Gleeson & Tilman 1992, Hoffmann 2005).

Em resposta à variação na disponibilidade de luz, várias características foliares se modificam, tais como a abertura estomática, a espessura foliar e a proporção de tecidos fotossintetizantes (Fosket 1994, Larcher 2000). De acordo com Felfilli *et.al.* (1999), atributos relacionados ao crescimento, como a altura, o peso da matéria seca, a relação raiz/parte aérea e o diâmetro do coleto devem ser analisadas na avaliação das respostas das plantas à incidência luminosa, pela sua plasticidade em resposta a variações na intensidade luminosa, e por refletir a habilidade adaptativa das espécies às condições de radiação do ambiente em que estão inseridas (Scalon *et.al.* 2002).

A taxa de crescimento é o produto da razão de área foliar e da taxa de assimilação líquida, ou seja, é a taxa de aquisição de biomassa por unidade de área foliar (Lambers & Poorter 1992). Garwood (1996) ressalta que o crescimento e a habilidade adaptativa das plantas à ambientes particulares e à mudanças nestes locais, são dependentes de uma complexa interação de características morfológicas e fisiológicas de cada espécie. O sombreamento pode causar mudanças tanto morfológicas quanto fisiológicas nas espécies vegetais (Strauss-Debenedett & Bazzaz 1996, Atroch *et.al.* 2001, Beckage & Clark 2003). Desta maneira, o sucesso de uma espécie na adaptação a ambientes com baixa ou alta radiação, está associado à eficiência em ajustar variáveis morfofisiológicas no sentido de maximizar a obtenção dos recursos primários e à eficácia na partição dos fotoassimilados para diferentes partes da planta (Dias-Filho 1997).

Plântulas mantidas em condições de sombreamento ampliam a eficiência da captura de luz com o aumento da razão clorofila b/a, aumento da razão de área foliar e redução da razão raiz/parte aérea, para compensar reduções na quantidade e mudanças na qualidade da luz (Melo *et.al.* 2004). O aumento da biomassa da parte aérea se faz em detrimento da biomassa das raízes; geralmente, quanto menor a incidência luminosa no ambiente, maior é a alocação de biomassa para as folhas (Valio 2001).

Rossatto *et.al.* (2009) destacam que as espécies de ambientes savânicos apresentam crescimento mais lento e menor área foliar específica quando comparadas às espécies florestais. Wright & Westoby (1999) afirmam que as plantas de ambientes florestais investem em características para aumentar a captação da radiação solar, apresentando folhas mais finas e com grande superfície em relação à massa, resultando em uma maior área foliar específica. Poorter (2008) ressalta que essas características contrastantes são resultado das diferentes restrições impostas por estes dois ambientes.

O objetivo deste trabalho foi verificar diferenças nas características morfológicas e ecofisiológicas no desenvolvimento inicial de *T. aurea* e *T. impetiginosa*, características de ambientes savânicos e florestais, respectivamente (Lorenzi 2002), sob condições de pleno sol, 50% e 80% de sombreamento em viveiro, com o intuito de simular condições de luminosidade de ambientes encontrados em matas de galeria (pleno sol – clareira, dossel em formação e dossel fechado). Postula-se que as plântulas das duas espécies diferenciem-se em termos de crescimento e fotossíntese e, em relação às condições de sombreamento, sendo esperado que a espécie *Tabebuia impetiginosa* apresente maiores taxas de fotossíntese, área foliar específica e maior crescimento nas condições de menor incidência luminosa, quando comparada à espécie *Tabebuia aurea*.

## **2. Material e métodos**

### **2.1. Coleta e germinação das sementes**

Foram coletadas sementes de 03 indivíduos adultos de *Tabebuia impetiginosa* e 02 indivíduos adultos de *T. aurea* localizados em diferentes áreas de vegetação nativa do Distrito Federal.

O tamanho e espessura das sementes foram mensurados em 90 sementes de cada espécie (Figura 1B e 1C), utilizando-se um paquímetro digital de precisão de 0,05 mm (Mitutoyo Corporation).



**Figura 1.** A- Semente de *Tabebuia aurea* (acima) e semente de *T. impetiginosa* (abaixo); B- Mensuração da espessura da semente de *T. aurea*; C- Mensuração do tamanho da semente de *T. impetiginosa*.

Após a coleta, 90 sementes de cada espécie, foram pesadas em balança de precisão ( $\pm 0,0001$  g) para a obtenção da massa fresca das mesmas. Em seguida, foram congeladas e colocadas no liofilizador durante 72 horas para a determinação da massa seca. O teor de umidade (%) das sementes foi determinado através do seguinte cálculo:

$$\text{Teor de umidade} = \frac{\text{Massa fresca} - \text{Massa seca}}{\text{Massa fresca}} \times 100 \%$$

Foram colocadas 200 sementes de cada espécie (Figura 1A), após 2 meses da data de coleta das mesmas, para germinar em rolos de papel filtro, sendo 50 sementes por rolo e 4 rolos por espécie. O papel filtro era umedecido diariamente com água destilada e envolvido em saco plástico, para evitar a dessecação. Essas sementes foram submetidas à temperatura de 30 °C com o fotoperíodo de 12 horas (Pacheco *et. al.* 2008). Esse experimento foi realizado em câmara de germinação tipo B.O.D. (Marconi MA 402) sob luz branca fluorescente ( $30 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ), situada no Laboratório de Fisiologia Vegetal da Universidade de Brasília, Campus Darcy Ribeiro. A porcentagem de sementes germinadas até o 30º dia após a semeadura foi registrada através de observações diárias.

O cálculo da germinabilidade para cada espécie foi realizado através da seguinte equação:

$$\text{Germinabilidade (\%)} = (\sum n_i \times N^{-1}) \times 100$$

Onde:

$\Sigma n_i$  é o número total de sementes germinadas em relação ao número de sementes colocadas para germinar (N).

