

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA COMPARADA

ANDERSON POLLI

Germinação e padrão morfofuncional de sementes e plântulas de espécies  
da Floresta Estacional Semidecidual

Maringá  
2017

ANDERSON POLLI

Germinação e padrão morfofuncional de sementes e plântulas de espécies  
da Floresta Estacional Semidecidual

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em  
Biologia Comparada do Centro de Ciências Biológicas  
da Universidade Estadual de Maringá, como requisito  
parcial para obtenção do título de Doutor em Biologia  
das Interações Orgânicas.

**Orientadora:** Profa. Dra. Lindamir Hernandez Pastorini

**Coorientador:** Prof. Dr. Luiz Antonio de Souza

Maringá  
2017

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**(Biblioteca Central - UEM, Maringá, PR, Brasil)**

Polli, Anderson

P774g Germinação e padrão morfofuncional de sementes e plântulas de espécies da Floresta Estacional Semidecidual / Anderson Polli. -- Maringá, 2017.

58 f. : il. color., figs., tabs.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Lindamir Hernandez Pastorini.

Coorientador: Prof. Dr. Luiz Antonio de Souza.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada, 2017.

1. Morfofuncionalidade - Sementes - Plântulas. 2. Anatomia comparativa - Plântula. 3. Emergência de plântulas. 4. Germinação - Sementes. 5. Irradiância - Sementes - Plântulas. 6. Intensidade luminosa - Sementes - Plântulas. I. Pastorini, Lindamir Hernandez, orient. II. Souza, Luiz Antonio de, coorient. III. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada. IV. Título.

CDD 23.ed. 571.3

MN-004048

# FOLHA DE APROVAÇÃO

ANDERSON POLLI

## Germinação e padrão morfofuncional de sementes e plântulas de espécies da Floresta Estacional Semidecidual

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biologia Comparada do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Biologia das Interações Orgânicas pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

### COMISSÃO JULGADORA

Profª. Dra. Lindamir Hernandez Pastorini  
Universidade Estadual de Maringá (Presidente)/UEM

Prof. Dr. Celso João Rubin Filho  
Universidade Estadual de Maringá/UEM

Profª. Dra. Maria Auxiliadora Milaneze Gutierrez  
Universidade Estadual de Maringá/UEM

Profª. Dra. Mariza Barion Romagnolo  
Universidade Estadual de Maringá/UEM

Profª. Dra. Edneia Aparecida de Souza Paccola  
Unicesumar

Aprovado em: 29/08/2017

Local de defesa: Sala 09, bloco G-80, *campus-sede* da Universidade Estadual de Maringá

## DEDICATÓRIA

À Comunidade Botânica Brasileira, em especial aos que se dedicam à pesquisa em morfofuncionalidade de sementes e plântulas, para que possam usar esse estudo como base para investigações posteriores.  
Á toda minha família e amigos.

## AGRADECIMENTOS

A **Deus** pelo dom da vida, pela infinita fonte de sabedoria e ciência.

À Dra. **Lindamir Hernandez Pastorini**, minha orientadora, pelo estímulo ao trabalho, dedicação e sabedoria com que me acompanhou no percurso desta conquista. Sempre terei por sua digníssima pessoa, consideração e apreço. Desta forma, espero que possamos manter os laços profissionais e de amizade.

Ao meu coorientador, Dr. **Luiz Antonio de Souza**, pela oportunidade a mim devotada desde o início de minha trajetória acadêmica nesta Instituição, pelos ensinamentos e pela disposição em ajudar.

À Professora Dra. **Mariza Barion Romagnolo**, pela ajuda fundamental em coletas a campo (Estação Ecológica do Caiuá) e no processo de identificação das espécies.

A Universidade Estadual de Maringá/UEM, que através do Programa de Pós-graduação em Biologia Comparada/PGB, oportunizou a realização deste trabalho e aprimorou minha formação como pesquisador.

A toda equipe do Laboratório de Anatomia e Fisiologia Vegetal, em especial (**Kariny, Taysi, Carole Rosimar**) pela incalculável ajuda oferecida durante os procedimentos usuais realizados, companheirismo, paciência, momentos de descontração, incentivo e compartilhamento de técnicas e conhecimentos.

Aos inestimáveis amigos **Deivid Flavio** e **Ricardo Puziol**, pela colaboração nas análises estatísticas utilizadas no processamento dos dados desta pesquisa, pela amizade a mim devotada durante minha estadia aqui em Maringá.

Aos meus queridos pais **Ewerson** e **Teresa**, por terem sempre me apoiado nos estudos, e compartilharem comigo momentos de escolhas e conquistas.

Aos membros da banca examinadora, por prestigiarem a defesa desta tese e pelas considerações prestimosas a serem dadas para o engrandecimento da obra.

Muito obrigado!

## EPÍGRAFE

Se não houver frutos?  
Valeu pela beleza das flores!  
E, se não houver flores?  
Valeu a sombra das folhas!  
E, se não houver folhas?  
VALEU A INTENÇÃO DA SEMENTE

(Henfil)

## Germinação e padrão morfofuncional de sementes e plântulas de espécies da Floresta Estacional Semidecidual

### RESUMO

Entre as diversas tipologias florestais presentes na região Sul do Brasil, destaca-se a Floresta Estacional Semidecidual, concentrando-se especificamente nas regiões Norte e Noroeste do Paraná. Esta fitofisionomia foi intensamente devastada, restando poucos remanescentes preservados, dentre os quais se destaca o fragmento da Estação Ecológica do Caiuá. Pode-se considerar que as florestas tropicais são constituídas por uma ampla diversidade de espécies vegetais, que apresentam estratégias morfológicas e funcionais diferenciadas, as quais estão diretamente relacionadas com respectivas vias de estabelecimento das plantas no ambiente. Portanto, o estudo da morfofuncionalidade de sementes e plântulas permite um melhor entendimento da dinâmica do ecossistema e das interações planta-ambiente. Dessa maneira, este estudo teve como objetivos: a) Avaliar as características morfofuncionais de sementes e das plântulas e estabelecer as relações entre os morfotipos funcionais e os parâmetros biométricos com o potencial de germinação e emergência; b) Comparar os efeitos da intensidade luminosa sobre o processo de emergência das plântulas, bem como analisar a influência da luz na anatomia dos primeiros eofilos em expansão. Os materiais botânicos coletados (frutos e sementes) de nove espécies nativas foram selecionados de forma aleatória para a realização da biometria, avaliação da biomassa e caracterização morfológica. Posteriormente, amostras de sementes foram destinadas para testes de germinação em câmaras do tipo BOD sob fotoperíodo 12h, e para a obtenção das plântulas, em casa de vegetação, sob condição a pleno sol e sombreamento a 80%. Na fase de emergência das plântulas foram verificados os morfotipos funcionais, a mensuração do comprimento radicular e da parte aérea, além da extração dos eofilos para análise anatômica quantitativa. Verificou-se nas sementes da maioria das espécies, formatos variados de contorno circunferencial, coloração uniforme no estágio maduro, consistência tegumentar variada, dois tipos de síndromes de dispersão (anemocoria e a zoocoria) e três padrões morfofuncionais nas plântulas em desenvolvimento (cripto-hipogeia-armazenadora; fanero-epigeia-armazenadora e fanero-epigeia-foliácea). As espécies portadoras de cotilédones foliáceo-fotossintetizantes apresentaram médias superiores na porcentagem e no índice de velocidade de germinação, e menor variabilidade e amplitude de dias para a emergência cotiledonar e dos eofilos. Por outro lado, as espécies com estrutura cotiledonar de reserva apresentaram maiores médias na biometria e na biomassa das sementes. Pode-se afirmar que sementes desprovidas de reservas têm desenvolvimento precoce em função da luminosidade, sendo compatível ao comportamento de plantas pioneiras, enquanto que sementes com reserva nutricional tendem a ter desenvolvimento mais lento e permanecer no estágio de plântula por maior tempo. As plântulas cultivadas a pleno sol apresentaram maiores médias no comprimento radicular, enquanto que as plântulas cultivadas na sombra adquiriram maior tamanho na parte aérea. Em função da irradiância, as modificações ocorrentes na estrutura histológica dos eofilos mostraram-se divergentes entre as espécies, especialmente na espessura do tecido epidérmico e no número de estratos de células do parênquima esponjoso. A diferenciação mais expressiva ocorreu no parênquima paliçádico, com redução de sua espessura, através do estreitamento das células, que se mostraram menos alongadas anticlinalmente sob condição de sombreamento. Dessa forma, em condições de alta ou baixa luminosidade, mecanismos fisiológicos e bioquímicos, além de alterações morfológicas são necessários, para que a planta utilize a energia luminosa e, conseqüentemente, aperfeiçoe o



seu ganho de carbono. Diante, portanto da divergência da quantidade e da qualidade espectral da luz nas florestas tropicais, as respostas adaptativas das espécies vegetais implicam em diferenças na dimensão dos órgãos, especialmente na estruturação dos tecidos foliares, podendo-se inferir que essas modificações implicam no potencial de plasticidade das espécies.

**Palavras-chave:** Anatomia comparativa. Emergência. Germinação. Morfofuncionalidade. Plântula.

Germination and morphofunctional pattern of seeds and seedlings of species of the Semideciduous Seasonal Forest.

### ABSTRACT

Among the different forest typologies present in the Southern region of Brazil, the Semideciduous Seasonal Forest stands out, focusing specifically on the North and Northwest regions of Paraná. On the other hand, this phytophysiology was intensely devastated, leaving few remnants preserved, among which the fragment of the Ecological Station of the Caiuá. It can be considered that the tropical forests are constituted by a wide diversity of vegetal species, that present different morphological and functional strategies, which are directly related to the respective pathways of establishment of the plants in the environment. Therefore, the study of the morphofunctionality of seeds and seedlings allows a better understanding of ecosystem dynamics and plant-environment interactions. Thus, the objectives of this study were: a) To evaluate the morphofunctional characteristics of seeds and seedlings and to establish the relationships between the functional morphotypes and the biometric parameters with the germination and emergency potential; b) To compare the effects of luminous intensity on the emergence process of seedlings, as well as to analyze the influence of light on the anatomy of the first and growing eophylls. The collected botanical materials (fruits and seeds) of nine native species were randomly selected for biometry, biomass evaluation and morphological characterization. Afterwards, seed samples were used for germination tests in BOD type chambers under photoperiod 12h, and to obtain seedlings under greenhouse conditions under full sun and 80% shading. In the emergence phase of the seedlings, the functional morphotypes, the root and shoot length measurement, as well as the extraction of the eofilos were analyzed for quantitative anatomical analysis. In the seeds of most species, a variety of circumferential contours, uniform staining in the mature stage, varied integumentary consistency, two types of dispersion syndromes (anemochory and zoochory) and three morphofunctional patterns in developing seedlings (crypto-hypogeum-storers, phanero-epigeal-storers and phoreo-epigeal-foliaceous). The species bearing foliaceous photosynthetic cotyledons presented higher averages in the percentage and in the rate of germination, and less variability and amplitude of days for the cotyledonary and eophilic emergence. On the other hand, species with a cotyledon reserve structure showed higher averages in biometrics and seed biomass. It can be affirmed that seeds devoid of reserves have early development due to luminosity, being compatible with the behavior of pioneer plants, whereas seeds with nutritional reserve tend to have slower development and to remain in the seedling stage for a longer time. Seedlings grown in full sun showed higher averages in root length, while seedlings grown in the shade acquired larger size in the aerial part. Due to the irradiance, the changes in the histological structure of the eophiles showed to be divergent among the species, especially in the thickness of the epidermal tissue and in the number of strata of cells of the spongy parenchyma. The most expressive differentiation occurred in the palisade parenchyma, with a reduction of its thickness, through the

narrowing of the cells, which were less anticlinally elongated under shadowing conditions. Thus, in high or low light conditions, physiological and biochemical mechanisms, as well as morphological changes are necessary, so that the plant uses light energy and, consequently, improves its carbon gain. Therefore, due to the divergence of the quantity and spectral quality of light in tropical forests, adaptive responses of plant species imply differences in organ size, especially in the structure of foliar tissues, and it can be inferred that these modifications imply the potential of plasticity of species.

**Key-words:** Comparative anatomy. Emergency. Germination. Morphofunctionality. Seedling.

## SUMÁRIO

1. Introdução Geral .....	10
2. Referências .....	12
3. Capítulo 1 .....	14
<b>Influência dos morfotipos funcionais das sementes na dinâmica germinativa e no desenvolvimento inicial de plântulas.</b>	
3.1. Resumo e Abstract .....	16
3.2. Introdução .....	17
3.3. Material e métodos .....	19
3.4. Resultados .....	21
3.5. Discussão .....	22
3.6. Conclusões .....	25
3.7. Referências .....	26
3.8. Anexos .....	31
4. Capítulo 2 .....	37
<b>Efeito da intensidade luminosa no processo de emergência de plântulas e na estrutura anatômica de eófilos</b>	
4.1. Resumo e Abstract .....	39
4.2. Introdução .....	40
4.3. Material e métodos .....	41
4.4. Resultados .....	43
4.5. Discussão .....	46
4.6. Referências .....	51
4.7. Anexos .....	55

## 1. Introdução Geral

Entre os diversos biomas de Mata Atlântica presentes na região Sul do Brasil, destaca-se a Floresta Estacional Semidecidual, pela sua imponente fisionomia vegetal e notória biodiversidade (RODERJAN et al., 2002) concentrando-se especificamente nas regiões Norte e Noroeste do Paraná. Devido ao desenvolvimento agropecuário e do intenso processo de urbanização, esta unidade fitogeográfica foi altamente devastada e atualmente encontra-se fragmentada, restando poucos remanescentes florestais preservados (TROPMAIR, 2011), dentre os quais se destaca a “Estação Ecológica do Caiuá”. Por sua vez, este fragmento florestal é uma unidade de conservação considerada como uma verdadeira coleção viva de espécies representativas da flora tropical, constituindo-se numa área de grande valor taxonômico e ecológico (IAP, 2005).

As florestas neotropicais são comumente formadas por uma ampla diversidade de espécies vegetais, que apresentam estratégias morfológicas e funcionais diferenciadas (DEMINICIS et al., 2009) que incluem desde o processo de dispersão e germinação de sementes, até a emergência e o estabelecimento das plântulas no ambiente. Portanto, Ressel et al. (2004) consideram o estudo da ecologia morfofuncional de sementes e plântulas, como ferramenta que permite o entendimento da dinâmica do ecossistema, especialmente no sentido de compreender as funções das estruturas morfológicas relacionadas ao desenvolvimento e estabelecimento das plantas no ambiente.

Nos últimos anos, têm sido alvo de pesquisas, os mecanismos de propagação e sobrevivência de espécies florestais nativas do Brasil, tanto para o entendimento ecofisiológico, que possibilita compreender o comportamento das espécies em condições naturais, quanto para a produção tecnicificada das mudas (YANG et al., 2008). Dessa forma, Lopes et al. (2012) consideram que os estudos do comportamento germinativo de sementes, bem como das fases iniciais de desenvolvimento da planta, são fundamentais em programas de preservação, manejo e recomposição de áreas degradadas.

A fase inicial do ciclo biológico das plantas provém do sucesso germinativo das sementes, que se constitui num conjunto de processos fisiológicos ocorrentes no embrião, que, se inicia na embebição e culmina na protrusão da raiz primária (FERREIRA; BORGHETTI, 2004). Por sua vez, a fase de “plântula”, se estende desde a germinação das sementes ou diásporos até a completa expansão dos eofilos (SOUZA, 2009). Para Moraes-Neto et al. (2000), o período inicial de desenvolvimento da planta é totalmente dependente de diversos fatores abióticos, sendo a luminosidade, um regulador de alta potencialidade que

exerce controle na germinação e no estabelecimento da plântula. Em função disso, Swaine e Whitmore (1988) retrataram a divisão das espécies vegetais em duas guildas ecológicas distintas: pioneiras e não-pioneiras. Khurana et al. (2006) e Rees et al. (2010), consideram que espécies pioneiras são as que germinam e se desenvolvem em ambientes abertos, com grande quantidade de luz, cujas plântulas são dependentes do processo fotossintético e tendem a ter desenvolvimento relativamente rápido. As espécies consideradas como não-pioneiras, por sua vez, correspondem àquelas cujas sementes e plântulas podem germinar e estabelecer-se na sombra, sendo denominadas “secundárias”, tendo desenvolvimento mais lento e dependente das reservas presentes nas sementes.

