

TEMPERATURA ÓTIMA DE GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE ESPÉCIES ARBÓREAS BRASILEIRAS¹

PEDRO HENRIQUE SANTIN BRANCALION²; ANA DIONÍSIA DA LUZ COELHO NOVEMBRE³;
RICARDO RIBEIRO RODRIGUES⁴

RESUMO - O objetivo neste trabalho foi avaliar os aspectos ecológicos e aplicados da temperatura na germinação de sementes de espécies arbóreas brasileiras. Foram analisadas informações, obtidas por meio de dados secundários, sobre o efeito da temperatura na germinação de 272 espécies arbóreas nativas e estabelecidas as relações da temperatura ótima com o bioma de ocorrência e com o grupo sucessional da espécie. As temperaturas de 25 °C e 30 °C foram as mais favoráveis para a germinação, havendo relação entre a temperatura ótima e o bioma de ocorrência da espécie, mas não entre essa temperatura e o grupo sucessional. Com base nos resultados, é possível indicar que o teste de germinação com sementes de espécies arbóreas brasileiras seja conduzido mediante o uso de temperatura constante de 25 °C para as espécies dos biomas Cerrado e Mata Atlântica e de 30 °C para as espécies do bioma Amazônia, salvo nos casos de espécies para as quais há requerimentos específicos de temperaturas alternadas para a superação da dormência das sementes.

Termos para indexação: ecofisiologia, análise de sementes, sementes florestais, dormência, grupos sucessionais.

OPTIMAL TEMPERATURE FOR SEED GERMINATION OF BRAZILIAN TREE SPECIES

ABSTRACT - The objective of this study was to evaluate the ecological and applied aspects of temperature for seed germination of Brazilian tree species. The information obtained from secondary data for temperature effects on the seed germination of 272 Brazilian tree species was analyzed and the relationships between optimal temperature and the biome where the species occur and the species succession group were developed. Temperatures of 25 °C and 30 °C were the most favorable for seed germination and the optimal germination temperature was related to the biome where the species occur but not to its succession group. Based on these results, a temperature of 25 °C may be recommended for germination tests of Brazilian tree species which grow in the Cerrado and Atlantic Forest biomes, and 30 °C for those species from the Amazon biome, except for species which have specific requirements of alternating temperatures for overcoming seed dormancy.

Index terms: ecophysiology, seed analysis, forest species, dormancy, successional groups.

¹Submetido em 09/03/2009. Aceito para publicação em 27/08/2010.

²Prof. Adjunto do Centro de Ciência Agrária, Universidade Federal de São Carlos, Caixa Postal 153, CEP: 13600-970, Arara-SP, e-mail: pedrohsd@yahoo.com.br

³Prof. Dr., Departamento de Produção Vegetal, USP/ESALQ, Caixa postal 09, CEP 13.418-900, Piracicaba-SP, e-mail: adlnove@esalq.usp.br

⁴Prof. Titular, Departamento de Ciências Biológicas, USP/ESALQ, Caixa postal 09, CEP 13.418-900, Piracicaba-SP, e-mail: rrr@esalq.usp.br

INTRODUÇÃO

Como consequência da destruição e da degradação dos ecossistemas brasileiros, houve a intensificação dos estudos e projetos para a restauração ecológica dos mesmos (Rodrigues et al., 2007; Wuethrich, 2007; Rodrigues et al., 2009), resultando no aumento da demanda por mudas de espécies arbóreas nativas (Viani e Rodrigues, 2007). Essa demanda tem estimulado a comercialização de sementes dessas espécies, embora não haja, atualmente, garantia de um padrão mínimo de germinação, como ocorre para as sementes de espécies cultivadas.

As Regras para a Análise de Sementes (Brasil, 1992) estabelecem instruções para a condução do teste de germinação incluindo, basicamente, o tipo de substrato e as exigências quanto à disponibilidade de água, luz e temperatura. Entretanto, as informações referentes ao teste de germinação de sementes de espécies arbóreas brasileiras não estão devidamente organizadas nem incluídas em tais regras, impedindo a utilização de métodos de análise confiáveis e padronizados.

Dentre os componentes desse teste, a temperatura tem efeito significativo na germinação, controlando a intensidade e a velocidade desse processo (Bewley e Black, 1982). A temperatura ótima é aquela em que a germinação da semente é máxima, em termos de quantidade e velocidade (Mayer e Poljakoff-Mayber, 1989), e é a indicada para o teste de germinação. Como essa temperatura está relacionada às condições ambientais mais favoráveis ao estabelecimento e ao desenvolvimento das plântulas (Thompson, 1977), é de se esperar que as espécies com diferentes distribuições geográfica e ecológica produzam sementes com variações quanto ao requerimento térmico para a germinação.

