



COMO A INTENSIDADE E A QUALIDADE DA LUZ CONTROLAM A GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE ESPÉCIES OMBRÓFILAS E HELIÓFILAS DA FLORESTA TROPICAL ATLÂNTICA

A.S.R. Carvalho¹

L.G. Andrade¹; A.C.S. Andrade¹

1 - Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Diretoria de Pesquisa Científica, Rua Pacheco Leão 915, CEP 22460 - 030, Rio de Janeiro, RJ. acarvalho@jbrj.gov.br

INTRODUÇÃO

Grande parte da regeneração natural em florestas tropicais ocorre a partir de sementes, sobretudo para espécies arbóreas (Vázquez - Yanes *et al.*, 000). O estudo dos fatores que controlam a germinação de sementes em diferentes ambientes das florestas tropicais é fundamental para a compreensão dos processos de estabelecimento, sucessão e regeneração das espécies. Apesar da grande heterogeneidade de fatores ambientais existentes nas florestas tropicais, a luz é considerada o fator abiótico mais importante para os mecanismos de regeneração e crescimento, diante de sua importância tanto para a germinação de sementes como para o crescimento de plântulas (Montgomery & Chazdon, 2002).

Sob condições naturais, a intensidade (densidade de fluxo de fótons) e a qualidade da luz [razão entre os comprimentos de onda do vermelho:vermelho - extremo (V:VE)] são sinais ambientais que permitem às sementes, através do fitocromo, identificarem a sua localização no ambiente (local sombreado ou ensolarado). Dessa forma, as sementes fotossensíveis são capazes de evitar períodos e locais onde os riscos de mortalidade sejam comparativamente elevados e reconhecer condições potencialmente adequadas ao estabelecimento e sobrevivência de suas plântulas (Pons, 2000; Baskin & Baskin, 2001).

Em relação à qualidade de luz, a razão V:VE da luz incidente é uma indicação do grau de sombreamento no qual as sementes estão expostas, sendo este um importante fator que determina o sucesso do estabelecimento da planta (Orozco - Segovia *et al.*, 1993). A luz direta do sol apresenta valores de razão V:VE de 1,1 - 1,3. Todavia, sob o dossel das florestas tropicais, esta proporção é inferior a 0,2, devido à absorção preferencial da luz vermelha pela clorofila das folhas verdes. Com isso, a luz neste ambiente é rica no comprimento de onda vermelho - extremo e pobre em vermelho, inibindo a germinação de muitas sementes fotossensíveis (Smith, 2000; Daws *et al.*, 2002).

Na literatura clássica sobre florestas tropicais, sementes pe-

quenas foram sempre associadas às espécies heliófilas, que precisam de luz para germinar e crescer, em contraste às espécies de sombra e suas sementes grandes (Swaine & Whitmore, 1988; Vázquez - Yanes *et al.*, 000). Entretanto, sementes pequenas (baixos níveis de reservas) requerem luz para germinação, enquanto a maioria das sementes grandes não apresenta tal exigência (Smith, 2000). Este requerimento garante que sementes pequenas só germinem em condições em que possam fazer fotossíntese e compensar a falta de reservas. Diante disso, formulamos as seguintes perguntas: sementes pequenas de espécies ombrófilas são indiferentes à luz? Se responderem positivamente à luz, tais sementes são menos sensíveis a luz rica em vermelho - extremo (ambiente típico de sombra) que espécies heliófilas? Estudos sobre a germinação de espécies ombrófilas, especialmente em relação à qualidade e intensidade de luz são inexistentes e fundamentais para promover a melhor compreensão sobre a dinâmica da regeneração em florestas tropicais.

OBJETIVOS

Investigar como a intensidade e a qualidade de luz (V:VE) controlam a germinação de espécies que ocupam ambientes distintos da floresta. Para tal, foram escolhidas oito espécies: quatro de sombra [*Begonia bidentata* e *B. dentatiloba* (Begoniaceae), *Leandra reversa* e *Meriania glabra* (Melastomataceae)]; duas típicas de bordas [*Clidemia biserrata* e *Ossaea confertiflora* (Melastomataceae)]; e duas de pleno sol [*Cecropia pachystachya* (Cecropiaceae) e *Miconia albicans* (Melastomataceae)].

MATERIAL E MÉTODOS

As medições microclimáticas e a coleta de sementes foram realizadas na vegetação do entorno da Barragem de Saracuruna (Duque de Caxias-RJ), em área da Floresta Tropical

Atlântica. O clima da região é do tipo tropical úmido, com temperaturas anuais entre 15,7 e 27,7°C e precipitação intensa. A vegetação é do tipo ombrófila densa, com áreas em excelente estado de preservação e outras fortemente modificadas pela ação antrópica.