A quantidade e a qualidade espectral da luz são distintas nas diferentes situações das florestas tropicais (ZAI; TAKAKI, 1998). Por conta disso, as respostas adaptativas das espécies vegetais implicam em diferenças morfofuncionais, especialmente na dimensão dos órgãos, alocação de biomassa e na composição dos tecidos foliares (GARWOOD, 1996). Assim, Scalon et al. (2002) consideram que tais informações geram conhecimento sobre a auto-ecologia das espécies, uma vez que determinam o potencial de crescimento, de distribuição e a capacidade competitiva em diferentes condições ambientais.

Diante, do quadro de devastação, da carência de informações sobre a dinâmica de espécies nativas, bem como o fortalecimento da importância ecológica das plantas para a manutenção da biodiversidade (VERES, 2012) os estudos ecofisiológicos precisam ser viabilizados, tendo em vista a obtenção do conhecimento das características morfofuncionais relacionadas à dispersão e ao estabelecimento das plântulas, levando-se em conta a relevância dos processos de germinação e emergência e suas interações com os fatores abióticos.

## 2. Referências

- DEMINICIS, B. B.; VIEIRA, H. D.; ARAUJO, S.A.C., JARDIM, J. G.; PÁDUA, F. T.; CHAMBELA-NETO, A. Dispersão natural de sementes: importância, classificação e sua dinâmica nas pastagens tropicais. **Archivos de Zootecnia**. Marechal Cândido Rondon, v. 58, n.1, p.35-58, 2009.
- FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Editora Artmed, 2004.
- GARWOOD, M. D. Functional morphology of tropical tree seedlings. In: SWAINE, M. D. (Org.). **Ecology of tropical forest tree seedlings**. Paris: Unesco/ Parthenon, 1996. p. 59-119.
- IAP – INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ. **Plano de manejo da Estação ecológica do Caiuá**. Curitiba: IAP/DIBAP, 2005, 154p.
- KHURANA, E.; SAGAR, R.; SINGHI, J. S. Seed size: a key trait determining species distribution and diversity of dry tropical forest in northern India. **Acta Oecologica**. Varanasi, v. 29, n.1, p. 196-204, 2006.
- LOPES, A.; ROSA-OSMAN, S.M.; PIEDADE, M.T.F. Caracterização morfológica das plântulas de cinco espécies arbóreas da floresta estacional semidecidual, Brasil. **Revista Floresta**. Curitiba, v. 42, n. 1, p. 105-114, 2012.
- MORAES-NETO, S. P.; GONÇALVES, J. L. M.; TAKAKI, M.; CENSI, S. GONÇALVES, J. C. Crescimento de mudas de algumas espécies arbóreas que ocorrem na Mata Atlântica, em função do nível de luminosidade. **Revista Árvore**. Viçosa, v.24, n.1, p.35-45, 2000.
- REES, M.; CONDIT, R.; CRAWLEY, M.; PACALA, S.; TILMAN, D. Long-term studies of vegetation dynamics. **Science**. Washington, v. 293, p. 650-655, 2010.
- RESSEL, K.; GUILHERME, F. A. G.; SCHIAVINI, I.; OLIVEIRA, P. E. Ecologia morfofuncional de plântulas de espécies arbóreas da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Botânica**. São Paulo, v. 27, p. 311-323, 2004.
- RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACH, G. G. As regiões fitogeográficas do Estado do Paraná. **Revista Ciência e Ambiente**. Santa Maria, v. 24, p. 75-92, 2002.
- SCALON, S. P. Q.; MUSSURY, M.R.; RIGONI, M.R; VERALDO, F. Crescimento inicial de mudas de espécies florestais nativas sob diferentes níveis de sombreamento. **Revista Árvore**. Viçosa, v.26, n.1, p.1-5, 2002.
- SOUZA, L. A. **Sementes e plântulas: germinação, estrutura e adaptação**. Ponta Grossa: Editora Todapalavra, 2009.

SWAINE, M. D.; WHITMORE, T. C. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. **Vegetatio**. Dordrecht, v. 75, p. 81-86, 1988.

TROPPEMAIR, H. Perfil fitoecológico do Estado do Paraná. **Boletim de Geografia**. Maringá, v. 8, n. 1, p. 67-68, 2011.

VERES, Q. J.I. **Fitossociologia, dinâmica e biomassa de um fragmento da floresta estacional semidecidual/Paraná**. Irati: UNICENTRO, 2012. 99 p. Dissertação (Mestrado) Programa em Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, 2012.

YANG, Q. H.; WEI, X.; ZENG, Z. L.; YE, W. H.; YIN, X. J.; ZHANG-MING, W.; JIANG, Y. S. Seed biology and germination ecophysiology of *Camellia nitidissima*. **Forest Ecology and Management**. Amsterdam, v. 255, p. 113-118, 2008.

ZAIA, J.E.; TAKAKI, M. Estudo da germinação de sementes de espécies arbóreas pioneiras: *Tibouchina pulchra* Cogn. e *Tibouchina granulosa* Cogn. (Melastomataceae). **Acta Botanica Brasilica**. Belo Horizonte, v.12, n.3, p.221-229, 1998.

## **CAPÍTULO 1**

### **Influência dos morfotipos funcionais das sementes na dinâmica germinativa e no desenvolvimento inicial de plântulas**

Artigo elaborado e formatado conforme as normas para publicação científica no periódico **Árvore** (Journal of Brazilian Forest Science).



Influência dos morfotipos funcionais das sementes na dinâmica germinativa e no desenvolvimento inicial de plântulas

**Anderson Polli<sup>1,3</sup>; Lindamir Hernandez Pastorini<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Biologia Comparada, Universidade Estadual de Maringá/UEM

<sup>2</sup> Universidade Estadual de Maringá/UEM, Centro de Ciências Biológicas, Departamento de Biologia.

<sup>3</sup> Endereço para correspondência: [anderson\\_pol25@hotmail.com](mailto:anderson_pol25@hotmail.com)

## INFLUÊNCIA DOS MORFOTIPOS FUNCIONAIS DAS SEMENTES NA DINÂMICA GERMINATIVA E NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS

**Resumo:** Com objetivo de comparar características morfofuncionais relacionadas à dispersão e ao estabelecimento de espécies vegetais, avaliou-se a biometria e a biomassa de sementes, bem como o potencial de germinação e a emergência de plântulas em oito espécies nativas da Floresta Estacional Semidecidual. Para obtenção das médias da biometria e da biomassa, foram utilizadas 100 sementes por espécie, com uso do paquímetro digital e da balança de precisão. Por meio de observações a olho nu e com auxílio de microscopia, identificaram-se características morfológicas relacionadas ao tipo de dispersão. Posteriormente, as sementes foram submetidas a teste de germinação em câmaras do tipo BOD sob temperatura constante e fotoperíodo 12h, e também semeadas em bandejas de isopor contendo substrato orgânico e areia, sendo cultivadas sob luz solar. Os dados da germinação e da emergência foram submetidos à análise de agrupamento, de acordo com o morfotipo funcional. Verificou-se que, a maioria das sementes avaliadas apresentou aspecto morfológico circunferencial, coloração uniforme no estágio maduro, consistência tegumentar variada, dois tipos de síndromes de dispersão (anemocoria e a zoocoria), e três padrões morfofuncionais nas plântulas em desenvolvimento (cripto-hipogeia-armazenadora; fanero-epigeia-armazenadora e fanero-epigeia-foliácea). As espécies que integraram o grupo I (*A. niopoides*, *C. fissilis*, *P. nitens* e *R. ferox*) são portadoras de cotilédones foliáceo-fotossintetizantes, e o grupo II (*C. canjerana*, *E. pyriformis*, *I. laurina* e *P. parviflora*) com estrutura cotiledonar de reserva. As espécies do grupo I apresentaram médias superiores na porcentagem e no índice de velocidade de germinação, e menor variabilidade e amplitude de dias para a emergência cotiledonar e dos eofilos. Por outro lado, as espécies do grupo II apresentaram maiores médias na biometria e na biomassa das sementes. Concluiu-se que sementes desprovidas de reservas (grupo I) têm desenvolvimento precoce em função da luminosidade, sendo compatível ao comportamento de plantas pioneiras, enquanto que sementes com reserva (grupo II) tendem a ter desenvolvimento mais lento e permanecer no estágio de plântula por maior tempo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cotilédone; Emergência; Germinação; Morfofuncionalidade.

## INFLUENCE OF SEEDMORPHOTYPES ON GERMINATIONDYNAMICS AND INITIAL SEEDLINGDEVELOPMENT

**Abstract:** In order to compare morphofunctional characteristics related to dispersion and establishment of plant species, biometry and seed biomass were evaluated, as well as germination potential and seedling emergence in eight native species of the Semideciduous Seasonal Forest. To obtain the means of biometry and biomass, 100 seeds per species were used, using the digital caliper and the precision scale. By means of observations to the naked eye and with the aid of microscopy, morphological characteristics related to the type of dispersion were identified. Afterwards, the seeds were submitted to germination test in BOD type chambers under constant temperature and photoperiod 12h, and also sown in styrofoam trays containing organic substrate and sand, being cultivated under sunlight. The data from germination and emergence was submitted to cluster analysis, according to the functional morphotype. It was verified that the majority of the evaluated seeds had a circumferential morphological aspect, uniform staining in the mature stage, varied integument consistency, two types of dispersion syndromes (anemochory and zoochory), and three morphofunctional patterns in the developing seedlings (crypto-hypogeum-storers, phanero-epigeal-storers and phoreo-epigeal-foliaceous). The species belonging to group I (*A. niopoides*, *C. fissilis*,

*P. nitens* and *R. ferox*) are carriers of foliaceous photosynthetic cotyledons and group II (*C. canjerana*, *E. pyriformis*, *I. laurina* and *P. parviflora*) with a cotyledon reserve structure. The species of group I had superior means in the percentage and in the rate of germination, and less variability and amplitude of days for the cotyledonary emergency and of the eophylls. On the other hand, the species of group II showed higher averages in the biometry and seed biomass. It was concluded that seedlings lacking reserves (Group I) have early development as a function of luminosity, being compatible with the behavior of pioneer plants, while seed with reservation (Group II) tend to have slower development and remain in the seedling stage by time.

**KEY-WORDS:** Cotyledon; Emergency; Germination; Morphofunctionality.

## 1. INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica é um dos biomas brasileiros que se destacam por abrigar alta taxa da biodiversidade tropical, porém, por intervenção antrópica, constitui-se num dos ecossistemas mais ameaçados de extinção (RIBEIRO et al., 2009). Atualmente, estima-se que a maior parte desse conjunto florestal esteja reduzida a remanescentes fragmentados, sendo essa condição, notoriamente destacada para a fitofisionomia da Floresta Estacional Semidecidual (TROPPEMAIR, 2011), também conhecida como “Floresta Atlântica do Interior”. Assim, conhecer e entender a dinâmica ecológica da disseminação vegetal desse bioma pode colaborar para o manejo e para a conservação das espécies nativas.

Um dos maiores remanescentes da Floresta Estacional Semidecidual é a Unidade de Conservação (UC), Estação Ecológica do Caiuá (EEC), localizada no município de Diamante do Norte, região Noroeste do Estado do Paraná, criada em 1994 com o objetivo de resguardar parte do ecossistema da região. A EEC pertence à Bacia Hidrográfica do Baixo Rio Paranapanema, com parte da área ocupando as margens do Reservatório da Usina Hidroelétrica de Rosana (UHE Rosana), com grande diversidade de flora e fauna (IAP, 2009).

As estratégias funcionais utilizadas pelas plantas, desde o processo de dispersão, germinação até o estabelecimento das plântulas, contribuem para a manutenção da diversidade biológica e a regeneração natural das florestas (LOPES et al., 2012). Nesse contexto, Cosmo et al. (2010) consideram relevante o estudo da morfofuncionalidade de sementes e de plântulas para o entendimento das adaptações vegetais ao ambiente e para a continuidade da sobrevivência das espécies.

Após o evento dispersivo, a formação de uma nova planta, depende do sucesso germinativo das sementes (FERREIRA e BORGHETTI, 2004). Por sua vez, o processo de germinação é dependente de diversos fatores extrínsecos e intrínsecos, os quais atuam isoladamente ou em conjunto (CARDOSO, 2004), considerando-se a sensibilidade

específica de cada espécie. Dessa forma, os estudos de natureza morfológica, de biometria e biomassa de sementes, têm sido alvo de diversos estudos, dentre os quais se destacam os trabalhos de: Geritz et al. (1999); Coomes e Grubb (2003); Silvertown e Bullock (2003); Bezerra et al. (2004); Alves et al.(2005a); Paoli (2006); Oliveira (2008); Andrade et al. (2010); Pereira et al. (2011) e Dresch et al. (2013) consideram que tais fatores influenciam nas síndromes de dispersão, no processo germinativo e na dinâmica de desenvolvimento das plântulas no ambiente.

As plântulas podem ser classificadas de acordo com a posição e função dos cotilédones, sendo essas características essenciais para o êxito no seu estabelecimento no ambiente (Matos e Landim, 2016). Assim, as plântulas que apresentam cotilédones expostos após a germinação são chamadas fanerocotiledonares, enquanto as que apresentam os cotilédones ocultos após a germinação são ditas criptocotiledonares (Duke, 1965). Considerando a posição da estrutura cotiledonar, as plântulas que elevam os cotilédones acima do nível do solo são ditas epigeias, enquanto que as plântulas que mantêm os cotilédones no mesmo nível ou abaixo do nível do solo são ditas hipogeias (NG, 1978). Entretanto, Garwood (1996) sugeriu cinco tipos funcionais, classificando as plântulas em fanerocotiledonar epigeal com cotilédones foliáceos (PEF), fanerocotiledonar epigeal com cotilédones de reserva (PER), fanerocotiledonar hipogeal com cotilédones de reserva (FHR), criptocotiledonar hipogeal com cotilédones de reserva (CHR) e criptocotiledonar epigeal com cotilédones de reserva (CER). A classificação sugerida por Garwood (1996) tem sido empregada por diversos autores no estudo morfofuncional de espécies arbóreas tropicais, como os trabalhos realizados por Ibarra-Manríquez et al. (2001), Gurgel et al. (2012), Alves et al. (2013) e Lobo et al. (2014).

As espécies arbóreas tropicais exibem alta variabilidade com relação às características morfofuncionais das sementes (GARWOOD, 1996), uma vez que a ausência ou a presença de reservas energéticas determinam a funcionalidade cotiledonar, que consequentemente afetam o estabelecimento das plântulas (MELO et al., 2004). Além disso, os morfotipos seminais influenciam diretamente na dinâmica sucessional das espécies, pois segundo Cruz e Carvalho (2003) podem-se identificar padrões morfofuncionais diferenciados. Nesse sentido, torna-se necessária a ampliação de estudos que contemplem informações silviculturais de espécies florestais nativas, pois segundo Sanquetta et al. (2003) o manejo racional em função do interesse científico, social e econômico é subordinado ao conhecimento da capacidade regenerativa e produtiva das florestas. Portanto, este estudo objetivou avaliar características morfofuncionais de sementes e plântulas em oito espécies

arbóreas da Floresta Estacional Semidecidual, e estabelecer relação entre os morfotipos funcionais e os parâmetros biométricos com o potencial de germinação das sementes e emergência das plântulas.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Área de coleta e identificação do material botânico

A coleta de frutos e sementes, das espécies utilizadas nos experimentos, ocorreu na Estação Ecológica do Caiuá (52°49' a 52°53'W e 22°34'a 22°37' S), localizada em Diamante do Norte, Paraná, Brasil. Esta área apresenta clima do tipo Cfa-mesotérmico sem períodos de estiagem e chuvas prolongadas, com baixas temperaturas no inverno e verões quentes (MAACK, 2012), cuja vegetação encontra-se sob o domínio da Mata Atlântica e na fitofisionomia da Floresta Estacional Semidecidual, em solos areníticos distróficos (IAP, 2009).