Para se determinar o tempo médio de germinação, utilizou-se o cálculo abaixo:

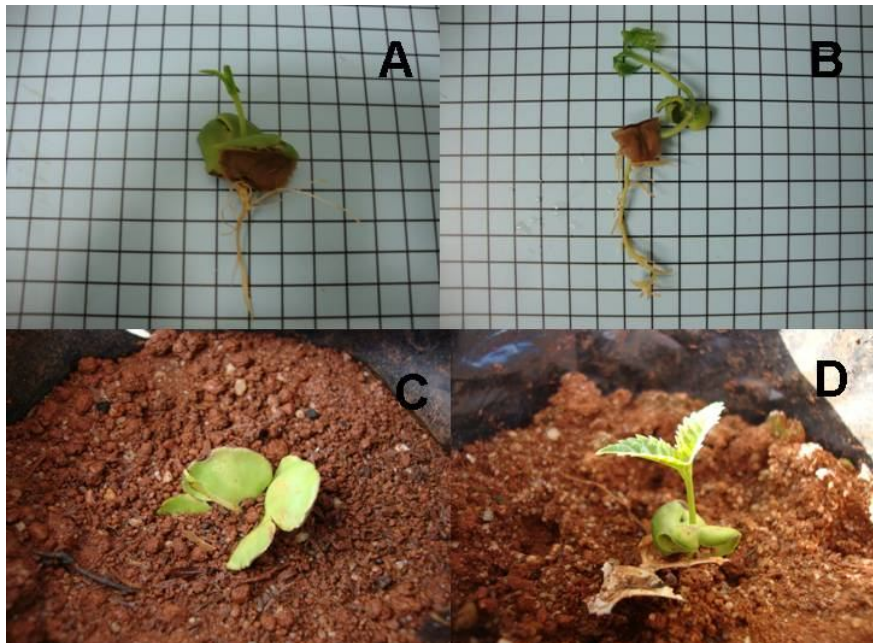
$$\text{Tempo médio (horas)} = \frac{\Sigma n_i \times t_i}{\Sigma n_i}$$

Onde:

$n_i$  é o número de sementes germinadas dentro de determinado intervalo de tempo  $t_{i-1}$  e  $t_i$  (Ferreira & Borghetti 2004).

## 2.2 - Sombreamento

Foram plantadas 150 plântulas de cada espécie em sacos de polietileno preto-opaco (30 x 20 cm) com perfurações laterais, contendo um substrato composto por 3 partes de latossolo vermelho, 1 parte de adubo orgânico e 1 parte de areia (Figura 2). Essas plântulas foram irrigadas diariamente.



**Figura 2.** A – Plântula de *Tabebuia aurea*; B - Plântula de *T. impetiginosa*; C – Plântula de *T. aurea* desenvolvendo-se em substrato composto; D – Plântula de *T. impetiginosa* transplantada para substrato composto.

Após a emissão das primeiras folhas, as plântulas foram dispostas em áreas de 3 m<sup>2</sup> delimitadas por estruturas de madeira com 1,0 m de altura, sendo que duas dessas estruturas foram cobertas por telas comercialmente denominadas “sombrites”. Essas telas recobriam a parte superior e lateral das armações. Cinquenta mudas de cada espécie foram submetidas aos seguintes tratamentos:

Tratamento 1 – exposição das mudas a pleno sol

Tratamento 2 – sombrite de 50% de sombreamento

Tratamento 3 – sombrite de 80% de nível de sombreamento.

As armações com sombrites de diferentes níveis de sombreamento foram montadas na área externa do Laboratório de Termobiologia da Universidade de Brasília (15°45'S 47°52'W).

As seguintes medidas foram tomadas para cada tratamento: diâmetro do coleto (mm), altura das mudas (cm), massa seca da raiz (g), massa seca do caule (g), massa seca das folhas (g), área do limbo foliar (cm<sup>2</sup>), assimilação de CO<sub>2</sub> (μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), condutância estomática (mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) e transpiração (mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>). Essas medições foram realizadas para 06 plantas de cada espécie por tratamento após um intervalo de 45 (tempo 1, T1) e 90 (tempo 2, T2) dias. A primeira coleta de dados foi feita em 06 plântulas de cada espécie após a emissão das duas primeiras folhas (Tempo 0, To), previamente às mudas serem submetidas aos tratamentos.

A partir dos parâmetros medidos, determinou-se a área foliar específica (AFE; cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>), a taxa de crescimento relativa (TCR) para a massa seca total, caule, folhas e raízes e a razão raiz/parte aérea.

O diâmetro do coleto foi medido com paquímetro digital, de precisão de 0,05 mm (Mitutoyo Corporation) e a altura, com régua milimetrada, partindo-se do nível do solo até a gema apical.

Para a análise da produção de massa seca aérea e subterrânea, as mudas foram destorroadas, lavadas cuidadosamente para se evitar perda de raízes e separadas em: folhas, pecíolos, caule e raízes. Em seguida, foram colocadas em sacos de papel pardo para secagem em estufa a 60°C durante cinco dias e pesadas em balança de precisão (±0,0001 g).

A taxa de crescimento relativo (TCR; g.g<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>) foi obtida através do seguinte cálculo (Hoffmann & Poorter 2002):

$$\text{TCR} = \frac{\ln(M2) - \ln(M1)}{T2 - T1}$$

Onde:

M1 = massa seca no tempo 1

M2 = massa seca no tempo 2

T2 = tempo 2 (90 dias)

T1 = tempo 1 (45 dias)

A área do limbo foliar foi medida com um medidor de área foliar (CL-202, CID Bio-Science). Para a determinação da área foliar específica (AFE,  $\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ ), calculou-se a razão entre a área do limbo foliar e a massa seca da mesma.

As medidas de trocas gasosas foliares foram feitas com o sistema portátil para medir fotossíntese e transpiração IRGA - LCI (ADC, Hoddesdon, UK). A assimilação líquida de  $\text{CO}_2$ , condutância estomática e transpiração foram mensuradas no período entre 8:00 e 11:00 horas, à temperatura e luminosidade ambiente. Os folíolos foram dispostos de forma que ocupassem toda a área da câmara do IRGA e as medidas foram feitas em duas folhas por planta, a cada 30 segundos durante 2 minutos.