Partindo do princípio de que a temperatura ótima para a germinação é resultado da adaptação fisiológica das sementes às condições ambientais dos locais de ocorrência ou de cultivo da espécie, pode haver relação direta entre essa temperatura e o bioma onde as sementes foram produzidas. Além desse fator, características ecológicas da espécie, tal como o grupo sucessional, podem ter participação na definição da temperatura que mais estimula o processo germinativo.

Como a abertura de clareiras no dossel da floresta tropical altera a temperatura e os espectros de luz que atingem o solo da floresta, estimulando principalmente a germinação das sementes de espécies iniciais da sucessão florestal (Dalling et al., 1998), podem haver

requerimentos diferenciados de temperatura entre as espécies pioneiras e as dos demais grupos sucessionais. As espécies pioneiras são as principais constituintes do banco de sementes (Uhl, 1987) e devem ser submetidas a algum tipo de estímulo ambiental para a germinação. A temperatura, provavelmente, exerce essa função para algumas espécies, já que as mudanças de temperatura resultantes da abertura de clareiras podem se manifestar no solo a vários centímetros de profundidade e estimular as sementes (Raich e Gong, 1990).

Assim, o objetivo nesse estudo foi fornecer informações para subsidiar a padronização do teste de germinação com as sementes de espécies arbóreas brasileiras e de analisar as possíveis implicações ecológicas da temperatura ótima para a germinação das sementes.

MATERIAL E MÉTODOS

As informações referentes à temperatura ótima para a germinação das sementes de espécies arbóreas brasileiras foram obtidas a partir de dados documentados em periódicos científicos, com destaque para a Revista Brasileira de Sementes, Revista Árvore, Revista Brasileira de Botânica, Ciência Florestal, Acta Botânica Brasília e Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, resumos de comunicação em eventos, particularmente aqueles divulgados por meio do Informativo ABRATES, e trabalhos de divulgação técnica, principalmente os Comunicados Técnicos da EMBRAPA Florestas e o trabalho de Salomão et al., (2003). Foram obtidas informações para 272 espécies, pertencentes a 58 famílias, de ocorrência nas principais formações florestais brasileiras. As temperaturas indicadas como ótimas para a germinação foram agrupadas nas seguintes classes: 15 °C ($12,5\text{ °C} \leq \text{Temp.} < 17,5\text{ °C}$), 20 °C ($17,6\text{ °C} \leq \text{Temp.} < 22,5\text{ °C}$), 25 °C ($22,6\text{ °C} \leq \text{Temp.} < 27,5\text{ °C}$), 30 °C ($27,6\text{ °C} \leq \text{Temp.} < 32,5\text{ °C}$), 35 °C ($32,6\text{ °C} \leq \text{Temp.} < 37,5\text{ °C}$) e 20-30 °C. Espécies com indicação de mais de uma temperatura ótima foram inseridas em mais de uma classe. As informações referentes a cada uma das espécies podem ser obtidas em Brancalion et al. (2007). Com esses dados, determinou-se a distribuição quantitativa de todas as 272 espécies estudadas em cada uma das classes individualmente.

A organização das espécies em relação ao seu bioma de ocorrência (e.g. Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica, com exceção do Pantanal e da Caatinga) foi realizada

com base em Lorenzi (2002a, 2002b), Durigan et al. (2004), Backes e Irgang (2004), Silva Júnior (2005) e nos trabalhos consultados para a obtenção das informações referentes à temperatura ótima para germinação. Para as espécies que ocorrem em mais de um bioma, considerou-se apenas aquele no qual as sementes foram coletadas para a realização das pesquisas. Dessa forma, cada espécie avaliada representou apenas um bioma de ocorrência no levantamento. O Pantanal não foi incluído, pois os dados da literatura não se referiam a espécies exclusivas desse bioma. A Caatinga também não foi considerada na análise, porque as informações obtidas restringiam-se a apenas seis espécies, o que comprometeria a representatividade desse bioma na avaliação.

Os biomas Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica participaram com, respectivamente, 95, 118 e 206 indicações de temperatura.

A organização das espécies em relação aos grupos sucessionais foi realizada com base em Ivanauskas et al.

(1999), Gandolfi et al. (1995) e São Paulo (2006), sendo as espécies pioneiras e secundárias iniciais incluídas no grupo “pioneiras”, e as secundárias tardias e clímaces no grupo “não pioneiras”.