Os materiais vegetais das espécies analisadas foram coletados de diversas árvores matrizes em trechos de cobertura florestal preservada, da Estação Ecológica do Caiuá, sendo que a escolha das espécies ocorreu de forma aleatória, de acordo com a disponibilidade de sementes suficientes para a avaliação morfológica, biométrica e bioensaios de germinação. Foram selecionados alguns ramos para montagem de exsicatas, as quais estão depositadas no Herbário da Universidade Estadual de Maringá (HUEM) e no Herbário do Nupélia (HNUP) de acordo com os registros dispostos na Tabela 1.

**Tabela 1:** Listagem das espécies avaliadas

<b>Espécies</b>	<b>Nome vulgar</b>	<b>Família</b>	<b>Nº de registro</b>
<i>Albizia niopoides</i> (Spruce ex Bentham) Burkart	Farinha seca	Fabaceae	23.117
<i>Cabralea canjerana</i> (Vellozo) Martius	Canjerana	Meliaceae	26.307
<i>Cedrela fissilis</i> Vellozo	Cedro rosa	Meliaceae	19.812
<i>Eugenia pyriformis</i> Cambessédes	Uvaia	Myrtaceae	22.508
<i>Inga laurina</i> (Swartz) Willdenow	Ingá mirim	Fabaceae	14.555
<i>Poecilanthe parviflora</i> Bentham	Coração de negro	Fabaceae	23.226
<i>Pterogyne nitens</i> Tuslane	Amendoim bravo	Fabaceae	23.321
<i>Randia ferox</i> (Chamisso e Schlechtendal) D.C	Limãozinho do mato	Rubiaceae	23.420

## **2.2. Avaliação morfológica, biométrica e da biomassa das sementes**

O estudo da morfologia externa das sementes foi realizado a olho nu, e também com o uso do microscópio estereoscópico Leica ICC50 com câmera digital acoplada. Como apoio para a classificação e diagnóstico de estruturas presentes nas amostras de sementes, foram consultada obras de Corner (1976), Barroso et al. (1999), Souza (2006) e Gonçalves e Lorenzi (2007).

Para a avaliação biométrica, foram mensuradas as dimensões de comprimento e diâmetro de 100 unidades de sementes de cada espécie, escolhidas de forma aleatória, com o auxílio de paquímetro digital (0,1 mm). Considerou-se, como comprimento, a região compreendida entre a porção basal e a apical, e como o diâmetro, a linha equatorial. Além disso, a biomassa fresca foi determinada por meio da balança analítica de precisão (0,01 g), sendo utilizadas 25 sementes, com quatro lotes de repetição. O cálculo das médias e dos coeficientes de variação foi analisado pelo software R (versão 2016) e a diferença estatística entre os grupos de plantas obtidos pelo teste de Tukey ( $\alpha = 5\%$ ).

## **2.3. Avaliação dos bioensaios de germinação e do crescimento inicial de plântulas**

As sementes foram levadas ao Laboratório experimental de Fisiologia Vegetal da Universidade Estadual de Maringá (UEM), onde inicialmente, foram submetidas ao processo de desinfestação, com uso de solução de hipoclorito de sódio comercial na concentração de 50% e, posteriormente, colocadas em água destilada, com agitação manual, segundo as indicações de Brasil (2009).

Para os bioensaios de germinação, foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes, totalizando 100 unidades amostrais para cada espécie avaliada. As sementes foram colocadas em placas de Petri contendo dois discos de papel filtro umedecidos com água destilada, e mantida em câmara de germinação (BOD), sob temperatura constante de 25°C e em condição de fotoperíodo 12h. A avaliação da germinação ocorreu a cada 24 horas e ao final foi obtido a porcentagem de germinação (PG), o índice de velocidade de germinação (IVG) e o tempo médio de germinação (TMG), de acordo com Maguire (1962) e Ferreira e Borghetti (2004).

Para obtenção das plântulas, 100 unidades de sementes de cada espécie, foram semeadas em bandejas de isopor, contendo areia de média granulometria e fertilizante orgânico Provaso, como substrato, na proporção de 2:1 respectivamente. A semeadura foi conduzida em casa de vegetação, sob condição de luz e com regas manuais e periódicas. Após a emergência das plântulas, foi verificada visualmente a tipologia funcional da estrutura cotiledonar, baseado nos estudos de Souza (2009). Além disso, foi calculado o

número médio de dias para a expansão das folhas cotiledonares e do primeiro par de eófilos de acordo com Vieira e Carvalho (1994).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de agrupamento, de acordo com o morfotipo funcional das sementes em processo de emergência das plântulas, conforme sugerido por Garwood (1996). O grupo I foi composto por espécies com estrutura cotiledonar foliácea, enquanto que o grupo II por espécies providas de cotilédones carnosos de reserva. A comparação de médias entre os dois grupos estabelecidos foi analisada pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

### 3. RESULTADOS

As formas de dispersão foram associadas à estrutura morfológica e funcional exibida nos diásporos, sendo verificada a ocorrência de deiscência por fenda longitudinal nos legumes secos e deiscentes de *A. niopoides* e *P. parviflora* (Figura 1A e B), a presença de alas membranáceas nas sementes de *C. fissilis* (Figura 2G) e nas sâmaras de *P. nitens* (Figura 1C), drupa carnosa e suculenta em *E. pyriformis* (Figura 1D), sarcotesta nas sementes de *C. canjerana* (Figura 2E) e de *I. laurina* (Figura 1E) e massa arilóide envolvendo as sementes de *R. ferox* (Figura 1F).

Das oito espécies avaliadas, seis exibiram formatos de contorno circunferencial em suas sementes (Figura 2A, B, C, D, E, F), com exceção de *C. fissilis*, cujas sementes são achatadas e de extremidades afiladas (Figura 2G) e *R. ferox* com extremidades triangulares (Figura 2H), além de apresentarem coloração uniforme em suas superfícies no estágio maduro. A consistência tegumentar das sementes e os caracteres morfológicos dos frutos foram variados entre as espécies (Tabela 2).

A maioria das espécies avaliadas apresentaram plântulas fanerocotiledonares e epigeias, com exceção da *E. pyriformis*, que é criptocotiledonar e hipogeia. Identificaram-se três padrões morfofuncionais nas plântulas em desenvolvimento, que foram reunidas em dois grupos (grupo I e grupo II) considerando a consistência do cotilédone. Assim, as espécies *A. niopoides*, *C. fissilis*, *P. nitens* e *R. ferox* (fanero-epigeia-foliáceas) (Figura 3A, B, C e D), compuseram o grupo I, enquanto *E. pyriformis* (cripto-hipogeia-armazenadora) (Figura 3E); *P. parviflora*, *I. laurina* e *C. canjerana* (fanero-epigeia-armazenadoras) (Figura 3F, G e H), integraram o grupo II.

As análises comparativas entre os dados de biometria e de biomassa das sementes (Tabela 3) permitiram inferir que as sementes portadoras de tecidos de reserva (grupo II) apresentaram médias relativamente maiores de biomassa (10,18 g) e de biometria (12,6 mm para o comprimento e 9,5 mm para o diâmetro), quando comparada às sementes que

possuem pouca ou nenhuma reserva (grupo I), as quais obtiveram médias em torno de 1,30 g de biomassa, 8,5 mm de comprimento e 5,4 mm de diâmetro.

A porcentagem de germinabilidade demonstrada em *A. niopoides*, *C. fissilis*, *I. laurina*, *P. nitens* e *R. ferox* foi significativamente superior às médias de germinação demonstradas em *C. canjerana*, *E. pyriformis* e *P. parviflora*, que, por sua vez, podem ser consideradas baixas, atingindo médias de 56%, 20% e 46% respectivamente. Ainda, pode-se constatar que houve maior tempo médio para iniciar o processo de germinação em *A. niopoides*, *C. canjerana*, *E. pyriformis* e *P. parviflora*, quando comparada às outras espécies avaliadas. Por sua vez, o índice de velocidade de germinação foi proporcional à germinabilidade (Tabela 4).

Em relação às médias obtidas das variáveis analisadas no processo de germinação das sementes, houve diferença significativa na proporção e na velocidade de germinação entre os grupos de plantas. As espécies que compuseram o grupo I obtiveram média relativamente maior na porcentagem de germinação (PG) e no índice de velocidade de germinação (IVG), quando comparada às médias obtidas pelas sementes das espécies do grupo II. Já em relação ao tempo médio de germinação (TMG), não houve diferença significativa entre os grupos de plantas (Tabela 5).

No processo de emergência dos cotilédones e dos eofilos, verificou-se que as espécies do grupo I apresentaram menor média de dias para a sua expansão, quando comparada às médias obtidas pelas espécies do grupo II (Tabela 5), ou seja, cotilédones foliáceos emergem mais precocemente e sua expansão se dá de forma mais homogênea. Evidenciou-se na amostragem que *A. niopoides*, *C. fissilis*, *P. nitens* e *R. ferox* (grupo I) apresentaram amplitude de 12 dias para a emergência dos cotilédones e 18 dias para a expansão completa dos eofilos, enquanto que *C. canjerana*, *E. pyriformis*, *I. laurina* e *P. parviflora* (grupo II) levaram 20 dias para a emergência cotiledonar e 35 dias para a expansão dos eofilos.

#### **4. DISCUSSÃO**

Nos diásporos tipicamente anemocóricos, a deiscência longitudinal em frutos secos, associados à presença de alas membranáceas, como ocorrente nas sementes de *C. fissilis* e nas sâmaras de *P. nitens*, facilitam a atuação do vento como elemento dispersor, como relatado por Sebben et al. (1999) para *C. fissilis* e Oliveira e Barbosa (2014) para *P. nitens*. Khurana, Sagar e Singn (2006) relataram que as plantas com síndrome de dispersão anemocórica dispersam suas sementes por grandes distâncias em relação à planta-mãe, representando vantagem para o seu estabelecimento. Bernasol e Lima-Ribeiro (2010) associam a anemocoria com o padrão de distribuição espacial aleatória, visto que as plantas



adultas disseminam suas sementes ao acaso, sem a deposição proposital em determinados ambientes. Por outro lado, nas sementes tipicamente zoocóricas, observou-se a presença de substâncias nutritivas e/ou atrativas para a dieta alimentar dos animais, como, por exemplo, suculência pericárpica, sarcotesta comestível e arilo adocicado. As sementes de *C. canjerana*, *E. pyriformis*, *I. laurina*, e *R. ferox* apresentam características que propiciam a zoocoria, o que também foi observado por Gressler et al. (2006), Leyser et al. (2009) e Leão et al. (2012). Tais estruturas são alvo de alimentação de diversas espécies da avifauna e de mamíferos, que tanto podem ingerir como regurgitar as sementes, culminando num processo de endozoocoria (DEMINICIS et al., 2009). Estima-se que a distribuição espacial das plantas zoocóricas seja de forma agregada, pois na maioria das vezes as sementes são depositadas em locais específicos, ou seja, nas proximidades dos microsítios de alimentação dos animais (BERNASOL e LIMA-RIBEIRO, 2010). Ainda, considerando as espécies com disseminação zoocórica, o formato esférico e a consistência rígida dos tegumentos seminais, verificado em *C. canjerana*, *E. Pyriformis* e em *R. ferox*, favorecem as chances de sobrevivência das plantas, pois são menos suscetíveis aos danos de mastigação e frequentemente passam mais rapidamente pelo sistema digestório dos animais (GARDENER et al., 1993).

Sementes com tegumentos enrijecidos, como ocorre em *R. ferox* e em *P. nitens*, impedem a entrada de água e gases, que dificulta a germinação, enquanto que tegumento coriáceo, verificado em *A. niopoides*, *C. canjerana*, *E. pyriformis*, *I. laurina*, *P. parviflora* e tegumento membranáceo em *C. fissilis* são mais sensíveis a difusão hídrica, culminando numa embebição embrionária mais incipiente. Portanto, Alves et al.(2005b) destacaram a importância do uso da cor e da consistência dos tegumentos seminais, como critérios de reconhecimento do ponto de maturidade fisiológica e do comportamento de embebição das sementes, uma vez que constituem-se em fatores que influenciam no processo germinativo. Assim, podem-se utilizar a coloração para manejar as sementes no período que apresentarem maior viabilidade e, superar a dormência tegumentar através da escarificação mecânica ou química (MARCOS-FILHO, 2005), ou com tratamentos de pré-embebição, como sugerido por Pivetta et al.(2007).

O tamanho e a biomassa das sementes exercem influência na quantidade produzida pela espécie (REES et al., 2010), uma vez que sementes menores são produzidas em maior quantidade e tendem a ficar dormentes, formando banco de sementes no solo, enquanto que as maiores, por serem capazes de germinar em locais sombreados e por possuírem mais reservas, tendem a formar banco de plântulas (WIESBAUER, 2008). Adicionalmente,

sementes leves correspondem às espécies de estágios iniciais de sucessão, as quais investem na maior proporção possível de unidades seminais, em detrimento de menor biomassa. Por outro lado, espécies que produzem sementes ricas em reservas nutritivas são predominantemente secundárias, com alto teor energético, o que lhes confere maior biomassa (LEDO, 2002). Assim, sementes de maior biomassa, por serem melhor nutridas durante o seu desenvolvimento, possuem embriões bem formados e com maior quantidade de reservas, sendo mais vigorosas e originando plântulas mais desenvolvidas (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012). Dessa forma, Haig e Westoby (1991) consideram que as reservas seminais possibilitam a sobrevivência por tempo maior em condições ambientais que ainda não permitam o aproveitamento dos componentes nutricionais e hídricos do solo, e também a realização do processo fotossintético.

A porcentagem e o índice de velocidade de germinação de sementes são fatores influenciados pela exposição à radiação (MELO et al., 2004). Em função disso, as espécies desprovidas de reservas, cujos cotilédones sejam de natureza foliácea, realizam o processo fotossintético mais precocemente, culminando numa germinação e crescimento rápido, representando vantagem estratégica em ambientes abertos, degradados ou em clareiras florestais (RESSEL et al., 2004). Em contrapartida, cotilédones carnosos de reserva, que é a condição presente nas espécies do grupo II, garantem energia e nutrientes para o desenvolvimento da plântula, enquanto a produção de fotossintatos é limitada (SORIANO, et al., 2011). Em função disso, *C. canjerana*, *E. piryformis*, *I. laurina* e *P. parviflora*, exibiram desenvolvimento inicial de suas plântulas de forma mais lenta, desde o processo de germinação até a expansão completa dos eofilos. Garwood (1996) considera que tais características são comuns em espécies tolerantes a sombra, uma vez que as condições ideais para a germinação e o estabelecimento das plântulas se dão em ambientes de sub-bosque, no qual a incidência de luz é limitada.

A exigência por luz para a germinação é interpretada como uma maneira da semente reconhecer uma abertura de dossel favorável ao crescimento subsequente da plântula, pois sementes com pouca ou nenhuma reserva, condição verificada nas espécies do grupo I, não podem manter, por longos períodos, o desenvolvimento da plântula em condições de sombra (KYEREH et al., 1999; SOUZA e VÁLIO, 2001). Por outro lado, as sementes das espécies do grupo II, que exibiram biomassa consideravelmente maior em suas sementes (Tabela 3), em razão da presença de reservas energéticas, outros fatores abióticos, tais como: a alternância de temperatura e o teor de umidade do solo, exercem maior influência para

sinalizar o processo de germinação do que o fator da exposição à luz (PEARSON et al., 2002).

Ressel et al. (2004), consideram que os morfotipos funcionais das sementes exercem influência no processo de estabelecimento da vegetação. Dessa forma, as diferenças morfológicas exibidas na estrutura seminal relacionam-se com a funcionalidade ecológica adaptada às variações das condições ambientais (IBARRA-MANRÍQUEZ et al., 2001). Assim, a adequação morfológica das plântulas às condições ambientais pode interferir no sucesso reprodutivo da espécie (GARWOOD, 1996). Portanto, a demanda por dados técnicos sobre a biologia das espécies nativas, especialmente sobre as condições ideais de germinação e de desenvolvimento otimizado são de extrema importância para o êxito de programas de recuperação de áreas degradadas, necessitando-se da ampliação de estudos para a compreensão da estrutura de funcionamento da dinâmica florestal.