### 2.3. Análise estatística

A análise dos parâmetros das sementes e dos índices de germinação foi realizada através de um Teste t.

Para a análise estatística dos dados do experimento de sombreamento utilizou-se uma anova fatorial de modelo misto (MANOVA), na qual o tempo era o fator que se repetia e a espécie e o nível de sombreamento eram os valores fixos, seguida de teste Tukey quando F era significativo. A análise da taxa de crescimento relativo foi realizada por meio de uma anova fatorial.

O programa estatístico Statistica 8.0 foi utilizado na análise dos dados e os gráficos foram feitos através do programa SigmaPlot versão 11.0. O nível de significância adotado para todas as análises foi 0,05.

## 3. Resultados e discussão

Em relação às sementes, os valores da massa fresca (Teste t :  $t = 1,04$ ;  $P = 0,37$ ), da massa seca ( $t = 0,65$ ;  $P = 0,55$ ), do tamanho ( $t = 1,25$ ;  $P = 0,29$ ), espessura ( $t = -0,2$ ;  $P = 0,57$ ) e germinabilidade ( $t = 2,00$ ;  $P = 0,09$ ) não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre as duas espécies (Tabela 1). As espécies diferiram

significativamente em relação ao teor de umidade das sementes ( $t = 15,93$ ;  $P < 0,05$ ) e ao tempo médio de germinação ( $t = - 3,73$ ;  $P < 0,05$ ).

Os valores de massa seca das sementes de *Tabebuia aurea* são similares aos encontrados por Ribeiro (2010), que registrou uma média de 144,75 mg. No entanto, os valores encontrados neste trabalho para a massa seca de *T. impetiginosa* (163 mg) não condizem com os dados apresentados pelo autor acima (37,5 mg).

Em relação ao teor de umidade das sementes, a espécie característica de cerrado *sensu stricto* apresentou maiores valores quando comparada à espécie de formações florestais. Essa diferença nos valores de teor de umidade pode ser atribuída ao tempo de coleta, pois as sementes de *T. aurea* foram coletadas mais tardiamente, sendo o tempo de dessecação das mesmas menor em relação ao das sementes de *T. impetiginosa*. Os teores de umidade registrados estão de acordo com os encontrados por outros autores. Bradbeer (1988), afirma que as sementes da maioria das espécies apresentam em torno de 5 a 20 % de água em sua massa total. Em um estudo com *Tabebuia serratifolia*, Machado *et.al.* (2002) registraram 8,8 % de teor de água nas sementes, Santos *et.al.* (2005) registraram 6,8 % de teor de umidade para a mesma espécie.

O valor de germinabilidade de *T. aurea* foi superior ao encontrado por Socolowski & Takaki (2004) para *Jacaranda mimosifolia*, também pertencente à família Bignoniaceae, que apresentou entre 55 e 60 % de germinação a temperaturas entre 25 e 30°C. Estudos com outras espécies da mesma família registraram uma porcentagem de germinação entre 88 e 95% (Rossatto & Kolb 2010). A germinabilidade encontrada neste estudo para *T. aurea* foi inferior à registrada por Ribeiro (2010), 93,3 %.

A porcentagem de germinação e o tempo médio de germinação da espécie *T. impetiginosa* foram similares aos valores apresentados por Gemaque *et.al.* (2002), que registrou uma germinabilidade de 73% e por Ribeiro (2010), 78,3 % de germinabilidade e um tempo médio de 115,4 horas. O tempo médio de germinação permite avaliar a rapidez com que uma espécie ocupa um determinado ambiente. Sementes com tempo médio de germinação inferior a 120 horas são consideradas de germinação rápida (Ferreira *et.al.* 2001). Observando-se a Tabela 1, percebe-se que as duas espécies deste estudo são classificadas como espécies de rápida germinação.



**Tabela 1.** Médias e desvio padrão das características das sementes amostradas nas espécies de *Tabebuia aurea* e *T. impetiginosa*. Letras diferentes indicam diferenças estatísticas de acordo com o Teste t ( $P < 0,05$ ).

Características das sementes	<i>Tabebuia aurea</i>	<i>Tabebuia impetiginosa</i>
Peso da massa fresca (g)	0,19 + - 0,03 a	0,17 + - 0,00 a
Peso da massa seca (g)	0,17 + - 0,03 a	0,16 + - 0,00 a
Teor de umidade (%)	9,19 + - 0,11 a	4,84 + - 0,35 b
Tamanho (mm)	20,53 + - 0,61 a	19,09 + - 1,48 a
Espessura (mm)	2,27 + - 0,59 a	2,47 + - 0,08 a
Germinabilidade (%)	80,00 + - 3,26 a	72,00 + - 7,30 a
Tempo médio de germinação (horas)	94,55 + - 4,88 a	115,61 + - 10,17 b

Em relação à altura das plântulas submetidas aos tratamentos de diferentes níveis de sombreamento (Figura 3), as espécies apresentaram diferenças estatisticamente significativas em relação ao tempo (MANOVA:  $F= 29,90$ ;  $P < 0,05$ ) e entre as espécies (MANOVA:  $F= 147,13$ ;  $P < 0,05$ ). Os diferentes níveis de sombreamento não influenciou significativamente este parâmetro (MANOVA:  $F= 0,63$ ;  $P=0,53$ ). *T. impetiginosa* apresentou uma altura média de 9,8 cm e *T. aurea* uma média de 5,2 cm.