Assim, foram consideradas as relações entre a temperatura ótima e os biomas e entre a temperatura ótima e as classes sucessionais. Foram incluídas na análise apenas as temperaturas constantes citadas como ótima para uma determinada espécie. Em ambos os casos, avaliou-se a distribuição das temperaturas ótimas constantes para a germinação em relação ao fator analisado (biomas ou classes sucessionais). Os cálculos de frequência foram realizados com o programa SAS (SAS, 2002).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura de 25 °C é ótima para a germinação das sementes da maioria das espécies arbóreas brasileiras, seguida por 30 °C (Figura 1).

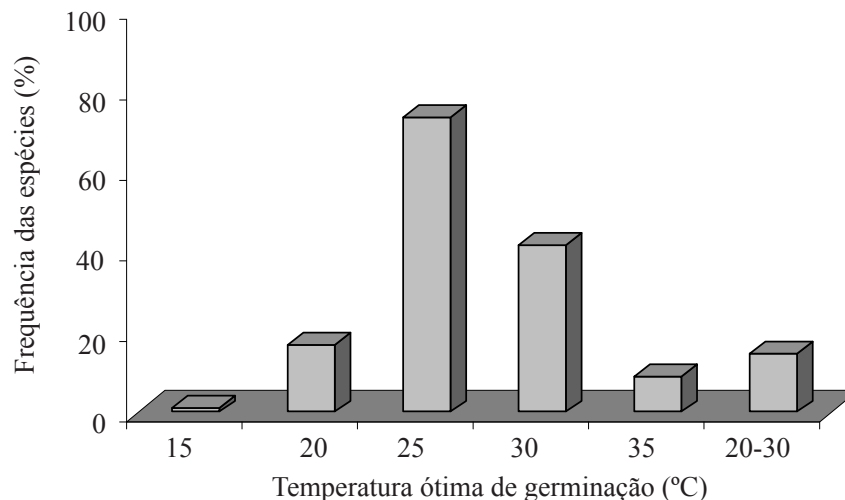


FIGURA 1. Distribuição das temperaturas ótimas para a germinação das sementes entre 272 espécies arbóreas brasileiras. As espécies com indicação de mais de uma temperatura ótima foram inseridas em mais de uma classe, fazendo com que a frequência acumulada seja maior do que 100%.

Analisadas em conjunto, as temperaturas 25 °C e, ou, 30 °C representaram 90,4% das indicações de temperaturas ótimas para a germinação das sementes, de forma que as mesmas puderam ser consideradas como as que mais favorecem o processo germinativo das espécies estudadas. Tal informação possibilita sugerir essas temperaturas para

o teste de germinação das sementes de espécies arbóreas brasileiras. Consequentemente, será possível estabelecer os padrões que constituirão a base inicial para a produção e a comercialização desse grupo de sementes no território nacional, conforme prevê o Sistema Nacional de Sementes e Mudanças. Na medida em que haja pesquisas relacionadas

à germinação dessas espécies e que se obtenha avanços, poderão ser estabelecidas adequações dos padrões inicialmente propostos.

No Cerrado, houve uma concentração maior das temperaturas indicadas como ótimas em torno de 25 °C, em comparação com os biomas Mata Atlântica e Amazônia (Figura 2). Tal observação pode ser supostamente devida às particularidades climáticas do Cerrado, pois com a ocorrência de uma estação seca definida em parte do ano nesse bioma, as sementes somente terão suprimento de água para a germinação nos meses mais quentes, nos

quais as chuvas são frequentes. Mesmo que temperaturas inferiores a 25 °C, presentes na estação seca, fossem favoráveis ao processo germinativo das sementes nesse bioma, possivelmente a disponibilidade de água não seria suficiente para a germinação das mesmas nesse período. Assim, com a disponibilidade de água concentrada em um período restrito, o processo de adaptação das espécies vegetais às condições de Cerrado pode ter diminuído a amplitude do intervalo de temperatura ótima para a germinação, concentrando-a em torno da temperatura média do período chuvoso.