## 5. CONCLUSÕES

O conhecimento dos padrões morfológicos e funcionais de sementes e plântulas é essencial para a análise do ciclo biológico das espécies, uma vez que são indispensáveis nos estudos de regeneração e manejo florestal, visto que permitem informações prévias sobre o potencial de germinabilidade das sementes e crescimento das plântulas, auxiliando na escolha de espécies a serem utilizadas em programas de recuperação de áreas degradadas e de conservação ecológica. Assim, espécies que produzem sementes grandes e com maior teor de biomassa tem desenvolvimento inicial lento e dependente das reservas seminais, conforme verificado em *C. canjerana*, *E. pyriformis*, *I. laurina* e *P. parviflora*, que formam banco de plântulas no solo e são apropriadas para compor o cenário florestal do sub-bosque, sendo compatível ao comportamento de plantas não-pioneiras. Em contrapartida, sementes menores são produzidas em grande quantidade e apresentam pouca biomassa, sendo desprovidas de estruturas de reserva. Essas características foram verificadas em *A. niopoides*, *C. fissilis*, *P. nitens* e *R. ferox*, cuja germinação e desenvolvimento foram otimizados em função da irradiância, sendo constatado a produção precoce de fotoassimilados no estágio de plântula. Tais espécies podem compor clareiras, bordas de florestas e ambientes abertos, onde haja alta incidência de luz, sendo compatível ao comportamento ecológico de plantas pioneiras.

## 6. REFERÊNCIAS

- ALVES, E.U.; BRUNO, R.L. A.; OLIVEIRA, A. P.; ALVES, A.U.; PAULA, R.C. Influência do tamanho e da procedência de sementes de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. sobre a germinação e vigor. **Revista Árvore**, v. 29, n. 6, p.877-885, 2005 a.
- ALVES, E.U.; SADER, R.; BRUNO, R. L. A.; ALVES, A.U. Maturação Fisiológica de Sabiá. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 27, n. 1, p.1-8, 2005 b.
- ALVES, M.C.J.L.; LIMA, P.B.; LIMA, L.F.; ZICKEL, C.S. Descrição morfológica para identificação das plântulas de nove espécies lenhosas de uma floresta de restinga. **Biota Neotropica**, v. 13, n. 3, p. 374-383, 2013.
- ANDRADE, L. A.; BRUNO, R.L.A.; OLIVEIRA, L.S.B. O.; SILVA, T.F. Aspectos biométricos de frutos e sementes, grau de umidade e superação de dormência de jatobá. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, n. 2, p. 293-299, 2010.
- BARROSO, G.M.; MORIM, M. P.; PEIXOTO, A. L; ICHASO, C.L.F. **Frutos e sementes. Morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas**. Viçosa: Editora Universidade Federal de Viçosa/UFV. 2004. 443 p.
- BERNASOL, W. P.; LIMA-RIBEIRO, M. S. Estrutura espacial e diamétrica de espécies arbóreas e seus condicionantes em um fragmento de cerrado sentido restrito no sudoeste goiano. **Hoehnea**, v. 37, n. 2, p.181-198, 2010.
- BEZERRA, A. M. E.; MOMENTÉ, V. G.; MEDEIROS FILHO, S. Germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) em função do peso da semente e do tipo de substrato. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 2, p. 295-299, 2004.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análises de sementes**. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2009.
- CARDOSO, V. J. M. **Sementes: dormência ou quiescência**. Madri: La insígnia, 2004.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: Funep, 2012.
- COOMES, D. A.; GRUBB, P.J. Colonization, tolerance, competition and seed-size variation within functional groups. **Trends in Ecology and Evolution**, v.18, n.6, p.283-291, 2003.
- CORNER, E. J. H. **The seeds of dicotyledons**. Cambridge: University Press, 1976.
- COSMO, N. L.; NOGUEIRA, A. C.; LIMA, J. G.; KUNIYOSHI, Y. S. Morfologia de fruto, semente e plântula de *Sebastiania commersoniana*/Euphorbiaceae. **Floresta**, v. 40, n. 2, p.419-428, 2010.
- CRUZ, E.D.; CARVALHO, J.E.U. Biometria de frutos e germinação de sementes de *Couratari stellata* A. C. Smith (Lecythidaceae). **Acta Amazônica**, v.33, n.3, p.381-388, 2003.

DEMINICIS, B. B.; VIEIRA, H. D.; ARAUJO, S. A. C.; JARDIM, J. G.; PÁDUA, F.T.; CHAMBELA-NETO, A. Dispersão natural de sementes: importância, classificação e sua dinâmica nas pastagens tropicais. **Archivos de Zootecnia**, v. 58, n.1, p. 35-58, 2009.

DRESCH, D. M.; SCALON, S. P. Q.; MASETTO, T. E.; VIEIRA, M.C. Germinação e vigor de sementes de gabioba em função do tamanho do fruto e semente. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.43, n.3, p.262-271, 2013.

DUKE, J.A.; Keys for the identification of seedlings of some prominent woody species in eight forest types in Puerto Rico. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, n. 52, p. 314-350, 1965.

FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Arned, 2004.

GARDENER, C. J.; MCIVOR, J. G.; JANSEN, A. Survival of seeds of tropical grassland species subjected to bovine digestion. **Journal of Applied Ecology**, v. 30, n. 1, p.75-85, 1993.

GARWOOD, M. D. Functional morphology of tropical tree seedlings. In: SWAINE, M. D. **Ecology of tropical forest tree seedlings**. Paris: Unesco/ Parthenon, 1996.p.59-129.

GERITZ, S. A.; VAN DER MEIJDEN, E.; METZ, J.A.J. Evolutionary dynamics of seed size and seedling competitive ability. **Theoretical Population Biology**, v. 55, n. 3, p.324-343, 1999.

GONÇALVES, E. G.; LORENZI, L. **Morfologia vegetal: organografia e dicionário ilustrado de morfologia de plantas vasculares**. Nova Odessa/SP: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2007.

GRESSLER, E.; PIZO, M.A.L.; MORELLATO, P.C. Polinização e dispersão de sementes em Myrtaceae do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 29, n. 4, p.509-530, 2006.

GURGEL, E.S.C.; SANTOS, J.U.M.; LUCAS, F.C.A.; BASTOS, M.N.C. Morfologia de plântulas de Leguminosae e o potencial sistemático. **Rodriguésia**, v. 63, n. 1, p. 65-73, 2012.

HAIG, D.; WESTOBY, M. Seed size, pollination casts and angiosperm success. **Evolutionary Ecology**, v. 5, n. 2, p. 231-247, 1991.

IAP – INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ. **Estação ecológica do Caiuá. Revisão do Plano de Manejo**. Curitiba: IAP/DIBAP, 2009, 258p.

IBARRA-MANRÍQUEZ, G.; RAMOS, M. M.; OYAMA, K. Seedling functional types in a lowland rain forest in Mexico. **American Journal of Botany**, v. 88, n. 1, p.1801-1812, 2001.

KHURANA, E.; SAGAR, R.; SINGH, J. S. Seed size: a key trait determining species distribution and diversity of dry tropical forest in northern India. **Acta Oecologica**, v. 29, n. 1, p.196-204, 2006.

KYEREH, B.; SWAINE, M.D.; THOMPSON, J. Effect of light on the germination of forest trees in Ghana. **Journal of Ecology**, v. 87, n. 2, p.772-783, 1999.

LEÃO, J.R.A.; LIMA, J.P.; PINTO, S.N.; PAIVA, A.V. Germinação de sementes e crescimento inicial de plântulas de ingá-mirim - *Inga laurina* (S. W.) Willd – utilizada na arborização urbana de Rio Branco, Acre. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana-REVSBAU**, v. 7, n. 3, p.11-19, 2012.

LEDO, A. S. Efeito do tamanho da semente, do substrato e pré-embebição na germinação de sementes de pupunha. **Revista Ciência Agronômica**, v. 33, n. 1, p. 29-32, 2002.

LEYSER, G.; VINISKI, M.; DONIDA, A.L.; ZANIN, E.M.; BUDKE, J.C. Espectro de dispersão em um fragmento de transição entre floresta ombrófila mista e floresta estacional na região do Alto Uruguai, Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas Botânica**, n. 60, p.355-366, 2009.

LOBO, G.A.; SANTANA, D.G.; SALOMÃO, A.N.; REHBEIN, L.S.; WIELEWICKI, A.P. A technological approach to the morphofunctional classification of seedlings of 50 Brazilian forest species. **Journal of Seed Science**, v. 36, n. 1, p.87-93, 2014.

LOPES, A.; ROSA-OSMAN, S. M.; PIEDADE, M.T.F. Caracterização morfológica das plântulas de cinco espécies arbóreas da floresta estacional semidecidual/Brasil. **Floresta**, v. 42, n. 1, p.105-114, 2012.

MAACK, R. **Geografia física do estado do Paraná**. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2012.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 1, p.176-177, 1962.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Editora FEALQ, 2005.

MATOS, I. S.; LANDIM, M. F. Ecologia morfofuncional de plântulas de 15 espécies da Floresta Atlântica Sergipana, Brasil. **Scientia Plena**, v. 12, n. 09, p.1-14, 2016.

MELO, M. G.; MENDONÇA, M. S.; MENDES, A.M. Análise morfológica de sementes, germinação e plântulas de jatobá (*Hymenaea intermedia* var. *adenothicha* (Ducke) Lee e Lang.-Leguminosae-caesalpinioideae). **Acta Amazônica**, v. 34, n. 1, p. 9-14, 2004.

NG, F.S.P. Strategies of establishment in Malay forest trees. In: **Tropical trees as living systems**. TOMLINSON, P.B.P.; ZIMMERMANN, M.H. (Eds.) London: Cambridge University Press, 1978. p. 129-162.

OLIVEIRA, D. A. Potencial germinativo de sementes de fava-d'anta (*Dimorphandra mollis* Benth. – Fabaceae: Mimosoideae) sob diferentes procedências, datas de coleta e tratamentos de escarificação. **Revista Árvore**, v. 32, n. 6, p.1001-1009, 2008.

OLIVEIRA, A.K.M.; BARBOSA, L.A. Efeitos da temperatura na germinação de sementes e na formação de plântulas de *Cedrela fissilis*. **Floresta**, v. 44, n. 3, p. 441-450, 2014.

PAOLI, A. A. S. Semente. In: SOUZA, L. A. de. (Ed.). **Anatomia do fruto e da semente**. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2006. p. 127-160.

PEARSON, T. H. R.; BURSLEMU, D.F.R.P.; MULLINS, C. E.; DALLING, J.W. Germination Ecology of neotropical pioneers: interacting effects of environmental conditions and seed size. **Ecology**, v. 83, n. 1, p. 2798-2807, 2002.

PEREIRA, S. R.; GIRALDELLI, G. R.; LAURA, V. A.; SOUZA, A. L. T. Fruit and seeds size and its influence on jatobá-do-cerrado (*Hymenae stigonocarpa* var. *stigonocarpa* Mart. ex Hayne, Leguminosae-Caesalpinioideae). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 1, p.141-148, 2011.

REES, M.; CONDIT, R; CRAWLEY, M.; PACALA, S.; TILMAN, D. Long-term studies of vegetation dynamics. **Science**, v. 293, n. 2, p. 650-655, 2010.

RESSEL, K.; GUILHERME, F. A. G.; SCHIAVINI, I.; OLIVEIRA, P. E. Ecologia morfofuncional de plântulas de espécies arbóreas da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Botânica**, v.27, n. 1, p. 311-323, 2004.

RIBEIRO, M. C. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, n. 1, p. 1141-1153, 2009.

SANQUETTA, C. R.; ZILLOTTO, M. A. B.; WATZLAWICK, L.; BALBINOT, R.; DALLA CORTE, A. P. **Estudo de viabilidade de projeto de implantação de florestas fixadoras de carbono: estudo de caso no sul do estado do Paraná**. Curitiba: Fundo Nacional do Meio Ambiente/FNMA, 2003.

SEBBENN, A.M.; SIQUEIRA, A.C.M.F.; KAGEYAMA, P.Y.; DIO JUNIOR, O.J.D. Variação genética entre e dentro de populações de amendoim - *Pterogyne nitens*. **Scientia Forestalis**, n. 56, p. 29-40, 1999.

SILVERTOWN, J.; BULLOCK, J. M. Do seedlings in gaps interact? A field test of assumptions in ESS seed size models. **Oikos**, v.101, n.3, p.499-504, 2003.

SORIANO, D.; OROZCO-SEGOVIA, A.; MARQUEZ-GUSMAN, J.; KITAJIMA, K.; GAMBOA-DE-BUEN, A.; HUANTE, P. Seed reserve composition in 19 tree species of a tropical deciduous forest in Mexico and its relationship to seed germination and seedling growth. **Annals of Botany**, v.107, n.3, p. 939-951, 2011.

SOUZA, L. A. de. **Anatomia do fruto e da semente**. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2006.

SOUZA, L.A. de. **Sementes e plântulas: germinação, estrutura e adaptação**. Ponta Grossa: Editora TodaPalavra, 2009.

SOUZA, F. H. D.; MARCOS-FILHO, J. The seed coat as a modulator of seed-environment relationships in Fabaceae. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 24, n. 4, p.1-16, 2001.

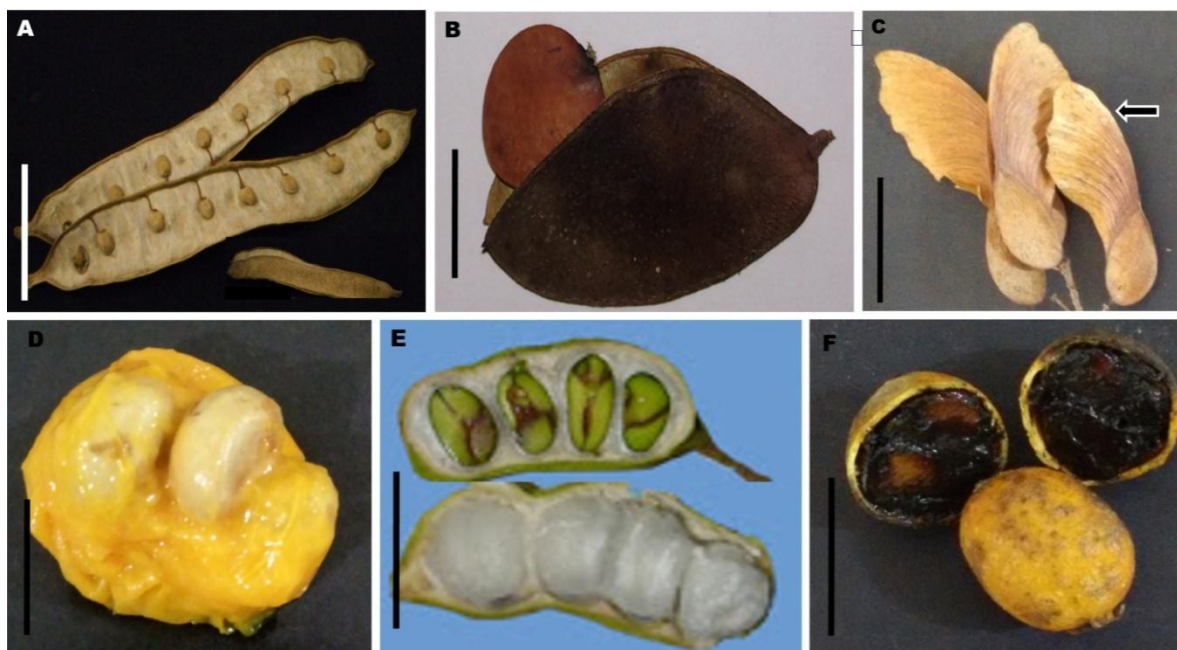
SOUZA, R. P.; VÁLIO, I. F.M. Seed size, seed germination and seedling survival of brazilian tropical tree species differing in successional status. **Biotropica**, v.33, n.1, p. 447-457, 2001.

TROPPEMAIR, H. Perfil fitoecológico do Estado do Paraná. **Boletim de Geografia**, v. 8, n. 1, p. 67-68, 2011.