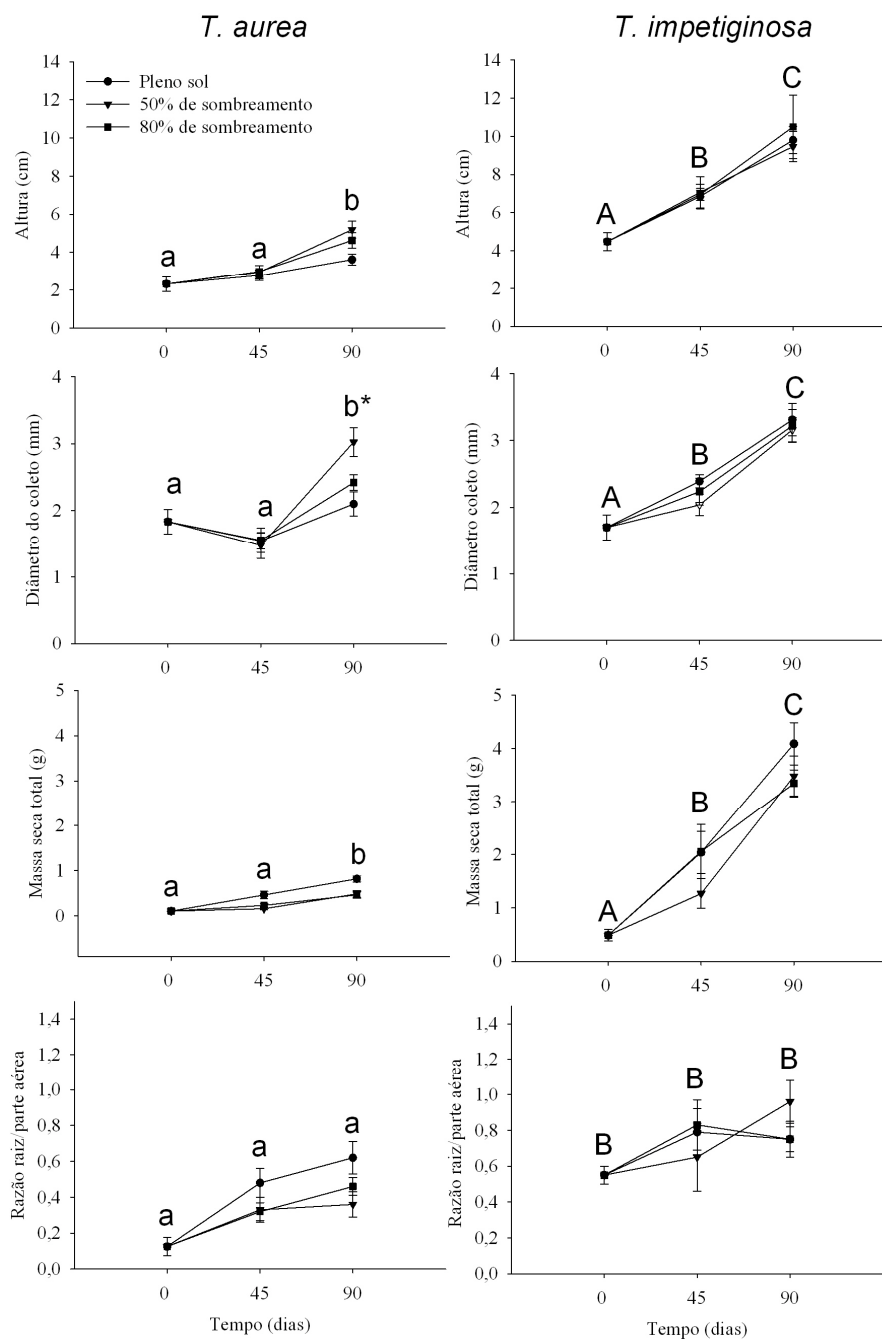
Em um estudo envolvendo 12 espécies arbóreas, sendo seis espécies consideradas tolerantes ao sombreamento e as outras seis pioneiras, submetidas durante dois meses a quatro diferentes níveis de radiação solar, Frigeri (2007) relatou que o investimento em altura das plantas e o comprimento específico do caule foram maiores sob baixa irradiância. Felfili *et.al.* (2001) também registraram maiores valores de altura para os indivíduos expostos a uma menor incidência luminosa, no caso de *Sclerolobium paniculatum*. Plantas jovens de *Brosimum rubescens* apresentaram maiores alturas em condições intermediárias de sombreamento (50%), porém, este parâmetro só diferiu significativamente a partir dos 11 meses de idade (Marimon *et.al.* 2008).

Os valores de diâmetro do coleto (Figura 3) apresentaram diferenças significativas entre o tempo (MANOVA:  $F= 120,26$ ;  $P < 0,05$ ) e entre as espécies ( $F= 35,27$ ;  $P < 0,05$ ). A espécie *Tabebuia aurea* apresentou valores distintos entre os níveis de sombreamento ( $F= 3,75$ ;  $P < 0,05$ ), sendo que os maiores valores de diâmetro do coleto foram registrados para as plântulas submetidas ao nível intermediário de incidência luminosa (50%) e os menores valores para os indivíduos expostos a pleno sol. Felfili *et. al.* (1999) também relatam maiores valores de diâmetro do coleto para

indivíduos jovens de *Sclerolobium paniculatum* submetidos a 50% de incidência luminosa.

Os valores de massa seca total (Figura 3) diferiram significativamente entre o tempo (MANOVA:  $F= 56,78$ ;  $P<0,05$ ) e entre as espécies ( $F= 180,88$ ;  $P< 0,05$ ). Não houve diferenças significativas entre os tratamentos de sombreamento. A espécie *T. impetiginosa* exibiu maiores valores (4,09g) em relação a *T. aurea* (0,82g).

A razão raiz / parte aérea apresentou valores significativamente distintos somente entre as espécies (MANOVA:  $F= 37,16$ ;  $P<0,05$ ), não se modificando ao longo do tempo ( $F= 1,44$ ;  $P= 0,23$ ) e entre os diferentes níveis de sombreamento ( $F= 0,84$ ;  $P= 0,43$ ). Osunkoya *et al.*, (1994) e Kitajima (1996) registraram uma redução dessa razão em plântulas de várias espécies arbóreas sob baixas irradiâncias. Felfili *et. al.* (1999) corroboram essa constatação.