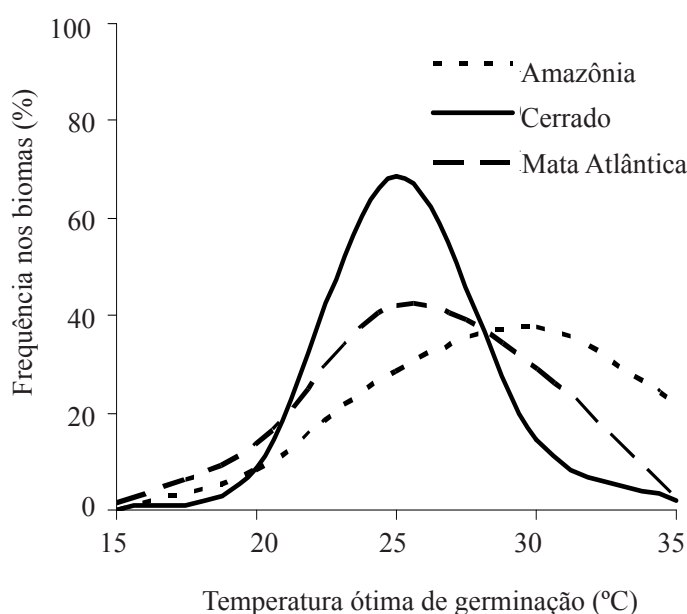


FIGURA 2. Distribuição das temperaturas ótimas constantes para a germinação das sementes de 272 espécies arbóreas brasileiras em relação aos biomas Amazônia ($N = 95$), Cerrado ($N = 118$) e Mata Atlântica ($N = 206$). Uma mesma espécie foi considerada mais de uma vez nos casos em que há indicação de mais de uma temperatura como sendo ótima para a germinação.

Nos casos da Amazônia e da Mata Atlântica, a regularidade das chuvas disponibiliza água para as sementes em quantidade adequada para a germinação em diferentes épocas do ano, as quais normalmente apresentam temperatura variável. Assim, já que a água não é um fator limitante, o desenvolvimento da habilidade de germinar sob faixas mais amplas de temperatura permite a distribuição da germinação no tempo considerando-se a comunidade vegetal como um todo, ampliando as chances de sobrevivência da espécie.

Embora as curvas de distribuição das temperaturas ótimas referentes a esses dois biomas tenham formato semelhante, a frequência das mesmas é diferente. Enquanto na Mata Atlântica a classe de temperatura ótima mais frequente é 25 °C, na Amazônia esta é 30 °C, com participação significativa da classe 35 °C. Essas diferenças parecem estar relacionadas às temperaturas características desses dois biomas, já que nas regiões de Mata Atlântica há predominância de temperaturas mais amenas em comparação às das regiões da Floresta

Amazônica. Tal constatação reforça a hipótese de que a temperatura ótima de germinação está relacionada às temperaturas da região de origem da espécie na época favorável para a germinação (Andrade et al., 2000), constituindo-se em uma adaptação fisiológica das sementes a essas condições ambientais.

As curvas de distribuição das temperaturas ótimas

em relação aos grupos sucessionais foram semelhantes, sugerindo a mesma tendência de resposta entre as espécies pioneiras e as não pioneiras, sob temperaturas constantes (Figura 3). Dessa forma, a simples elevação da temperatura do solo não parece ser a responsável pelo estímulo à germinação das sementes de espécies arbóreas pioneiras.

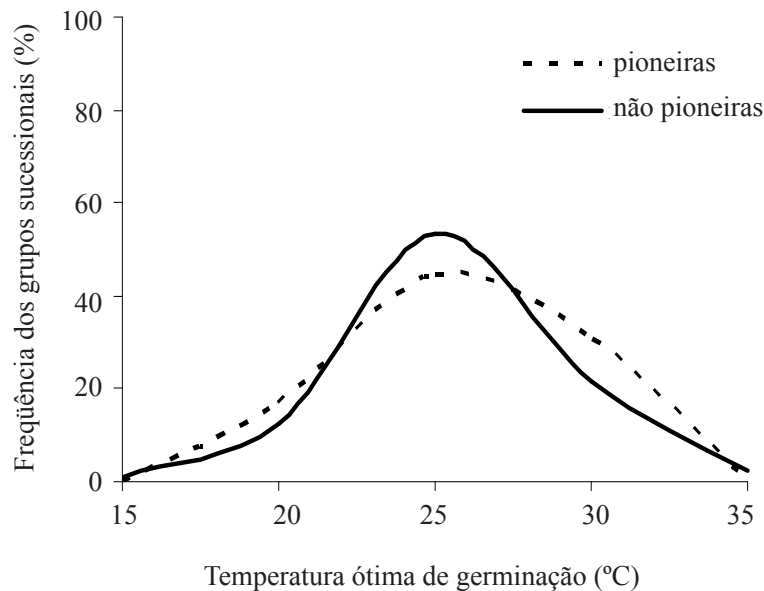


FIGURA 3. Distribuição das temperaturas constantes ótimas para a germinação das sementes entre espécies arbóreas pioneiras ($N = 65$) e não pioneiras ($N = 161$). Não foram consideradas as espécies que não possuíam classificação quanto ao grupo sucessional.