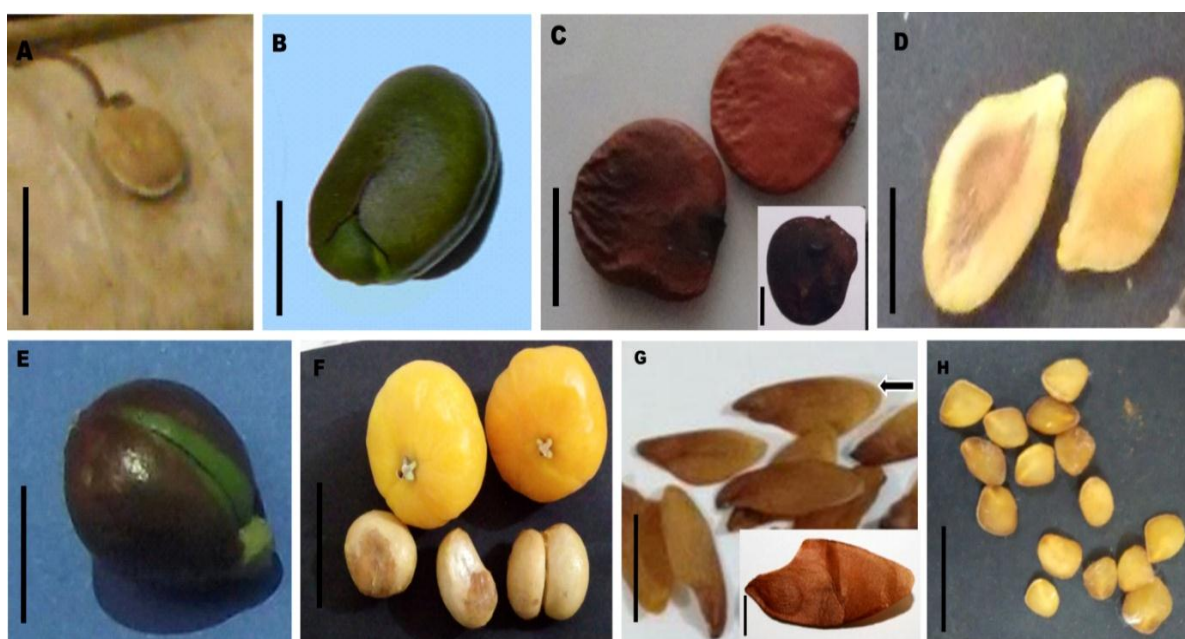
VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N.M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994.

WIESBAUER, M. B.; GIEHL, E. L. H.; JARENKOW, J. A. Padrões morfológicos de diásporos de árvores e arvoretas zoocóricas no Parque Estadual de Itapuã/RS, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v.22, n. 2, p. 425-435, 2008.

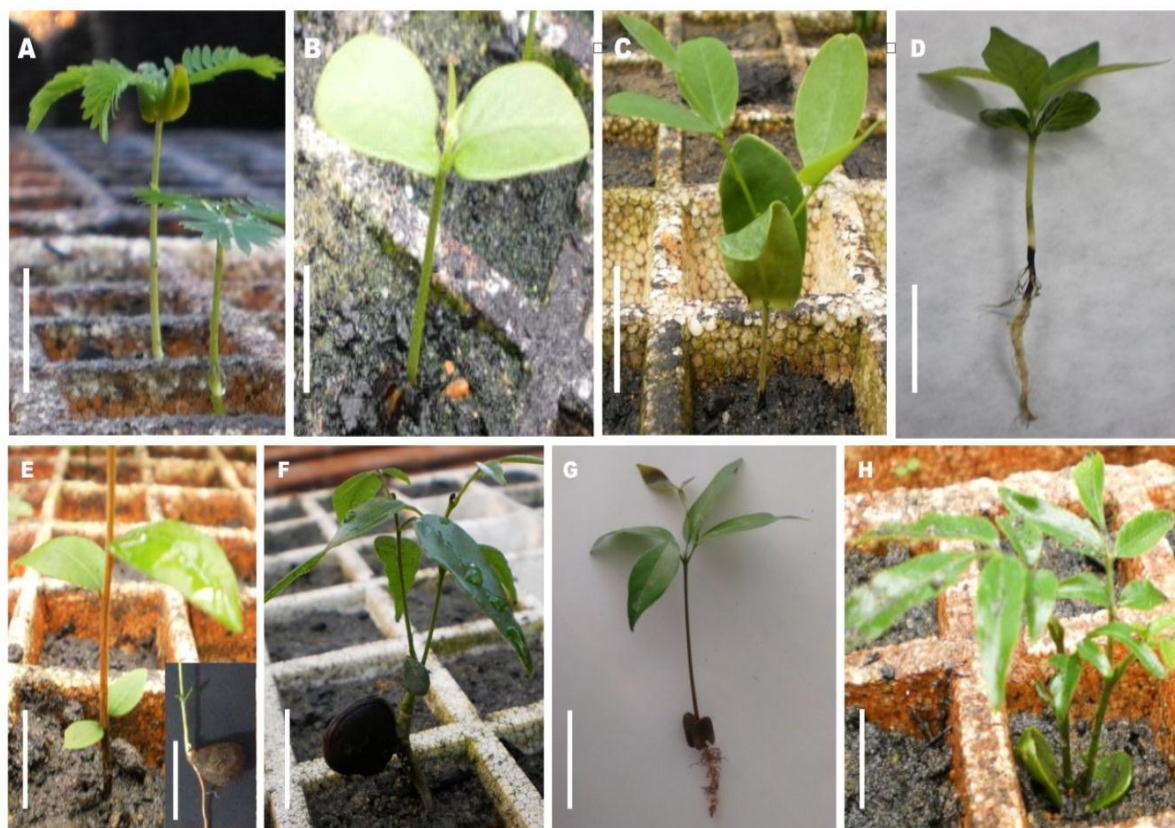




**Figura 1:** Frutos e sementes das espécies: (A) *Albizia niopoides*; (B) *Poecilanthe parviflora*; (C) *Pterogyne nitens*, em destaque fruto alado; (D) *Eugenia pyriformis*; (E) *Inga laurina*; (F) *Randia ferox*. Escala: 1 cm



**Figura 2:** Estrutura morfológica e coloração das sementes. (A) *Albizia niopoides*: ovalada e pardacenta; (B) *Inga laurina*: oblonga e alongada, verde-escura; (C) *Poecilanthe parviflora*: circular e achatada, avermelhada; (D) *Pterogyne nitens*: elíptica e acastanhada; (E) *Cabralea canjerana*: ovoides e esverdeada; (F) *Eugenia pyriformis*: arredondada e espessa, pardacenta; (G) *Cedrela fissilis*: achatada e afilada nas extremidades; (H) *Randia ferox*: discoide triangular, amarelo-dourada. Escala: 1 cm



**Figura 3:** Estrutura morfológica das plântulas em desenvolvimento. Espécies fanero-epigeia-foliáceas: *Albizia niopoides* (A); *Cedrela fissilis* (B); *Pterogyne nitens* (C); *Randia ferox* (D). Espécie cripto-hipogeia-armazenadora: *Eugenia pyriformis* (E). Espécies fanero-epigeia-armazenadoras: *Poecilanthe parviflora* (F); *Inga laurina* (G); *Cabralea canjerana* (H).

**Escala:** 1 cm

**Tabela 02:** Consistência tegumentar das sementes e classificação do fruto**Table 02:** Consistency of seed tegument and classification of the fruit

<b>Espécies</b>	<b>Consistência tegumentar</b>	<b>Fruto</b>
<i>Albizia niopoides</i>	Coriácea	Legume, Seco, Deiscente, Polispérmico
<i>Cabralea canjerana</i>	Coriácea	Cápsula, Carnoso, Deiscente, Polispérmico
<i>Cedrela fissilis</i>	Membranácea	Cápsula, Seco, Deiscente, Polispérmico
<i>Eugenia pyrifomis</i>	Coriácea	Drupa, Carnoso, Indeiscente, Polispérmico
<i>Inga laurina</i>	Coriácea	Legume, Carnoso, Indeiscente, Polispérmico
<i>Poecilanthe parviflora</i>	Coriácea	Legume, Seco, Deiscente, Monospérmico
<i>Pterogyne nitens</i>	Cartácea	Sâmara, Seco, Indeiscente, Monospérmico
<i>Randia ferox</i>	Cartácea	Baga, Carnoso, Indeiscente, Polispérmico

**Tabela 3:** Médias da biometria e da biomassa das sementes das espécies avaliadas**Table 3:** Means of biometrics and biomass of the seeds of the evaluated species

Espécie	Comprimento (mm)				Diâmetro (mm)				Biomassa fresca (g)			
	Mín.	Máx.	Média	D.p	Mín.	Máx	Média	D.p	Mín.	Máx.	Média	D.p
<i>Albizia niopoides</i>	4,5	7,3	6,32	0,44	2,8	4,9	3,86	0,41	0,87	0,96	0,93	0,04
<i>Cabralea canjerana</i>	5,8	11,5	7,82	0,98	5,4	7,9	6,55	0,5	5,43	5,66	5,58	0,1
<i>Cedrela fissilis</i>	7,3	14,3	9,5	1,2	4,4	7,3	5,79	0,61	0,98	1,12	1,06	0,1
<i>Eugenia pyriformis</i>	10,5	17	13,12	1,28	8,7	14,8	11,67	1,16	23,97	29,8	26,61	0,53
<i>Inga laurina</i>	12,2	17,7	15,34	1,13	4,4	9,7	7,14	0,97	1,85	1,98	1,91	0,06
<i>Poecilanthe parviflora</i>	12,4	17	14,43	0,97	9,8	15,3	12,82	1,04	5,99	7,08	6,62	0,47
<i>Pterogyne nitens</i>	8,6	12,4	10,96	0,76	5,2	7,2	6,17	0,43	1,57	1,73	1,63	0,07
<i>Randia ferox</i>	5,4	8,4	7,23	0,59	3,9	7,1	5,79	0,64	1,49	1,71	1,6	0,09

Valores sobrescritos: Min = Valor mínimo; Max = Valor máximo; D.p = Desvio padrão

**Tabela 4:** Médias dos dados da germinação das espécies avaliadas**Table 4:** Averages of the germination data of the evaluated species

Espécies	PG (%)				TMG (dias)				IVG			
	Mín.	Máx.	Média	D.p	Mín.	Máx.	Média	D.p	Mín.	Máx.	Média	D.p
<i>Albizia niopoides</i>	68,0	100,0	88,0	13,86	11,08	15,95	13,97	1,51	2,55	5,17	3,52	1,16
<i>Cabralea canjerana</i>	40,0	76,0	56,0	15,66	7,7	9,2	8,36	0,68	1,43	2,84	1,98	0,6
<i>Cedrela fissilis</i>	80,0	96,0	88,0	7,3	6,39	8,14	6,84	0,86	3,77	4,72	4,15	0,41
<i>Eugenia pyriformis</i>	04,0	32,0	20,0	11,77	19,5	22,6	21,11	1,43	0,04	0,39	0,24	0,15
<i>Inga laurina</i>	68,0	96,0	86,0	12,44	2,68	4,58	3,54	0,91	6,27	11,12	9,04	2,05
<i>Poecilanthe parviflora</i>	24,0	68,0	46,0	18,03	7,64	10,41	8,75	1,31	1,3	2,62	2,07	0,62
<i>Pterogyne nitens</i>	80,0	100,0	92,0	8,64	1,47	1,62	1,54	0,06	16,03	22,17	18,84	2,6
<i>Randia ferox</i>	76,0	96,0	85,0	8,7	3,13	4,73	3,96	0,81	2,52	6,51	4,87	1,82

PG = Porcentagem de germinação; TMG = Tempo médio de germinação; IVG = Índice de velocidade de germinação. Valores sobrescritos:  
 Min = Valor mínimo; Max = Valor máximo; D.p = Desvio padrão

**Tabela 5:** Médias da germinação e da emergência das espécies do Grupo I e II**Table 5:** Means of germination and emergence of the species of Group I and II

Grupos	PG (%)	TMG (dias)	IVG	Emergência cotiledonar (dias)	Expansão dos eofilos (dias)
Grupo I	88,25 a	6,50 a	7,85 a	7,95 b	13,47 b
Grupo II	52,00 b	10,44 a	3,32 b	13,8 a	26,32 a

\*Letras iguais não diferem pelo teste de Tukey a 5%.

PG = Porcentagem de germinação; TMG = Tempo médio de germinação; IVG = Índice de velocidade de germinação.

## **CAPÍTULO 2**

### **Efeito da intensidade luminosa no processo de emergência de plântulas e na estrutura anatômica de eófilos**

Artigo elaborado e formatado conforme as normas para publicação científica no periódico **Acta Botanica Brasílica.**

Efeito da intensidade luminosa no processo de emergência de plântulas e na estrutura anatômica de eófilos

**Anderson Polli<sup>1,4</sup>; Lindamir Hernandez Pastorini<sup>2</sup>; Luiz Antonio de Souza<sup>3</sup>.**

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada, Universidade Estadual de Maringá/UEM.

<sup>2-3</sup> Docentes da Universidade Estadual de Maringá/UEM, Centro de Ciências Biológicas, Departamento de Biologia.

<sup>4</sup> Endereço para correspondência: [anderson\\_pol25@hotmail.com](mailto:anderson_pol25@hotmail.com)



## Efeito da intensidade luminosa no processo de emergência de plântulas e na estrutura anatômica de eófilos

**Resumo:** A luz é um dos fatores abióticos que regula a emergência e o crescimento de plântulas, influenciando o estabelecimento das espécies no ambiente. Em função disso, este estudo objetivou comparar o efeito da luz e do sombreamento sobre o processo de emergência em plântulas de oito espécies e analisar a influência destes fatores na anatomia dos eófilos em expansão. A semeadura foi feita em bandejas contendo substrato orgânico e areia, e mantidas a pleno sol e sob sombreamento a 80%. A dinâmica de emergência foi avaliada periodicamente e amostras de plântulas e de eófilos foram extraídas para análises morfológicas e para análise anatômica quantitativa. Verificou-se três padrões morfofuncionais nas espécies em estudo, cujo morfotipo fanero-epigeia-foliácea demonstrou maior porcentagem e índice de velocidade de emergência sob condição de maior irradiância, em oposição aos morfotipos de reserva. Para a maioria das espécies foi constatado maior comprimento radicular na condição de luz e maior extensão na parte aérea na condição de sombreamento. Em função da irradiância, as modificações ocorrentes na estrutura histológica dos eófilos mostraram-se divergentes entre as espécies, especialmente na espessura do tecido epidérmico e no número de estratos de células do parênquima esponjoso. A diferenciação mais expressiva ocorreu no parênquima paliádico com redução de sua espessura, e, estreitamento das células, que se mostraram menos alongadas anticlinalmente sob condição de sombreamento. Assim, pode-se inferir que essas modificações ocorridas implicam no potencial de plasticidade das espécies, que estão vinculadas a respostas fisiológicas adaptativas às condições de irradiância do ambiente.

**PALAVRAS-CHAVE:** irradiância; morfofuncionalidade; plasticidade; sombreamento.

## Effect of light intensity on the seedling emergence process and on the anatomical structure of eophiles

**Abstract:** The light is one of the abiotic factors that regulate the emergence and growth of seedlings, influencing the establishment of species in the environment. Therefore, the objective of this study was to compare the effect of light and shading on the emergence process in seedlings of eight species, and to analyze the influence of these factors on the anatomy of the growing eophiles. The sowing was done in trays containing organic substrate and sand, and kept in full sun and under 80% shading. The dynamics of emergence were evaluated periodically and samples of seedlings and eophiles were extracted for morphometric analysis and for quantitative anatomical analysis. Three morphofunctional patterns were observed in the species under study, whose morphotype phoreo-epigeal-foliaceous showed a higher percentage and rate of emergence speed under light conditions, as opposed to the reserve morphotypes. For most species, it was observed a higher root length in the light condition and greater extension in the aerial part in the shading condition. Due to irradiance, the changes in the histological structure of the eophiles showed to be divergent among the species, especially in the thickness of the epidermal tissue and in the number of strata of cells of the spongy parenchyma. The most expressive differentiation occurred in the palisade parenchyma with a reduction of its thickness, and, narrowing of the cells, which were less anticlinally elongated under shadowing conditions. Thus, it can be inferred that these modifications occurred imply in the plasticity potential of the species, which are linked to physiological responses adaptive to the ambient irradiance conditions.

**KEY-WORDS:** irradiance; morphofunctionality; plasticity; shading.

## Introdução

A Floresta Tropical Atlântica é um dos biomas brasileiros mais ameaçados por ações predatórias antrópicas, porém ainda é considerado patrimônio ecológico nacional, visto que apresenta alta diversidade de espécies e elevadas taxas de endemismo (Varjabedian 2010). Atualmente, tem sua cobertura predominantemente composta por remanescentes de florestas secundárias, que se encontra em diferentes estágios de regeneração (Troppmair 2011).