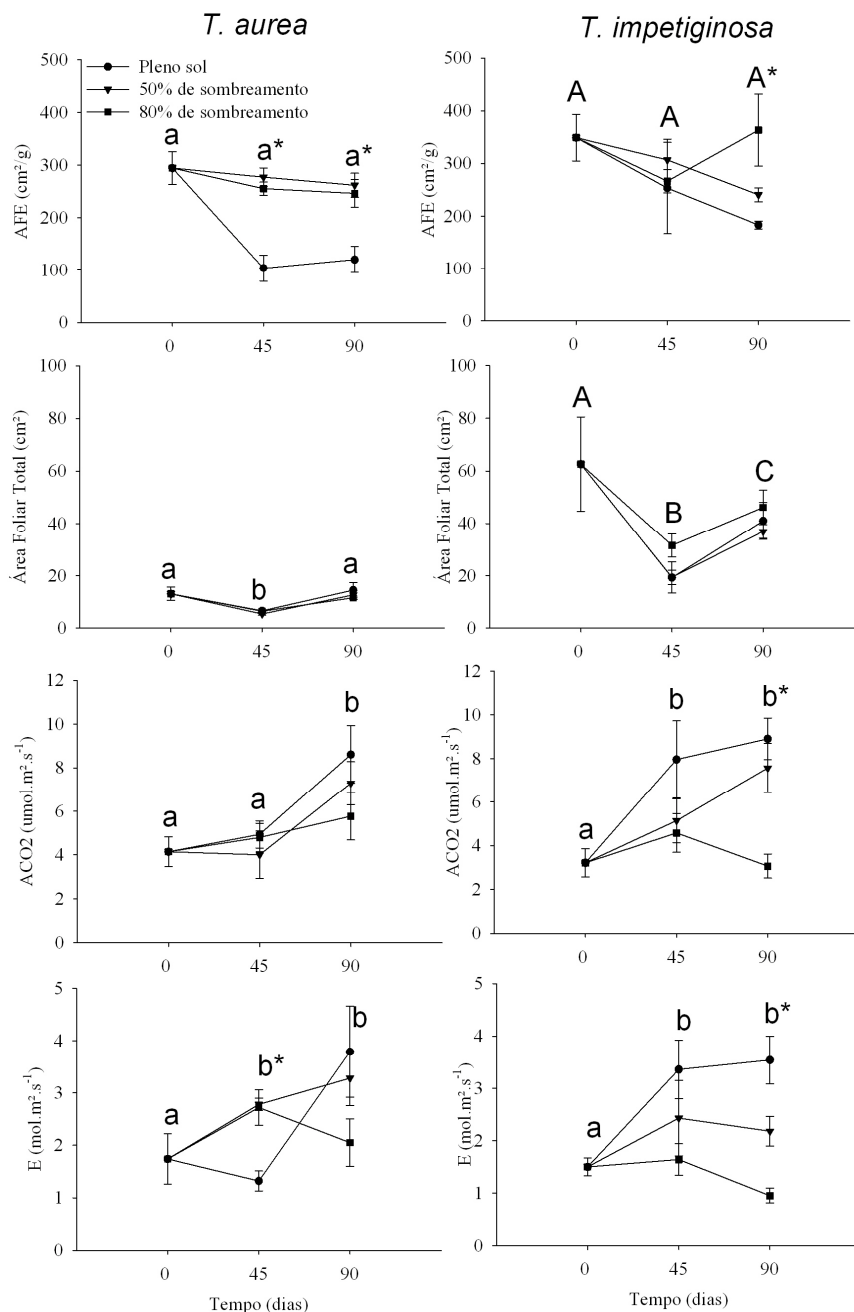
**Figura 3.** Valores de altura (cm), diâmetro do coleto (mm), massa seca total (g) e razão raiz / parte aérea para as duas espécies em relação aos tratamentos no decorrer do tempo. Letras diferentes indicam diferenças significativas em relação ao tempo de coleta; letras maiúsculas ressaltam diferenças significativas entre as espécies e o asterisco (\*) indica diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos de sombreamento. Barras representam o erro padrão. As diferenças foram consideradas estatisticamente significativas de acordo com o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Os valores de área foliar específica (AFE) (Figura 4) não diferiram significativamente ao longo do tempo (MANOVA:  $F= 0,12$ ;  $P=0,72$ ), ao contrário dos valores entre as espécies ( $F= 6,93$ ;  $P<0,05$ ) e entre os diferentes níveis de sombreamento ( $F= 11,61$ ;  $P<0,05$ ).

A espécie característica de formações savânicas apresentou maior AFE ( $277,31 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ ) nas condições de 50% de sombreamento, sendo que os menores valores ( $120,48 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ ) foram registrados para as plântulas expostas a pleno sol.

A espécie *Tabebuia impetiginosa* teve maiores valores de AFE na condição de 80% de sombreamento ( $363,32 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ ) e os menores valores a pleno sol ( $183,20 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ ). Hoffmann & Franco (2003) registraram menores valores de área foliar específica em espécies savânicas quando comparadas às espécies florestais, ambas expostas a pleno sol.

Os efeitos da luminosidade influenciam a estrutura foliar, podendo causar mudanças na área do limbo foliar, espessura e outras características foliares (Goulet & Bellefleur 1986). A formação de folhas menos espessas e com uma maior AFE é uma adaptação comum a condições de baixa luminosidade.



**Figura 4.** Valores de área foliar específica (AFE), área foliar total, assimilação de CO<sub>2</sub> (ACO<sub>2</sub>) e transpiração (E) para as duas espécies em relação aos tratamentos no decorrer do tempo. Letras diferentes indicam diferenças significativas em relação ao tempo de coleta; letras maiúsculas ressaltam diferenças significativas entre as espécies e o asterisco (\*) indica diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos de sombreamento. Barras representam o erro padrão. As diferenças foram consideradas estatisticamente significativas de acordo com o teste de Tukey (p<0,05).

A área foliar total diferiu significativamente entre as espécies (MANOVA:  $F=32,52$ ;  $P<0,05$ ) e no decorrer do tempo ( $F=15,39$ ;  $P<0,05$ ), mas não entre os níveis de sombreamento ( $F=1,83$ ;  $P=0,17$ ). Dechoum (2004) também não registrou diferenças estatísticas entre os valores de área foliar de duas espécies congênicas submetidas a diferentes níveis de radiação solar.