Embora cerca de 10% das espécies tenha apresentado temperaturas alternadas dentro o grupo de valores e regimes de temperatura considerados ótimos para a germinação, para poucas espécies as temperaturas alternadas foram exclusivamente as mais favoráveis, ou seja, sem que houvesse a participação de uma ou mais temperaturas constantes. Dentre as espécies para as quais as temperaturas alternadas foram exclusivamente indicadas como ótimas, destacaram-se espécies tipicamente iniciais da sucessão florestal, tal como *Bixa orellana* L., *Trema micrantha* (L.) Blume, *Cnidocolus phyllacanthus* (Mull. Arg.) Pax & L. Hoffm., *Croton floribundus* Spreng., *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L. B. Sm. & Downs, *Aegiphila sellowiana* Cham., *Apeiba tibourbou* Aubl., *Miconia fallax* DC., *Miconia ferruginata* DC., *Psidium guajava* L. e *Solanum*

tabacifolium Vell.

Para as espécies pioneiras, que normalmente apresentam requerimentos específicos de condições ambientais para germinar em condições de clareira, os regimes de temperatura alternada podem estar relacionados tanto à superação da impermeabilidade do tegumento a água (Vázquez-Yanes e Orozco-Segovia, 1982; Baskin e Baskin, 1998; Brancalion et al., 2008) como à alteração no balanço de substâncias promotoras e inibidoras da germinação (Bewley e Black, 1982; Vasquez-Yanes e Orozco-Segovia, 1993; Marcos Filho, 2005), podendo também suprir a necessidade de luz para a germinação de sementes fotoblásticas positivas (Godoi e Takaki, 2004).

Nesse sentido, a exigência de regimes de temperatura diferenciados por parte de algumas espécies pioneiras

para a superação da dormência pode dificultar a padronização da temperatura para a germinação, já que, nesses casos, a temperatura pode estar mais relacionada à superação da dormência do que ao favorecimento das reações metabólicas que culminam na germinação. Nesses casos, seria recomendável o estudo do efeito da temperatura em sementes dormentes e com a dormência superada.

Contudo, várias espécies finais da sucessão florestal também tiveram a germinação favorecida por temperaturas alternadas, embora de forma quase sempre conjunta às temperaturas constantes. Dessa forma, os regimes de temperatura alternada podem ser essenciais para a superação da dormência, tanto física como fisiológica, das sementes de espécies pioneiras, embora as sementes de espécies mais tardias da sucessão também possam ser beneficiadas.

CONCLUSÕES

O teste de germinação com sementes de espécies arbóreas brasileiras pode ser conduzido mediante o uso de temperatura constante de 25 °C para as espécies dos biomas Cerrado e Mata Atlântica e de 30 °C para as espécies do bioma Amazônia;