Os ambientes em regeneração florestal são marcados pela heterogeneidade na composição estrutural e sucessional das espécies nativas, bem como na disposição dos fatores abióticos reguladores (Ceccon *et al.*, 2006). Por sua vez, a irradiância de luz constitui-se num dos mais importantes fatores reguladores, que exerce expressiva influência sobre o processo de germinação de sementes e no desenvolvimento de plântulas (Montgomery & Chazdon 2002). Assim, Whitmore (1989) considera que os diferentes níveis de intensidade de luz apresentam estreita relação com a adaptação das espécies ao processo de formação de clareiras e também na composição vegetal do sub-bosque.

Na fase inicial do ciclo biológico das plantas, a luz atua como fator sinalizador da síntese dos pigmentos fotorreceptores, que são responsáveis pela captação de sinais luminosos e pela conversão em compostos bioquímicos necessários à germinação e ao crescimento vegetal (Casal & Sánchez 1998). No entanto, o fitocromo, que é o principal pigmento fotorreceptor, tanto pode ativar ou inibir a germinação, dependendo do comprimento de onda da luz incidente (Zaidan & Barbedo 2004), mediando assim, vários aspectos-chaves no desenvolvimento vegetativo e reprodutivo das plantas. No entanto, sob condições naturais, as plantas estão expostas a um espectro de luz abrangente e é sob essas condições que o fitocromo necessita operar para regular as respostas de desenvolvimento (Chazdon *et al.*, 1996). Dessa forma, Lugo (2009) considera os fatores que promovem ou controlam a

dinâmica germinativa e o desenvolvimento das plântulas de fundamental importância para o conhecimento da faixa de ocorrência das espécies.

A maioria dos projetos de reflorestamento implementados na recuperação de áreas degradadas não tem apresentado resultados satisfatórios, especialmente devido à falta de conhecimento sobre a biologia das espécies (Barbosa 2006) e da não-adoção de critérios técnicos relacionados às diferentes situações das florestas tropicais (Batista *et al.*, 2013). Diante disso, o estudo da ecofisiologia da germinação de sementes, em resposta a exposição luminosa, pode permitir a compreensão dos mecanismos de estabelecimento das plântulas, visto que muitas espécies se estabelecem e têm seu desenvolvimento otimizado sob exigências específicas de radiação (Branca 2008). Experimentos de germinação em condições naturais têm mostrado que a luz difusa da floresta, filtrada pelo dossel, é inibidora para sementes fotossensíveis, pelo fato desta luz ser rica em vermelho-extremo (VE) (Smith 1973). Assim, a luz filtrada pelo dossel, apresentando baixa relação V/VE mantém baixo fotoequilíbrio de fitocromo, inibindo a germinação de sementes de plantas heliófilas quando se disseminam sob o dossel da floresta (Vazquez-Yanes & Orozco-Segovia 1993; Casal & Smith 1989).

Dessa forma, o objetivo deste estudo foi comparar o efeito da intensidade luminosa sobre o processo de emergência das plântulas, bem como analisar a influência destes fatores na estrutura anatômica dos primeiros eófilos em expansão.

## **Materiais e métodos**

### **Área de coleta do material botânico**

Sementes de oito espécies de plantas foram coletadas em remanescente de Floresta Estacional Semidecidual, na “Estação Ecológica do Caiuá” (52°49’ a 52°53’W e 22° 34’a 22°37’ S). Trata-se de uma unidade de conservação florestal, pertencente à Bacia Hidrográfica do baixo Rio Paranapanema, localizada no Paraná e de grande valor ecológico e

taxonômico, uma vez que funciona como coleção viva de espécies representativas da flora tropical (IAP 2009). Esta área apresenta clima do tipo Cfa-mesotérmico, úmido, sem períodos de estiagem e chuvas prolongadas, com períodos de baixa temperatura no inverno e verões quentes (Maack 2012), cuja vegetação encontra-se sob o domínio da Floresta Estacional Semidecidual e em solos areníticos distróficos (Borghi *et al.*, 2004).

Os materiais vegetais foram coletados de diversas árvores matrizes em trechos de cobertura florestal preservada, sendo selecionados alguns ramos reprodutivos para montagem de exsicatas, as quais foram devidamente identificados e depositados no Herbário da Universidade Estadual de Maringá (HUEM) e no Herbário do Nupélia (HNUP), sob registros: *Albizia niopoides* (Spruce e Bentham) Burkart, 23.117; *Cabranea canjerana* (Vellozo) Martius, 26.307; *Cedrela fissilis* Vellozo, 19.812; *Eugenia pyriformis* Cambessédes, 22.508; *Inga laurina* (Swartz) Willdenow, 14.555; *Poecilanthe parviflora* Bentham, 23.321; *Randia ferox* (Chamisso e Schlechtendal) De Candolle, 23.420 e *Ruprechtia laxiflora* Carl Meissner, 21.661.

### **Avaliação do processo de emergência das plântulas**

Para obtenção das plântulas, 100 sementes de cada espécie foram semeadas em bandejas de isopor, contendo areia de média granulometria e fertilizante orgânico Provaso, como substrato, na proporção de 2:1 respectivamente. A semeadura foi conduzida em casa de vegetação, com regas manuais e periódicas, sob duas condições de tratamento: a pleno sol e a sombreamento de 80% por meio de sombrite. O delineamento experimental empregado foi do tipo inteiramente casualizado, compreendendo quatro repetições de 25 sementes por tratamento. A emergência das plântulas foi avaliada diariamente, e considerada completa quando houve a expansão do primeiro par de eófilos. A partir das observações, foram calculados a porcentagem total, o índice de velocidade e o tempo médio de emergência, de

acordo com Maguire (1962) e Ferreira & Borghetti (2004). Todos os resultados obtidos foram comparados pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

### **Morfometria das plântulas e análise anatômica dos eofilos**

As análises morfométricas foram baseadas em 10 amostras de plântulas, por espécie e por condição de luminosidade (pleno sol e sombreamento), coletadas de forma aleatória, das quais foi mensurado o comprimento da raiz e da parte aérea (em cm), com auxílio de régua milimetrada. O estudo e o diagnóstico das características morfológicas dos cotilédones e dos eofilos foram realizados com base em observações a olho nu, e também com o uso de Lupa Leica ICC50, com câmera digital acoplada. Como apoio, para a classificação morfológica das amostras, foi consultado estudos de Souza (2003) e Souza (2009).

Para a análise anatômica comparativa foi utilizada a região mediana do primeiro par de eofilos de 10 plântulas de cada espécie, sendo cinco amostras retiradas aleatoriamente da condição de pleno sol e cinco amostras da condição de sombreamento. Posteriormente, as amostras foram fixadas em FAA 50, conservadas em etanol 70% e incluídas em historresina Leica®. As seções transversais foram obtidas em micrótomo de rotação, distendidas em lâminas e submetidas à coloração com azul de Toluidina (O'Brien *et al.*, 1964) e montadas de forma permanente, empregando-se a resina sintética (Histolan). Foram mensuradas (em  $\mu\text{m}$ ) dos eofilos: a espessura da epiderme de ambas as faces do limbo; a espessura dos tecidos paliçádico e esponjoso e a espessura total da área foliar, através do software Image-ProPlus (versão 7.0). Todos os resultados quantitativos obtidos foram submetidos e analisados no software R (versão 2016) e comparados pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. De modo a compreender as possíveis diferenças estruturais entre as espécies estudadas, os eofilos também foram analisados qualitativamente, através da captura de imagem com auxílio de câmera digital acoplada ao microscópio Leica ICC50.

## Resultados

As oito espécies de plantas avaliadas têm hábito arbóreo e são nativas de Mata Atlântica, sendo frequentemente encontradas em ambientes de Floresta Estacional Semidecidual. Verificou-se, na fase de plântula, três padrões morfofuncionais: *E. piryformis* (cripto-hipogeia-armazenadora/CHR) (Fig.1A); *P. parviflora*, *I. laurina* e *C. canjerana* (fanero-epigeia-armazenadoras/PER) (Fig. 1B, C e D); *C. fissilis*, *A. niopoides*, *R. ferox* e *R. laxiflora* (fanero-epigeia-foliáceas/PEF) (Fig. 1E, F, G e H). Contudo, alguns indivíduos de *P. parviflora* e de *I. laurina* podem apresentar concomitantemente exposição cotiledonar parcial (semi-hipogeia) ou totalmente hipogeia (Fig. 1I, J e K).

Em todas as espécies, a emergência das plântulas ocorreu tanto na condição a pleno sol, quanto na condição de sombreamento. Entretanto, a porcentagem de emergência de *A. niopoides*, *C. fissilis*, *R. ferox* e *R. laxiflora* foi maior sob maior irradiância, ao contrário das espécies *C. canjerana*, *E. piryformis*, *I. laurina* e *P. parviflora* que mostraram índices maiores sob condição de sombreamento. Em relação ao tempo médio de emergência (TME), seis das oito espécies avaliadas apresentou menor tempo médio e maior índice de velocidade de emergência (IVE) na condição de exposição à luz solar, com exceção de *E. piryformis* e *P. parviflora* (Tab.1).

Em relação ao tamanho do sistema radicular das plântulas, *C. canjerana*, *C. fissilis*, *E. piryformis*, *I. laurina*, *P. parviflora* e *R. ferox* exibiram maior comprimento na condição a pleno sol, enquanto que em *A. niopoides* e *R. laxiflora*, a diferença não foi significativa entre as condições (Tab.1). Já em relação à extensão longitudinal da parte aérea, a maioria das espécies apresentou maior comprimento na condição de sombreamento, com exceção de *P. parviflora*, *R. ferox* e *R. laxiflora*, cujo tamanho mensurado foi similar em ambas as condições (Tab. 1).

Quanto aos eofilos, *E. piryformis*, *P. parviflora* e *R. laxiflora* apresentaram filotaxia alterna e limbo simples (Fig. 2 A, B e C), *I. laurina* e *R. ferox* mostraram filotaxia oposta e limbo simples (Fig. D, E). Os eofilos compostos variaram entre as espécies, ocorrendo limbo composto trifoliolado ou pentafoliolado em *C. canjerana* (Fig. 2 F), limbo composto paripinado em *A. niopoides* (Fig. 2. G) e limbo composto imparipinado em *C. fissilis* (Fig. 2 H).

A análise anatômica quantitativa dos eofilos de plântulas revelou divergência na espessura da epiderme, cujas células das faces abaxial e adaxial de *A. niopoides* e de *E. piryformis* foram relativamente maiores sob a condição de luz solar plena, em oposição à *C. canjerana* e *P. parviflora*, que mostraram células maiores na condição de sombreamento. Em *C. fissilis*, *I. laurina*, *R. ferox* e *R. laxiflora* não foi verificada diferença significativa entre as condições avaliadas. Em relação ao tecido parenquimático do mesofilo verificou-se que, na condição de luz solar plena, o parênquima esponjoso teve maior espessura em *A. niopoides*, *C. fissilis*, *E. piryformis* e em *R. laxiflora*. No entanto, *C. canjerana* e *R. ferox* apresentaram maior dimensão deste parênquima na condição de sombreamento. Quanto ao parênquima paliçádico, sete das oito espécies avaliadas apresentaram espessura significativamente maior sob a condição de sol pleno, exceto *I. laurina*, cujo tecido demonstrou similaridade entre ambas as condições de iluminação. Na espessura total da lâmina do efilo, cinco das oito espécies sinalizaram maior tamanho sob a condição a pleno sol, exceto *I. laurina*, *P. parviflora* e *R. ferox* que não divergiu significativamente em ambas as condições (Tab. 2).

A epiderme que reveste os eofilos das plântulas é unisseriada, glabra, e consiste de células com formas variadas, desde arredondadas, elípticas até quadrangulares (Fig. 3 A-H). Na face adaxial, as células tendem a ser maiores quando comparadas às células da face abaxial, com paredes periclinais relativamente finas, como ocorre em *A. niopoides*, e/ou com paredes celulares espessadas como em *P. parviflora* (Fig. 3 A e F). Em relação ao mesofilo,

as espécies apresentaram estrutura parenquimática dorsiventral, com parênquima paliçádico atípico e em algumas espécies com variação no número de estratos de células no parênquima esponjoso.

No geral, as células do parênquima paliçádico mostraram-se pouco alongadas, entremeadas por células com formato de funil, eventualmente arredondadas e/ou ovadas. Na condição de sombreamento, as células desse parênquima são mais curtas, quando comparadas às células na condição cultivada a pleno sol, conforme constatado em *A. niopoides*, *C. canjerana*, *E. pyriformis*, *P. parviflora* e *R. ferox* (Fig. 3A, B, D, F e G). Por sua vez, sob condição de luz, as células de certas regiões do mesofilo paliçádico de *C. fissilis* e de *R. laxiflora* mostraram-se mais alongadas anticlinalmente, adquirindo aspecto de um parênquima paliçádico típico (Fig. 3 C e H).

Verificou-se expressiva diferença no número de camada de células do parênquima esponjoso e também no tamanho dos espaços intercelulares em relação às condições de irradiância. Em *C. canjerana*, por exemplo, sob condição de luz, o parênquima esponjoso é constituído por 3-5 camadas de células e espaços intercelulares relativamente menores quando comparado à condição de sombreamento, que possuem de 2-5 camadas de células e com espaços intercelulares maiores (Fig. 3B). Em *A. niopoides* há 2-3 camadas de células no parênquima esponjoso, porém com diferenciação no tamanho dos espaços intercelulares, sendo mais amplo na condição de sombreamento (Fig. 3A). Ainda neste parênquima, foi observado em *C. fissilis* a ocorrência de 2-3 camadas de células na condição de sombra e de 3-4 camadas na condição de pleno sol (Fig. 3C). Outros dados considerados relevantes foram: *E. pyriformis* com 3-5 camadas de células na condição de sombra e 4-5 camadas de células na condição de luz solar plena (Fig. 3D), *P. parviflora* com 2-4 camadas de células na condição de sombra e com 2-3 camadas de células na condição de luz solar plena (Fig. 3F).



## Discussão

As espécies, *A. niopoides*, *C. fissilis*, *R. ferox* e *R. laxiflora*, exibiram porcentagem e índice de velocidade de emergência superior a pleno sol. Essa relação foi favorecida pelo morfotipo funcional fanero-epigeia-foliáceo (PEF), visto que, tais plântulas realizam o processo fotossintético de forma precoce, culminando em germinação e crescimento rápido (Ressel *et al.*, 2004). Por outro lado, as plântulas portadoras de estruturas de reserva, com os morfotipos cripto-hipogeia-armazenadora (CHR) encontrado em *E. pyriformis*, e fanero-epigeia-armazenadora encontrado em *C. canjerana*, *I. laurina* e *P. parviflora* (FER), tendem a ter desenvolvimento inicial lento, uma vez que garantem energia e nutrientes para o desenvolvimento da plântula em detrimento da limitação da produção de fotossintatos (Soriano *et al.*, 2011). Assim, plântulas providas de estruturas de reserva apresentam desenvolvimento otimizado sob condição de sombreamento, corroborando os dados deste estudo.

O tempo médio para iniciar o processo de emergência das plântulas é importante para se estimar a velocidade de ocupação de uma espécie em determinado ambiente (Ferreira *et al.*, 2001). A maioria das espécies avaliadas neste estudo apresentou menor tempo de emergência sob sol pleno, como em *A. niopoides*, *C. fissilis*, *R. ferox* e *R. laxiflora*, o que pode estar associado ao tipo morfofuncional das plântulas, (PEF), já que o estabelecimento dessas dependerá da capacidade de fotossíntese dos cotilédones foliáceos, enquanto que a rapidez na emergência garantiria vantagem competitiva na exposição à luz. Já *E. pyriformis* e *P. parviflora* exibiram menor tempo médio de emergência na condição de sombreamento. Essa relação pode estar associada à dimensão e/ou a biomassa avantajada das sementes, pois segundo Pearson *et al.*(2002), sementes grandes e portadoras de alto teor energético de biomassa, a alternância de temperatura e o teor de umidade do solo exercem maior influência

para sinalizar o processo germinativo, do que a luz, indicando, portanto, a maior dependência da reserva da semente para o crescimento inicial da planta.