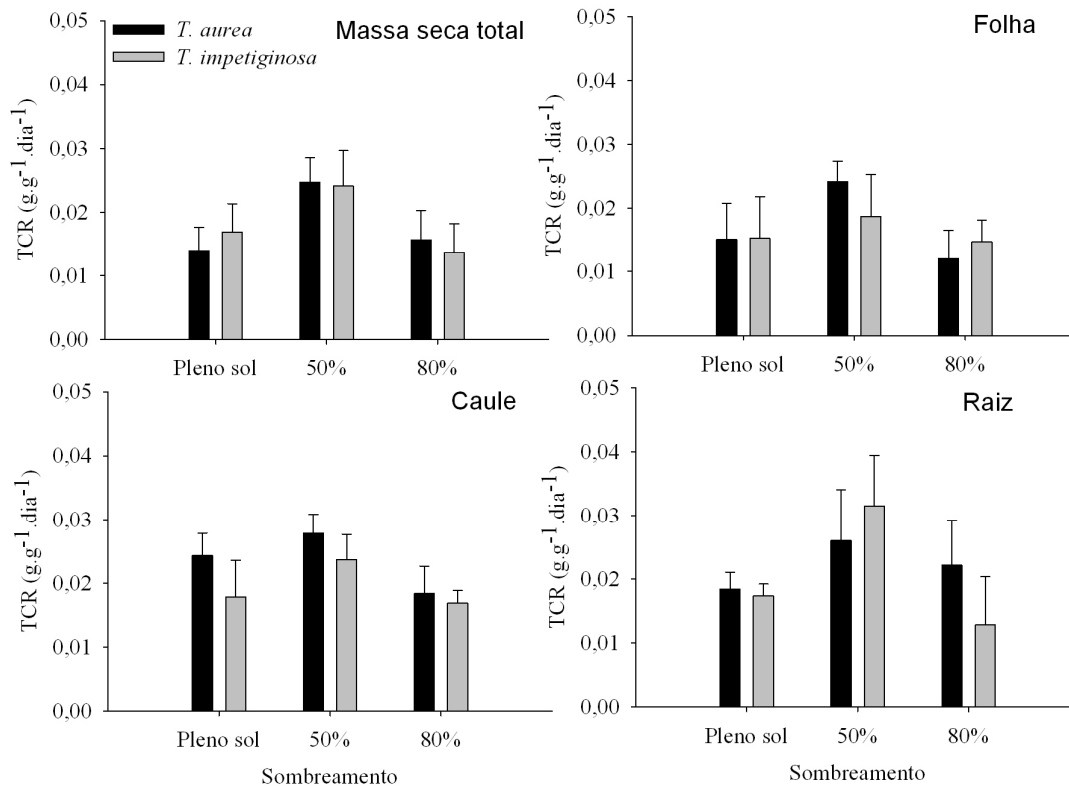
Os valores de assimilação de  $\text{CO}_2$  ( $\text{ACO}_2$ ) não diferiram significativamente entre as espécies (MANOVA:  $F=0,27$ ;  $P=0,60$ ), diferentemente dos valores entre o tempo de coleta ( $F=6,75$ ;  $P<0,05$ ) e entre os diferentes níveis de sombreamento ( $F=9,39$ ;  $P<0,05$ ). Neste último caso, as diferenças foram registradas somente com 90 dias para *T. impetiginosa*.

Os valores de transpiração (E) (Figura 4) também não apresentaram diferenças significativas entre as espécies (MANOVA:  $F=1,05$ ;  $P=0,31$ ), sendo que os valores em relação ao tempo ( $F=4,22$ ;  $P<0,05$ ) e ao sombreamento ( $F=5,27$ ;  $P<0,05$ ) foram significativos.

Os valores de condutância estomática (gs) não apresentaram diferenças estatisticamente significativas de forma geral (MANOVA:  $F=1,47$ ;  $P=0,24$ ).

Ao contrário do postulado, a espécie *Tabebuia aurea* não apresentou maiores valores de taxa de assimilação ( $8,60 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) em relação à sua congênica ( $8,90 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), quando expostas a pleno sol. Os valores de transpiração da espécie característica de ambientes savânicos foram significativamente maiores ( $2,78 \text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) no tratamento de sombreamento intermediário (50 %). Os maiores valores de transpiração apresentados por sua congênica (*T. impetiginosa*) foram nas plântulas expostas a pleno sol ( $3,54 \text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), coincidindo com os maiores valores de assimilação de  $\text{CO}_2$  apresentados por esta espécie.

As características relacionadas à fotossíntese evoluíram em respostas a gradientes de estresses ambientais (Chapin *et.al.* 1993). Segundo Franco & Lüttge (2002), a adaptação de espécies vegetais a mudanças nos níveis de irradiação solar ocorre para preservar e otimizar o funcionamento do aparato fotossintético. O grau de plasticidade das espécies pode apresentar variações de acordo com as intensidades luminosas a que as plantas foram submetidas durante seu desenvolvimento (Silvestrini 2000).



**Figura 5.** Valores das taxas de crescimento relativo (TCR) para a massa seca total, folhas, caule e raízes de *Tabebuia aurea* e *Tabebuia impetiginosa*, em relação aos diferentes níveis de incidência de radiação solar. Barras representam o erro padrão. Os valores não diferiram significativamente de acordo com a ANOVA.

Os valores da taxa de crescimento relativo (TCR), entre 45 e 90 dias, da massa seca total (ANOVA fatorial:  $F= 0,163$ ;  $P= 0,849$ ), das folhas ( $F= 0,330$ ;  $P= 0,720$ ), do caule ( $F= 0,194$ ;  $P=0,824$ ) e da raiz ( $F= 0,672$ ;  $P= 0,518$ ) não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre as espécies e os diferentes níveis de sombreamento (Figura 5). Em um estudo envolvendo nove pares congêneros de espécies de cerrado e de mata em condições de baixa e alta luminosidade, Hoffmann & Franco (2003) não encontraram diferenças significativas durante os 150 dias de experimento. A taxa de crescimento relativo de um par congênico do gênero *Hymenaea* também não diferiu significativamente nos 180 dias de experimento (Dechoum 2004). A autora concluiu que as plântulas das duas espécies assimilaram energia e investiram em crescimento total de forma quantitativamente semelhante. Porém, comparando-se o crescimento de plântulas de 12 espécies arbóreas, Osunkoya *et.al.* (1994) registraram diferenças interespecíficas nas taxas de crescimento relativo das mesmas.