As espécies iniciais da sucessão não requerem temperaturas mais altas para a germinação de suas sementes, mas para a superação da dormência podem ser necessários regimes diferenciados de temperatura.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Júlio Marcos Filho – USP /ESALQ, pela revisão crítica do artigo.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, A.C.S.; SOUZA, A.F.; RAMOS, F.N.; PEREIRA, T.S.; CRUZ, A.P.M. Germinação de sementes de jenipapo: temperatura, substrato e morfologia do desenvolvimento pós-seminal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.3, p.609-615, 2000.
- BACKES, P.; IRGANG, B. **Mata Atlântica**: as árvores da paisagem. Porto Alegre: Paisagem do Sul, 2004. 396p.
- BASKIN, C.C.; BASKIN, J.M. **Seeds**: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. San Diego: Academic Press, 1998. 666p.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **The physiology and biochemistry of seeds**. Berlin: Springer-Verlag, v.2, 1982. 375p.
- BRANCALION, P.H.S.; NOVENBRE, A.D.L.C.; RODRIGUES, R.R.; CHAMMA, H.M.C.P. Efeito da luz e de diferentes temperaturas na germinação de sementes de *Heliocarpus popayanensis* L. **Revista Árvore**, v.32, n.2, p.225-232, 2008.
- BRANCALION, P.H.S.; NOVENBRE, A.D.L.C.; RODRIGUES, R.R.; CHAMMA, H.M.C.P. Estabelecimento da temperatura ótima para a germinação das sementes de 272 espécies arbóreas nativas do Brasil. **Informativo ABRATES**, v.17, n.1, p.55-68, 2007.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Departamento Nacional de Produção Vegetal. Coordenação de Laboratório Vegetal. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília, DF, 1992. 365p.
- DALLING, J.W.; SWAINE, M.D.; GARWOOD, N.C. Dispersal patterns and seed bank dynamics of pioneer trees in moist tropical forest. **Ecology**, v.79, n.2, p.564-578, 1998.
- DURIGAN, G.; BAITELLO, J.B.; FRANCO, G.A.D.C.; SIQUEIRA, M.F. **Plantas do cerrado paulista**: imagens de uma paisagem ameaçada. São Paulo: Páginas e Letras, 2004. 475p.
- GANDOLFI, S.; LEITÃO FILHO, H.F.; BEZERRA, C.L.F. Levantamento florístico e caráter sucessional das espécies arbustivo-arbóreas de uma floresta mesófila semidecídua no município de Guarulhos, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v.55, n.4, p.753-767, 1995.
- GODOI, S.; TAKAKI, M. Effects of light and temperature on seed germination in *Cecropia hololeuca* Miq. (Cecropiaceae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.47, n.2, p.185-191, 2004.
- IVANAUSKAS, N.M.; RODRIGUES, R.R.; NAVE, A.G. Fitossociologia de um trecho de Floresta Estacional Semidecidual em Itatinga, São Paulo, Brasil. **Scientia Forestalis**, n.56, p.83-99, 1999.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil, v.1. 4.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002a. 368p.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil, v.2. 2.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002b. 368p.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas**

- cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. 465p.
- MAYER, A.M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds**. New York: The McMillan Company, 1989. 270p.
- RAICH, J.W.; GONG, W.K. Effects of canopy openings on tree seed germination in a Malaysian dipterocarp forest. **Journal of Tropical Ecology**, v.6, p.203-217, 1990.
- RODRIGUES, R.R.; MARTINS, S.V.; GANDOLFI, S. (Ed.). **High diversity forest restoration in degraded areas: methods and projects in Brazil**. New York: Nova Science Publishers, 2007. 273p.
- RODRIGUES, R.R.; LIMA, R.A.F.; GANDOLFI, S.; NAVE, A.G. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experiences in the Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**, v.142, n.6, p.1242-1251, 2009.
- SALOMÃO, A.N.; SOUSA-SILVA, J.C.; DAVIDE, A.C.; GONZÁLES, S.; TORRES, R.A.A.; WETZEL, M.M.V.S.; FIRETTI, F.; CALDAS, L.S. **Germinação de Sementes e produção de mudas de plantas do cerrado**. Brasília: Rede de Sementes do Cerrado, 2003. 96p.
- SÃO PAULO. Resolução nº58/2006, de 29 de dezembro de 2006. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, São Paulo, 30/12/2006. Seção Meio Ambiente.
- SAS INSTITUTE. **SAS: User's guide: statistics**. Version 8.2. .ed. Cary: SAS Institute Inc., 2002.
- SILVA JÚNIOR, M.C. **100 árvores do cerrado: guia de campo**. Brasília, DF: Rede de Sementes do Cerrado, 2005. 278p.
- THOMPSON, K.; GRIME, J.P.; MASON, G. Seed germination in response to diurnal fluctuations of temperature. **Nature**, v.267, p.147-149, 1977.
- UHL, C. Factors controlling succession following slash-and-burn agriculture in Amazônia. **Journal of Ecology**, v.75, p.377-407, 1987.
- VÁZQUEZ-YANES, C.; OROZCO-SEGOVIA, A. Seed germination of a tropical rain forest pioneer tree (*Heliocarpus donnel-smithii*) in response to diurnal fluctuation of temperature. **Physiologia Plantarum**, v.56, p.295-298, 1982.
- VÁZQUES-YANES, C.; OROZCO-SEGOVIA, A. Patterns of seed longevity and germination in the tropical rainforest. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.24, p.69-87, 1993.
- VIANI, R.A.G.; RODRIGUES, R.R. Sobrevivência em viveiro de mudas de espécies nativas retiradas da regeneração natural de remanescente florestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.8, p.1067-1075, 2007.
- WUETHRICH, B. Biodiversity: reconstructing Brazil's Atlantic Rainforest. **Science**, v.315, p.1070-1072, 2007.