A classificação morfológica proposta por Ng (1978) retratou a posição dos cotilédones no eixo da plântula em quatro tipos: epigeia (exposição cotiledonar acima do solo); hipogeia (cotilédones ocultos, abaixo do solo); semi-hipogeia (exposição parcial, no nível do solo) e *durian* (exposição epigeia e criptocotiledonar). Entretanto, em *I. laurina* e *P. parviflora* foi observada a ocorrência simultânea de pelo menos três tipos dos quatro descritos pela autora. No entanto, os estudos de Vazquez *et al.* (2011) consideraram que a profundidade da sementeira, bem como a composição e concentração do substrato podem exercer interferência na exposição dos cotilédones, como também verificado por Lobo *et al.* (2014) em *Anadenathera colubrina* (Vell.) Brenan e em plântulas de *Jacaranda* spp.

A quantidade e a qualidade espectral da luz são distintas nas diferentes situações das florestas tropicais (Zaia & Takaki 1998). Por conta disso, as respostas adaptativas das espécies vegetais implicam em diferenças morfofuncionais, especialmente na dimensão dos órgãos e na composição dos tecidos foliares (Garwood 1996). Isso pode ser verificado, por exemplo, no maior tamanho do sistema radicular adquirido por *C. canjerana*, *C. fissilis*, *E. piryformis*, *I. laurina*, *P. parviflora* e *R. ferox*, quando cultivadas a pleno sol, e, também, a ocorrência do aumento na altura da parte aérea das plântulas de *C. canjerana*, *C. fissilis*, *E. piryformis*, *I. laurina*, quando cultivadas sob sombreamento. Taiz & Zeiger (2009) relacionam o aumento do comprimento radicular em plântulas cultivadas a pleno sol, com o aumento da taxa fotossintética que viabiliza um incremento na produção de carboidratos, promovendo assim o desenvolvimento das raízes. Tal processo pode ser considerado como uma estratégia de suprir a necessidade hídrica ocasionada pelo aumento da evapotranspiração. Em contrapartida, o aumento em altura nas plantas que se desenvolvem em áreas sombreadas é considerado uma resposta morfogênica típica (Smith & Whitlam 1990), pois nessas

condições, em geral, ocorre uma alocação rápida de assimilados para a parte aérea, o que permite a planta ultrapassar a vegetação ao seu redor e expor de maneira mais favorável a sua superfície fotossintetizante à luz (Engel & Poggiani 1990). A percepção da redução da intensidade luminosa ou sombreamento pelas plantas é devido ao fitocromo, sendo que à medida que aumenta o sombreamento, a razão R:FR (vermelho:vermelho-distante) diminui. Assim, quando a planta é submetida à baixa intensidade luminosa, ocorre alongamento caulinar, característico do estiolamento, fazendo com que as plantas apresentem maior altura, indicando típico comportamento de “fuga ao sombreamento” (Pinto *et al.*, 2016). Por sua vez, Lima *et al.* (2006) consideram que plântulas estioladas podem sofrer tombamento, resultando em alteração do padrão de qualidade para exploração econômica da planta adulta.

As características estruturais dos órgãos vegetativos são aspectos-chave para o êxito do estabelecimento das plantas, pois estão relacionadas à manutenção dos processos fisiológicos vitais (Silvestrini *et al.*, 2007). Em geral, a espessura do parênquima paliçádico dos eofilos das plântulas mantidas a pleno sol foi superior ao das plântulas mantidas em sombreamento (Tab.2). Nascimento *et al.* (2015) observaram maior espessura da folha e do parênquima paliçádico em plântulas de *Eugenia hiemalis* (Cambess.) mantidas a pleno sol, o que também foi observado por Aragão *et al.* (2014) para folhas de plantas jovens de *Carapa guianensis* (Aubl.). A folha, por exemplo, é um órgão primário de síntese, sendo o que apresenta maior plasticidade e o que mais responde, estruturalmente, às variações impostas pelo ambiente (Smith *et al.*, 1997). Assim, em condições de alta ou baixa luminosidade, mecanismos fisiológicos e bioquímicos, além de alterações morfológicas são necessários, para que a planta utilize a energia luminosa e, conseqüentemente, aperfeiçoe o seu ganho de carbono (Rodríguez-Calcerrada *et al.*, 2008).

A redução da espessura do mesofilo paliçádico, observado nas plântulas cultivadas sob o sombreamento, implicou na redução do tamanho de suas células, visto que também

contribuiu para o menor valor numérico mensurado na espessura total do eofilo em *A. niopoides*, *C. canjerana*, *C. fissilis*, *E. pyriformis* e em *R. laxiflora*. De acordo com Terashima *et al.* (2001), a menor espessura do parênquima paliçádico, associado à maior proporção de espaços intercelulares verificadas em plantas expostas a condição de sombreamento, podem representar uma tentativa de diminuir a resistência à difusão de gases (CO<sub>2</sub>) no interior da folha, buscando aumentar sua eficiência fotossintética.

A maior espessura celular e o maior número de estratos de parênquima esponjoso, constatados em *A. niopoides*, *C. fissilis*, *E. pyriformis* e em *R. laxiflora*, estão relacionados com o aumento da atividade fotossintética (Thompson *et al.*, 1992, Strauss-DeBenedetti & Berlyn 1994) que foram ocasionadas pela maior exposição à luz. Além disso, o parênquima esponjoso mais espesso facilita o trajeto da luz difusa, permitindo taxas mais uniformes de fotossíntese (Vogelmann *et al.*, 1996). Em contrapartida, verificou-se nas folhas sombreadas a ocorrência de espaços intercelulares maiores, que provavelmente facilita a absorção da luz e canaliza sua direção, melhorando sua captação pelos cloroplastos (Boeger *et al.*, 2008). Nascimento *et al.* (2015) também observaram maior espaço intercelular no parênquima esponjoso dos eofilos de plântulas de *E. hiemalis* mantidas sob maior nível de sombreamento, o que segundo os autores pode ser uma estratégia de sobrevivência em ambientes com baixa disponibilidade de luz.

A pleno sol, o tecido epidérmico de *A. niopoides* e de *E. pyriformis* apresentou maior espessura, que pode contribuir com a redução dos efeitos negativos da radiação ultravioleta e servir como mecanismo de resistência mecânica da folha (Klich 2000). Por outro lado, o aumento da epiderme em condições de sombreamento constatado em *C. canjerana* e *P. parviflora*, pode facilitar a absorção de luz em ambientes sombreados, nos quais esse recurso é limitante, o que consistiria em uma resposta favorável ao desenvolvimento da plântula (DeLucia *et al.*, 1996, Brodersen & Vogelmann 2007).

As plântulas das espécies arbóreas estudadas apresentaram plasticidade quanto à disponibilidade de luz, evidenciando diferentes respostas na emergência das plântulas mantidas a pleno sol e sombreamento, como também nas diferenças encontradas nas características anatômicas dos eófilos. Considerando que o ambiente florestal pode apresentar grande variação na disponibilidade de luz, sendo um fator limitante ao crescimento de plântulas e indivíduos jovens (Théry 2001, Valladares & Niinemets 2008), as respostas plásticas possibilitam a aclimação a distintas condições ambientais.

## Referências

Aragão DS, Luz AMP, Oliveira LC, Raposo A, Fermino Junior PCP. 2014. Efeito do sombreamento na anatomia foliar de plantas jovens de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.). **Revista Árvore** 38(4): 631-639.

Barbosa LM. 2006. **Manual para recuperação de áreas degradadas do Estado de São Paulo: Matas Ciliares do Interior Paulista**. São Paulo, Instituto de Botânica.

Batista TL, Freire MA, Magalhães UAS, Colares IG. 2013. Efeitos de fatores ambientais sobre a germinação de sementes de *Nymphoides indica* (L.) O. Kuntze (Menyanthaceae). **Estudos de Biologia: Ambiente e Diversidade** 35: 143-152.

Boeger MRT, Gluzekar RM, Pil MW, Goldenberg R, Medri M. 2008. Leaf morphology variation of *Miconia sellowiana* (DC.) Naudin (Melastomataceae) in distinct vegetation types at the state of Paraná. **Revista Brasileira de Botânica** 31: 443-452.

Borghetti WASS, Quiqui EMD, Nanni MR. 2004. Caracterização e avaliação da mata ciliar à montante da Hidrelétrica de Rosana, na Estação Ecológica do Caiuá, Diamante do Norte, PR. **Cadernos da Biodiversidade** 4: 9-12.

Brançalion PHS, Novembre ADLC, Rodrigues RR, Chamma HMCP. 2008. Efeito da luz e de diferentes temperaturas na germinação de sementes de *Heliocarpus popayanensis* L. **Revista Árvore** 32: 225-232.

Brodersen CR, Vogelmann TC. 2007. Do epidermal lens cells facilitate the absorptance of diffuse light? **American Journal of Botany** 94: 1061-1066.

Casal JJ, Sánchez RA. 1998. Phytochromes and seed germination. **Seed Science Research** 8: 317-329.

Casal J.J.; Smith H. 1989. The function, action and adaptive significance of phytochrome in light-grown plants. **Plant Cell and Environment** 12: 855-862.

- Ceccon E, Huante P, Rincón E. 2006. Abiotic factors influencing tropical dry forests regeneration. **Brazilian Archives of Biology and Technology** 49: 305-312.
- Chazdon RL, Pearcy RW, Lee DW, Fetcher N. 1996. Photosynthetic responses of tropical forest plants contrasting light environments. In: Mulkey SS, Chazdon RL, Smith AP. (Eds.). **Tropical forest plant ecophysiology**. New York, Chapman & Hall, p.5-55.
- DeLucia EH, Nelson K, Vogelmann TC, Smith WK. 1996. Contribution of intercellular reflectance to photosynthesis in shade leaves. **Plant Cell Environment** 19: 159-170.
- Engel VL, Poggiani F. 1990. Influência do sombreamento sobre o crescimento de mudas de algumas essências nativas e suas implicações ecológicas e silviculturais. **IPEF** 43/44: 1-10.
- Ferreira AG, Borghetti F. 2004. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre, Armed.
- Ferreira AG, Cassol B, Rosa SGT, Silveira TS, Stival AL, Silva AA. 2001. Germinação de sementes de Asteraceae nativas no Rio Grande do Sul, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 15: 231-242.
- Garwood MD. 1996. Functional morphology of tropical tree seedlings. In: Swaine MD. (Ed.). **Ecology of tropical forest tree seedlings**. Paris, Unesco/ Parthenon. p. 59-119.
- IAP – Instituto Ambiental do Paraná. (2009). **Plano de manejo da Estação ecológica do Caiuá**. Curitiba: IAP/DIBAP, 154p.
- Klich MG. 2000. Leaf variations in *Elaeagnus angustifolia* related to environmental heterogeneity. **Environmental and Experimental Botany** 44: 171-183.
- Lima, JD, Silva BMS, Moraes WS. 2006. Efeito da luz no crescimento de plântulas de *Virola surinamensis* (Rol.). Warb. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal** 4: 12-18.
- Lobo GA, Santana, DG, Salomão AN, Rehbein LS, Wilewiski AP. 2014. A technological approach to the morphofunctional classification of seedlings of 50 Brazilian forest species. **Journal of Seed Science** 36: 87-93.
- Lugo AE. 2009. The emerging era of novel tropical forests. **Biotropica** 41: 589-591.
- Maack R. **Geografia física do estado do Paraná**. 2012. Ponta Grossa, Editora UEPG.
- Maguire JD. 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science** 2: 176-177.
- Montgomery RA, Chazdon RL. 2002. Light gradient partitioning by tropical tree seedlings in the absence of canopy gaps. **Oecologia** 131: 165-174.
- Nascimento KC, Pastorini LH, Romagnolo MB, de Souza LA. 2015. Do *Eugenia hiemalis* seedling leaves under different light conditions develop phenotypic plasticity? **Plant Ecology** 216: 1571-1581.

Ng FSP.1978. Strategies of establishment in Malay na forest trees. In: Tomlinson PBP, Zimmermann MH. (Eds.) **Tropical trees as living systems** London, Cambridge University Press, p. 129-162.

O'Brien TP, Feder N, McCully ME. 1964. Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue O. **Protoplasma** 59: 368-373.

Pearson THR, Burslemu DFRP, Mullins CE, Dalling JW. 2002. Germination Ecology of neotropical pioneers: interacting effects of environmental conditions and seed size. **Ecology** 83: 2798-2807.

Pinto J.R. de S.; Dombroski J.L.D.; Freitas R.M.O. de; Souza G.O. de S.; Santos Junio J.H.dos S. 2016. Crescimento e índices fisiológicos de *Tabebuia aurea* sob sombreamento no semiárido. **Floresta** 46(4): 465-472.

Ressel K, Guilherme FAG, Schiavini I, Oliveira PE. 2004. Ecologia morfofuncional de plântulas de espécies arbóreas da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Botânica** 27: 311-323.

Rodríguez-Calcerrada J, Reich PB, Rosenqvist E, Pardos JA, Cano FJ, Aranda I. 2008. Leaf physiological versus morphological acclimation to high-light exposure at different stages of foliar development in oak. **Tree Physiology** 28(1): 761-771.

Silvestrini M, Válio IFM, Mattos EA. 2007. Photosynthesis and carbon gain under contrasting light levels in seedlings of a pioneer and a climax tree from a Brazilian Semideciduous Tropical Forest. **Revista Brasileira de Botânica** 30(3): 463-474.

Smith H. 1973. Light quality and germination: ecological implications. Pp. 219-231. In W. Heydecker (ed). **Seed Ecology**. Butlerworths, London.

Smith H, Whitelam GC. Phytochrome. 1990. A family of photoreceptors with multiple physiological roles. **Plant Cell Environment** 13: 695-707.

Smith WK, Vogelmann TC, Delucia EH, Bell DT, Shepherd KA.1997. Leaf form and photosynthesis: Do leaf structure and orientation interact to regulate internal light and carbon dioxide? **Bioscience** 47: 785-793.

Soriano D, Orozco-Segovia A, Marquez-Gusman J, Kitajima K, Gamboa-De-Buen A, Huante P. 2011. Seed reserve composition in 19 tree species of a tropical deciduous forest in Mexico and its relationship to seed germination and seedling growth. **Annals of Botany** 107: 939-951.

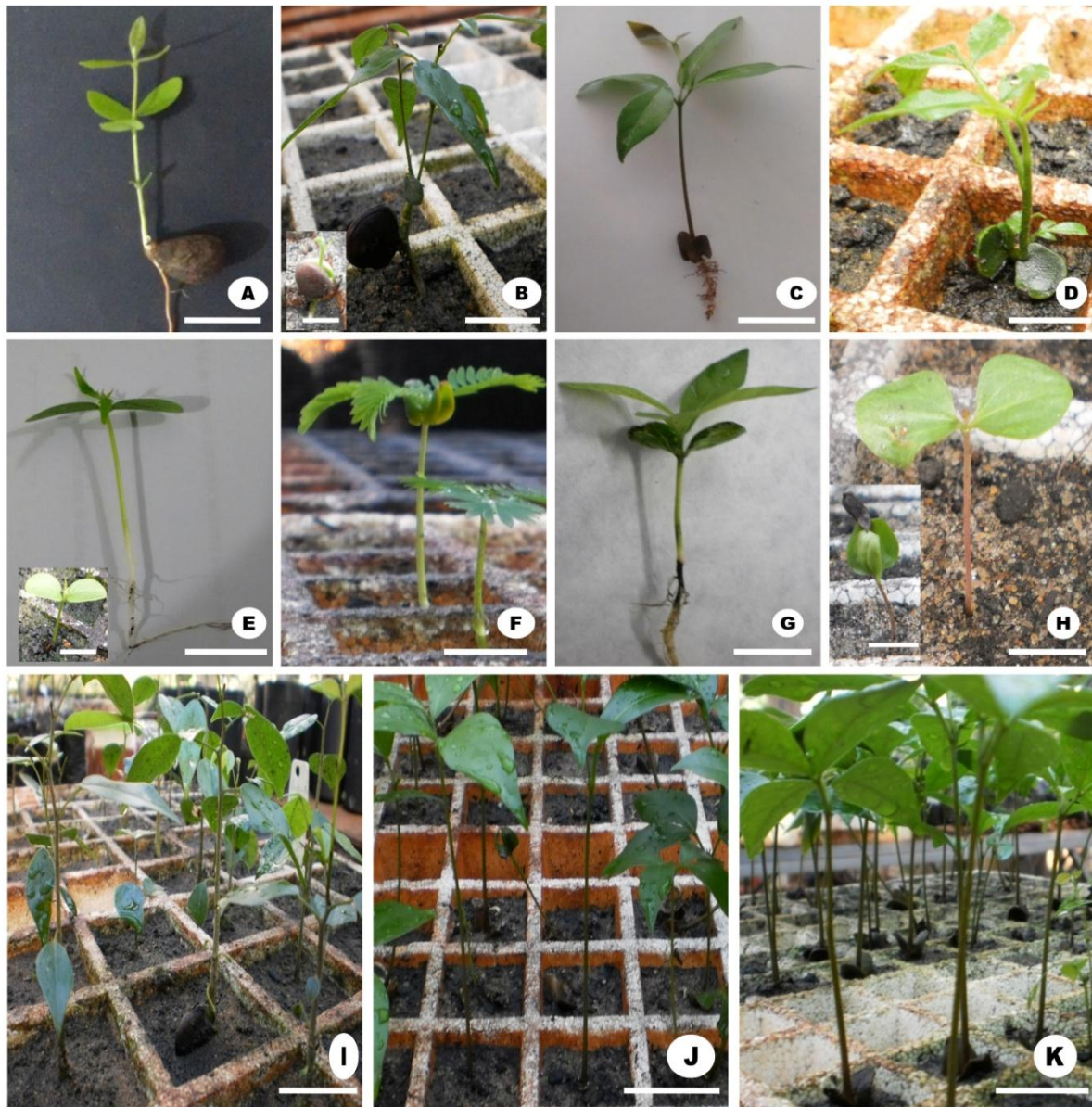
Souza LA. 2003. **Morfologia e anatomia vegetal: célula, tecidos, órgãos e plântula**. Ponta Grossa, UEPG.