Kitajima (1994) ressalta que as variações da TCR em espécies arbóreas têm sido relacionadas às suas estratégias de ocupação em ambientes com diferentes valores de incidência luminosa. Alguns resultados da autora contribuem para a idéia de que fatores genéticos sejam os principais controladores da TCR. Um exemplo seria o fato de espécies tolerantes ao sombreamento apresentarem menores taxas de crescimento relativo, tanto sob alta quanto sob baixa radiação, em relação às espécies intolerantes.

As duas espécies em estudo são características de ambientes muito contrastantes em relação à luminosidade, talvez, as diferenças nas taxas relativas de crescimento sejam evidenciadas em um tempo maior de amostragem, ou independem dos níveis de sombreamento, sendo os fatores genéticos os principais controladores da TCR nestas espécies.

#### **4. Conclusões**

Os valores de altura, massa seca total, razão raiz/parte aérea, área foliar total e taxa de crescimento relativo não foram influenciados pelos diferentes níveis de sombreamento.

Os valores de área foliar específica (AFE) diferiram entre as espécies e os níveis de irradiação, como o postulado, sendo que a espécie característica de formações florestais, *T. impetiginosa*, apresentou maiores valores de AFE em condições de 80% de sombreamento e maiores valores em relação a *T. aurea*.

Em termos de taxas fotossintéticas, os valores não foram condizentes com o esperado; em condições de pleno sol, a espécie característica de ambientes savânicos não apresentou maiores valores de assimilação de CO<sub>2</sub> em relação à espécie de mata. O fato das plântulas terem sido irrigadas diariamente e, conseqüentemente, não sofreram estresse hídrico, além de terem sido submetidas às mesmas condições de luminosidade e substrato, provavelmente foi relevante na similaridade das taxas fotossintéticas.

Os parâmetros analisados evidenciam que as diferenças interespecíficas desse par congênico são conservadas durante o desenvolvimento das plântulas, mesmo quando estas estão expostas a condições de irradiação diferentes de seu ambiente de origem; corroborando a conclusão em relação aos indivíduos adultos analisados no capítulo 1.



## 5. Referências Bibliográficas

Atroch, E.M.A.C.; Soares, A.M.; Alvarenga, A.A. & Castro, E.M. 2001. Crescimento, teor de clorofilas, distribuição de biomassa e características anatômicas de plantas jovens de *Bauhinia forficata*. Link submetidas à diferentes condições de sombreamento. **Ciência e Agrotecnologia** 25 (4): 853-862.

Beckage, B. & Clark, J.S. 2003. Seedling survival and growth of three forest tree species: the role of spatial heterogeneity. **Ecology** 84:1849-1861.

Bradbeer, J.W. 1988. **Seed dormancy and germination**. Blackie Academic & Professional, London. 580p.

Chapin, F.S.; Autumn, K. & Pugnaire, F. 1993. Evolution of suites of traits in response to environmental stress. **American Naturalist** 142: S78-S92.

Dechoum, M.de S. 2004. **Crescimento inicial, alocação de recursos e fotossíntese em plântulas das espécies vicariantes *Hymenaea courbaril* var *stilbocarpa* (Hayne) Lee & Lang. (jatobá) e *Hymenaea stigonocarpa* Mart. (jatobá-do-cerrado) (Leguminosae-Caesalpinioideae)**. Tese de doutorado. Departamento de botânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

Dias-Filho, M.B. 1997. Physiological response of *Solanum crinitum* Lam. to contrasting light environments. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 32(8): 789-796.

Felfili, J.M.; Hilgert, L.F.; Franco, A.C.; Sousa-Silva, J.C.; Resende, A.V. & Nogueira, M.V.P. 1999. Comportamento de plântulas de *Sclerolobium paniculatum* Vog. var. *rubiginosum* (Tul.) Benth. sob diferentes níveis de sombreamento em viveiro. **Revista Brasileira de Botânica** 22 (2): 297-301.

Felfili, J.M.; Franco, A.C.; Fagg, C.W.; Sousa-Silva, J.C. 2001. Desenvolvimento inicial de espécies de mata de galeria. *In*: Ribeiro, J.F.; Fonseca, C.E.L.da; Sousa-Silva,

J.C. (eds.) **Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria**. Planaltina: Embrapa – CPAC, p.779-811.

Ferreira, A.G.; Cassol, B.; Rosa, S.G.T.; Silveira, T.S.; Stival, A.L. & Silva, A.A. 2001. Germinação de sementes de Asteraceae nativas no Rio Grande do Sul, Brasil. **Acta Botanica Brasílica** **15**: 231-242.

Ferreira, A.G. & Borghetti, F. 2004. **Germinação: do básico ao aplicado**. Artmed, Porto Alegre, 323 p.

Ferreira, M. G. M.; Candido, J.F. & Cano M.A.O. 1997. Efeito do sombreamento na produção de mudas de quatro espécies florestais nativas. **Revista Árvore** **17** (2):121-134.

Fosket, D.E. 1994. **Plant growth and development: a molecular approach**. Academic Press Limited, London, 580 p.

Franco, A.C. & Luttge, U. 2002. Midday depression in savanna trees: coordinated adjustments in photochemical, efficiency, photorespiration, CO<sub>2</sub> assimilation and water use efficiency. **Oecologia** **131**: 356-365.

Frigieri, R.B.C. 2007. **Relação entre raiz e parte aérea de plântulas de espécies arbóreas tropicais sob diferentes níveis de radiação solar**. Tese de doutorado. Departamento de Botânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

Garwood, N.C. 1996. Functional morphological of tropical tree seedlings. In: Swaine, M.D. (ed) 1996. **The Ecology of Tropical Forest tree Seedlings** . UNESCO and Parthenon Publishing group, Paris, p. 59-129.