Souza LA. 2009. **Sementes e plântulas: germinação, estrutura e adaptação**. Ponta Grossa, Editora TodaPalavra.

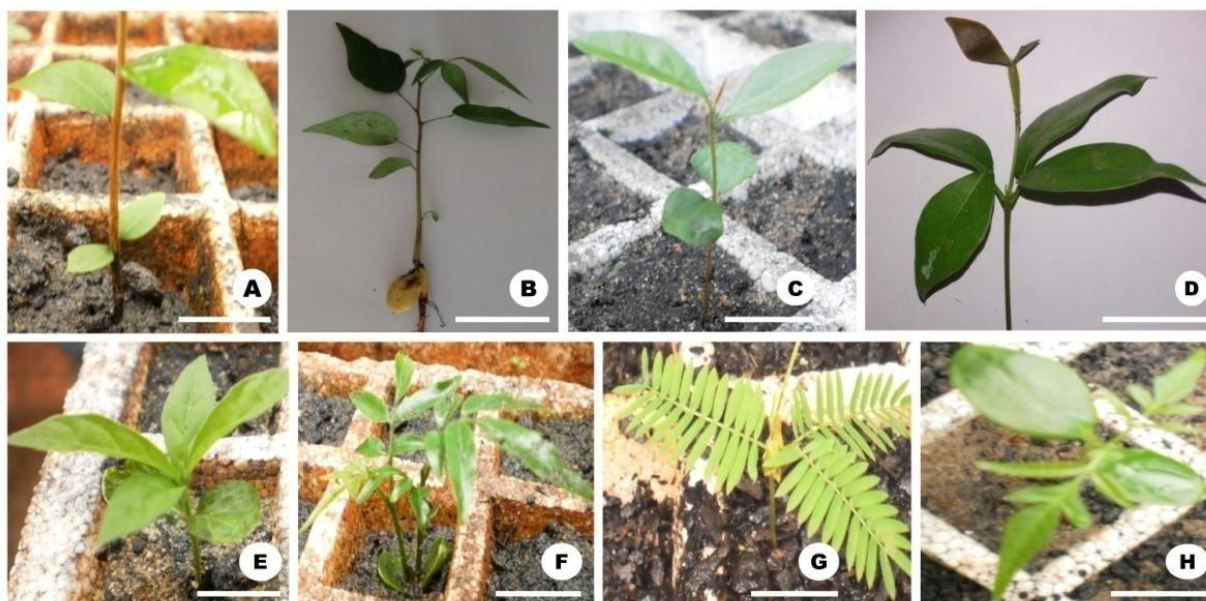
Strauss-Debenedetti S, Berlyn GP. 1994. Leaf anatomical responses to light in five tropical Moraceae of different successional status. **American Journal of Botany** 81: 1582-1591.

- Taiz L, Zeiger E. 2009. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed.
- Théry M. 2001. Forest light and its influence on habitat selection. **Plant Ecology** 153: 251-261.
- Terashima I, Miyazawa S, Hanba Y. 2001. Why are sun leaves thicker than shade leaves? – Consideration based on analyses of CO<sub>2</sub> diffusion in the leaf. **Journal of Plant Research**, 114: 93-105.
- Thompson WA, Kriedemann PE, Craig IE. 1992. Photosynthetic response to light and nutrients in sun-tolerant and shade-tolerant rainforest trees. I. Growth, leaf anatomy and nutrient content. **Australian Journal of Plant Physiology** 19: 1-18
- Troppmair H. 2011. Perfil fitoecológico do Estado do Paraná. **Boletim de Geografia** 8: 67-68.
- Vaalladares F, Niinemets U. 2008. Shade tolerance, a key plant feature of complex, nature and consequences. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics** 39: 237-257.
- Varjabedian R. 2010. Lei da Mata Atlântica: retrocesso ambiental. **Estudos Avançados** 24: 147-160.
- Vazquez GH, De Souza WJO, Vanzela LS, Isa KM, De Assis AV. 2011. Interferência do tipo de germinação - Hipógeo ou Epígeo - no estabelecimento inicial de plântulas em diferentes profundidades de semeadura. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas** 5: 158-169.
- Vásques-Yanes C.; Orozeo-Segovia A. 1993. Pattern of seed longevity and germination in the tropical rainforest. **Annual Review of Ecology and Systematics**. 24: 69-87.
- Vogelmann TC, Nishio JN, Smith WK. 1996. Leaves and light capture: light propagation and gradients of carbon fixation within leaves. **Trends in Plant Science** 1: 65-70.
- Whitmore TC. 1989. Canopy gaps and two major groups of forest tree species. **Ecology** 70: 536-538.
- Zaia JE, Takaki M. 1998. Estudo da germinação de sementes de espécies arbóreas pioneiras: *Tibouchina pulchra* Cogn. E *Tibouchina granulosa* Cogn. (Melastomataceae). **Acta Botanica Brasilica** 12: 221-229.
- Zaidan LBP, Barbedo CJ. 2004. Quebra de dormência em sementes. In: Ferreira, A. G; Borghetti, F. (orgs.). **Germinação: Do Básico ao Aplicado**. Porto Alegre: Artmed, p.135-146.

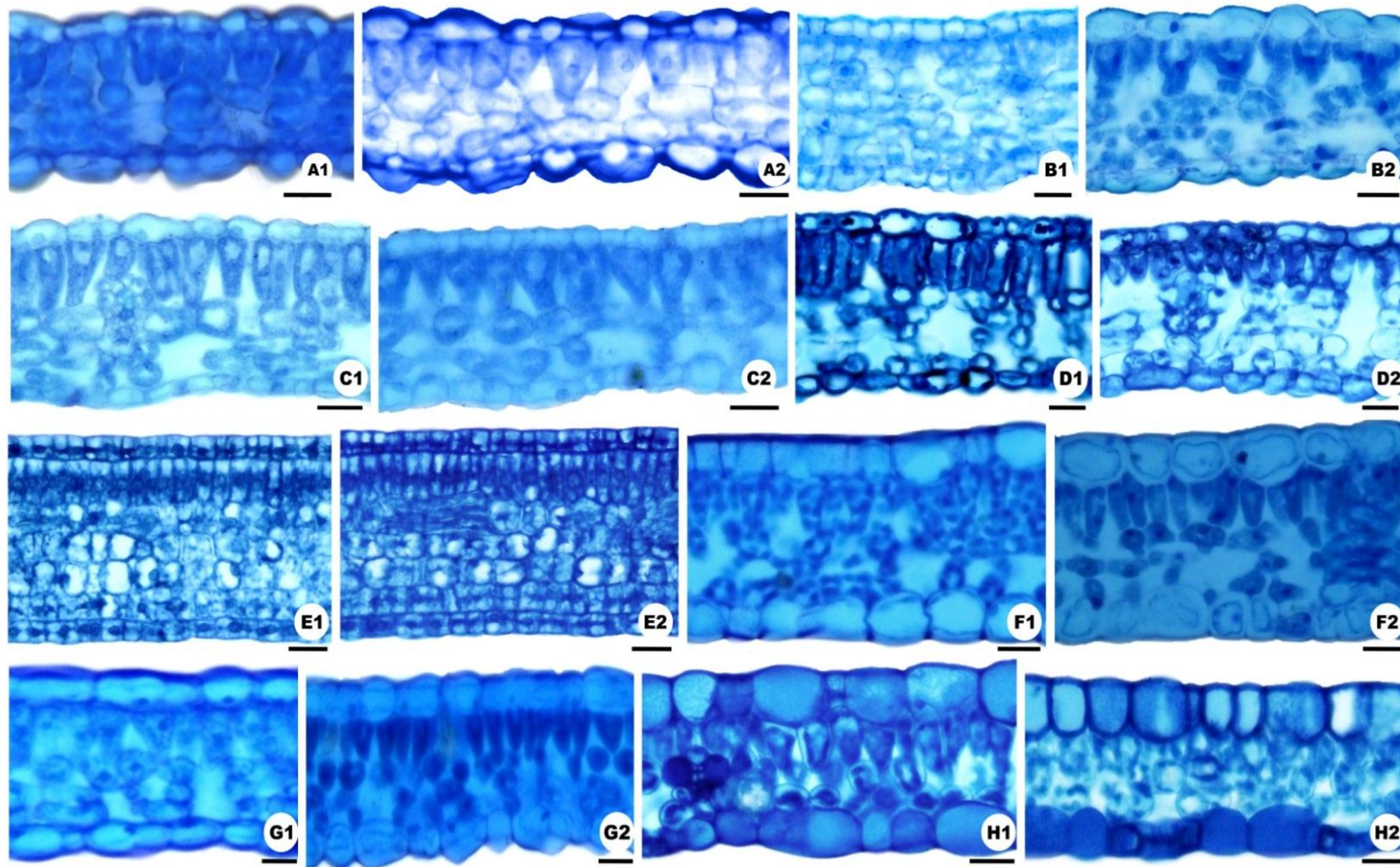




**Figura 1:** Estrutura morfológica das plântulas em desenvolvimento: *Eugenia pyriformis* (A); *Poecilanthe parviflora* (B); *Inga laurina* (C); *Cabralea canjerana* (D); *Cedrela fissilis* (E); *Albizia niopoides* (F); *Randia ferox* (G); *Ruprechtia laxiflora* (H). Emergência semi-hipogeia e hipogeia em *Poecilanthe parviflora* (I) e em *Inga laurina* (J e K). **Escala:** 1 cm



**Figura 2:** Tipo de limbo e filotaxia dos primeiros eofilos em expansão: *Eugenia pyriformis* (A); *Poecilanthe parviflora* (B); *Ruprechtia laxiflora* (C); *Inga laurina* (D); *Randia ferox* (E); *Cabralea canjerana* (F); *Albizia niopoides* (G); *Cedrela fissilis* (H). **Escala:** 1 cm



**Figura 3:** Anatomia dos eofilos de plântulas cultivadas a pleno sol (A1, B1, C1, D1, E1, F1, G1 e H1) e cultivadas sob sombreamento (A2, B2, C2, D2, E2, F2, G2 e H2). Espécies: *Albizia niopoides* (A); *Cabralea canjerana* (B); *Cedrela fissilis* (C); *Eugenia pyriformis* (D); *Inga laurina* (E); *Poecilanthe parviflora* (F); *Randia ferox* (G); *Ruprechtia laxiflora* (H). **Escala:** 10  $\mu\text{m}$ .

**Tabela 1:** Médias da porcentagem de emergência (PE), do tempo médio de emergência (TME), do índice de velocidade de emergência (IVE), do comprimento radicular e da parte aérea das plântulas de espécies florestais da Estação Ecológica do Caiuá.

Espécies	PE (%)		TME (dias)		IVE		Raiz (cm)		Parte Aérea (cm)	
	Luz	Sombra	Luz	Sombra	Luz	Sombra	Luz	Sombra	Luz	Sombra
<i>Albizia niopoides</i>	60,00 a	31,00 b	14,23 b	17,13 a	0,57 a	0,49 b	4,53 a	3,54 a	4,51 a	4,14 a
<i>Cabralea canjerana</i>	15,00 b	32,00 a	27,40 a	38,41 a	0,23 a	0,17 a	7,21 a	4,19 b	6,07 b	8,14 a
<i>Cedrelafissilis</i>	87,00 a	70,00 b	15,62 b	17,22 a	1,57 a	1,53 b	6,34 a	5,10 b	4,88 b	6,16 a
<i>Eugenia pyriformis</i>	43,00 b	66,00 a	27,10 a	21,20 b	0,50 b	0,95 a	11,6 a	6,10 b	11,60 b	17,20 a
<i>Ingalaurina</i>	71,00 b	87,00 a	11,75 b	14,98 a	1,93 a	1,56 b	7,07 a	4,96 b	9,61 b	12,84 a
<i>Poecilanthe parviflora</i>	51,00 b	79,00 a	39,10 a	32,61 b	0,35 b	0,56 a	9,78 a	7,07 b	8,74 a	9,14 a
<i>Randiaferox</i>	97,00 a	42,00 b	38,42 b	53,53 a	0,72 a	0,22 b	6,52 a	4,66 b	3,23 a	3,86 a
<i>Ruprechtia laxiflora</i>	30,00 a	27,00 b	20,55 b	20,88 a	0,37 a	0,36 b	3,83 a	3,14 a	4,23 a	4,27 a

\*Letras iguais não diferem pelo teste de Tukey a 5%.

**Tabela 2:** Médias da espessura (em  $\mu\text{m}$ ) dos componentes anatômicos dos eofilos das plântulas de espécies florestais da Estação Ecológica do Caiuá.

Espécies	Epiderme adaxial		Epiderme abaxial		Parênquima esponjoso		Parênquima paliçádico		Espessura total do eofilo	
	Luz	Sombra	Luz	Sombra	Luz	Sombra	Luz	Sombra	Luz	Sombra
<i>Albizia niopoides</i>	9,60 a	7,87 b	9,32 a	7,89 b	23,78 a	19,09 b	17,51 a	13,69 b	60,22 a	48,56 b
<i>Cabralea canjerana</i>	5,81 b	7,79 a	6,02 b	7,23 a	22,47 b	27,85 a	8,74 a	7,45 b	50,37 a	46,16 b
<i>Cedrela fissilis</i>	4,60 a	4,57 a	3,71 a	3,84 a	20,88 a	17,40 b	12,72 a	8,28 b	43,21 a	35,11 b
<i>Eugenia pyriformis</i>	6,84 a	5,76 b	6,43 a	5,37 b	31,28 a	27,36 b	17,71 a	10,75 b	63,88 a	50,79 b
<i>Inga laurina</i>	7,40 a	7,43 a	7,03 a	7,02 a	39,32 a	37,46 a	13,30 a	13,38 a	67,89 a	66,25 a
<i>Poecilanthe parviflora</i>	7,19 b	7,96 a	6,61 b	7,12 a	12,17 a	11,98 a	8,02 a	7,10 b	34,99 a	35,07 a
<i>Randia ferox</i>	3,68 a	3,91 a	3,69 a	3,48 a	6,31 b	8,32 a	5,06 a	4,48 b	18,74 a	20,20 a
<i>Ruprechtia laxiflora</i>	9,87a	9,55 a	8,55 a	8,12 a	9,72 a	8,02 b	10,43 a	6,67 b	38,57 a	32,36 b

\*Letras iguais não diferem pelo teste de Tukey a 5%