Gemaque, R.C.R.; Davide, A.C. & Faria, J.M.R. 2002. Indicadores de maturidade fisiológica de sementes de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standl.). **CERNE** **8** (2): 84-91.

Gleeson, S.K. & Tilman, D. 1992. Plant allocation and the multiple limitation hypothesis. **American Naturalist**. **139**: 1322-1343.

Goulet, F. & Bellefleur, P. 1986. Leaf morphology plasticity in response to light environment in deciduous tree species and its implication on forest succession. **Canadian Journal of Research** **16** (6): 1192-1195.

Hoffmann, W.A. 2005. Ecologia comparativa de espécies lenhosas de cerrado e de mata. *In*: Scariot, A; Sousa-Silva, J.C. & Felfili, J.M. **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, DF, p. 157-165

Hoffmann, W.A. & Franco, A.C. 2003. Comparative growth analysis of tropical forest and savanna woody plants using phylogenetically-independent contrasts. **Journal of Ecology**. **91**: 475-484.

Hoffmann, W.A. & Poorter, H. 2002. Avoiding bias in calculations of relative growth rate. **Annals of Botany** **80**: 37-42.

Kitajima, K. 1994. Relative importance of photosynthetic traits and allocation patterns as correlates of seedling shade tolerance of 13 tropical trees. **Oecologia** **98**: 419-428.

Kitajima, K. 1996. Ecophysiology of tropical tree seedlings. *In*: Mulkey S.S., Chadzon, R.I. & Smith, A.P. (eds). 2004. Tropical forest plant ecophysiology. Chapman & Hall, New York, p. 559-597.

Lambers, H. & Poorter, H. 1992. Inherent variation in growth rate between higher plants: a search for physiological causes and ecological consequences. **Advances in ecological research** **23**: 187-261.

Larcher, W. 2000. **Ecofisiologia Vegetal**. Editora Rima, São Carlos, 529 p.

Lorenzi, H. 2002. **Árvores Brasileiras**. 4 ed. Plantarum. Nova Odessa.

Machado, C.F.; Oliveira, J.A.de; Davide, A.C. & Guimarães, R.M. 2002. Metodologia para a condução do teste de germinação em sementes de ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nicholson). **CERNE** 8 (2): 17-25.

Marimon, B.S.; Felfili, J.M.; Marimon-Júnior, B.H., Franco, A.C. & Fagg, C.W. 2008. Desenvolvimento inicial e partição de biomassa de *Brosimum rubescens* Taub. (Moraceae) sob diferentes níveis de sombreamento. **Acta Botanica Brasilica** 22 (4): 941-953.

Melo, F.P.L.; Neto, A.V.A.; Simabukuro, E.A. & Tabareli, M. 2004. Recrutamento e estabelecimento de plântulas. In: Ferreira, A.G. & Borghetti, F. 2004. **Germinação do básico ao aplicado**. Artmed, Porto Alegre, p.237-249.

Osunkoya, O.O., Ash, J.E., Hopkins, M.S. & Grahan, A. 1994. Influence of seed size and seedling ecological attributes on shade-tolerance of rain-forest tree species in northern Queensland. **Journal of Ecology** 82:149-163.

Pacheco, M.V; Matos, V.P. & Feliciano, A.L.P. 2008. Germinação de sementes e crescimento inicial de plântulas de *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth & Hook. **Ciência Florestal**. 18 (2): 143-150.

Poorter, L. 2008. Leaf traits show different relationships with shade tolerance in moist versus dry tropical forests. **New Phytologist** 181: 890-900.

Ribeiro, L.C. 2010. **Aspectos ecofisiológicos da germinação de sementes de espécies do cerrado *sensu stricto* e da mata de galeria do bioma Cerrado expostas a diferentes condições de estresse**. Dissertação de mestrado. Departamento de Botânica, Universidade de Brasília, Brasília, DF.

Rossatto, D.R.; Hoffmann, W.A. & Franco, A.C. 2009. Differences in growth patterns between co-occurring forest and savanna trees affect the forest-savanna boundary. **Functional Ecology** 23: 689-698.

Rossatto, D.R. & Kolb, R.M. 2010. Germinação de *Pyrostegia venusta* (Bignoniaceae), viabilidade de sementes e desenvolvimento pós-seminal. **Revista Brasileira de Botânica** **33** (1): 51-60.

Santos dos, D.L.; Sugahara, V.Y. & Takaki, M. 2005. Efeitos da luz e da temperatura na germinação de sementes de *Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nich, *Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex DC.) Standl. e *Tabebuia roseo-alba* (Ridl) Sand – Bignoniaceae. **Ciência Florestal** **15** (1): 87-92.

Scalon, S.P.Q.; Mussury, R.M. & Veraldo, F. 2002. Crescimento inicial de mudas de espécies florestais nativas sob diferentes níveis de sombreamento. **Revista Árvore** **26** (1): 1-5, 2002.

Silvestrini, M. 2000. **Fotossíntese e acúmulo de biomassa em plantas jovens de duas espécies arbóreas de diferentes grupos ecológicos (pioneira x climácica) de uma floresta estacional semidecidual**. Tese de mestrado. Instituto de Biologia, UNICAMP, Campinas, SP.

Socolowski, F. & Takaki, M. 2004. Germination of *Jacaranda mimosifolia* (D. Don – Bignoniaceae) seeds: effects of light, temperature and water stress. **Brazilian Archives of Biology and Technology** **47** (5): 785-792.

Straus-Debenedetti, S. & Bazzaz, F.A. 1996. Photosynthetic characteristics of tropical trees along successional gradients. In: Mulkey, S.S.; Chazdon, R.L. & Smith, A.P. (eds). 1996. **Tropical Forest Plant Ecophysiology**. Chapman Hall, New York, p.162-186.

Valio, I.F.M. 2001. Effects of shading and removal of plant parts on growth of *Trema micrantha* seedlings. **Tree Physiology** **21**:65-70.

Wright, I. J. & Westoby, M. 1999. Differences in seedling growth behaviour among species: trait correlations across species, and traits shifts along nutrient compared to rainfall gradients. **Journal of Ecology** **87**: 85-97.