Para a caracterização do microclima dos diferentes locais onde as espécies foram encontradas, medidas de temperatura do solo, intensidade e qualidade de luz foram realizadas em dias sem nuvens no céu, no verão de 2008. A temperatura do solo foi determinada a 2 cm de profundidade, utilizando dois termômetros de solo (Incotherm). A intensidade de luz ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e a razão entre os comprimentos de onda do vermelho (680nm) e do vermelho-extremo (730nm) (razão V:VE) foram medidas com os sensores SKR 110 e SKP 215, respectivamente, acoplados ao SpectroSense2 SKL 904 (Skye instruments), e posicionados junto aos frutos das espécies estudadas. As medições foram realizadas nos períodos da manhã (9 - 10h), meio do dia (12 - 13h) e tarde (15 - 16h), no sub - bosque (sombra), em área de encosta com vertente à nordeste (borda da floresta) e em área aberta (pleno sol).

Os frutos maduros foram coletados entre 2007 e 2008. As sementes foram retiradas dos frutos, limpas, secas (20°C/20%UR_{ar}) e conservadas a 10°C. Nos experimentos realizados, os testes de germinação foram conduzidos em placas de Petri, sobre papel de filtro umedecido com água destilada, sob temperatura de 25°C. A germinação final foi avaliada após 30 - 50 dias, considerando como critério de germinação a protrusão da raiz primária com geotropismo positivo. Foram utilizadas 40 sementes por repetição, com quatro (experimentos de qualidade de luz) ou oito (experimentos de intensidade de luz) repetições.

A razão V:VE, simulando diferentes níveis de sombreamento encontrados sob condições naturais, foi avaliada a partir do recobrimento de placas de Petri com filmes de poliéster, iluminados com lâmpadas fluorescentes (22W) e incandescentes (15W), sob fotoperíodo de 8 horas. Foram obtidas nove razões V:VE, com respectivos valores de intensidade de luz entre parênteses ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$): 1,18 (118,2); 0,92 (91,5); 0,65 (76,4); 0,34 (43,1); 0,22 (42,0); 0,14 (9,2); 0,07 (8,5) e 0,04 (3,3), além do escuro contínuo. As sementes foram semeadas sob luz verde de segurança (4,1 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; razão V:VE = 0,01).

Considerando que a redução da razão V:VE foi acompanhada pela redução da intensidade de luz, fez - se necessário esclarecer a influência individual de cada um destes fatores sobre a germinação das sementes. Desta forma, a intensidade de luz para a máxima germinação foi testada envolvendo as placas de Petri em filmes de poliéster, de forma que uma mesma razão V:VE fosse proporcionada por duas diferentes intensidades de luz, a saber: 99,7 e 29,7 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (razão V:VE de 0,88); 62,0 e 45,8 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (razão V:VE de 0,50); e 33,1 e 12,6 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (razão V:VE de 0,16). Para que estas medidas fossem alcançadas, as placas de Petri foram expostas as mesmas condições de luz descritas anteriormente. As sementes foram semeadas sob luz verde de segurança (0,6 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; razão V:VE = 0,07). Medições semanais realizadas no decorrer de todos os experimentos demonstraram a manutenção da intensidade de luz e da razão V:VE, ao longo de todo o experimento.

Os valores de germinação (%) foram transformados em arco-coseno $(x/100)^{1/2}$, quando as pressuposições paramétricas não foram atendidas (Santana & Ranal, 2004). A relação entre a porcentagem de germinação e a razão V:VE foi analisada através de regressão logística sigmoideal (Pearson *et al.*, 2003). A comparação entre as espécies foi feita através do valor estimado de razão V:VE no qual 50% da máxima germinação ocorre (V:VE 50% G_{max}). Para o experimento de intensidade de luz, a diferença entre médias foi constatada pelo teste de t.

RESULTADOS

Os experimentos de qualidade de luz mostraram que todas as espécies têm sua germinação influenciada pela razão V:VE. A germinação foi nula sob ausência de luz em todas as espécies estudadas, permitindo a classificação destas como fotoblásticas positivas. Independentemente da espécie analisada, a redução da razão V:VE resultou na redução da porcentagem final de germinação. Entretanto, foi possível observar uma clara distinção nas respostas de germinação entre as espécies de sol e de sombra, em resposta à razão V:VE. O primeiro grupo (espécies típicas de clareiras e bordas da floresta), composto por *C. pachystachya*, *O. confertiflora* e *C. biserrata*, teve sua germinação inibida pelas baixas razões V:VE, com valores de V:VE 50% G_{max} de 0,436, 0,368 e 0,309, respectivamente. O segundo grupo (espécies restritas ao sub - dossel da floresta), do qual fazem parte *B. bidentata*, *B. dentatiloba*, *L. reversa* e *M. glabra*, foi capaz de germinar em razões V:VE consideravelmente mais baixas (V:VE 50% G_{max} de 0,185, 0,140, 0,169 e 0,148, respectivamente). Exceção foi encontrada para *M. albicans*, pois apesar de ser espécie típica de áreas abertas (com alta razão V:VE), apresentou resposta semelhante à encontrada para espécies de sombra (V:VE 50% G_{max} de 0,153).

O resultado obtido para *C. pachystachya*, *C. biserrata* e *O. confertiflora* foi semelhante ao obtido para outras espécies pioneiras (Pearson *et al.*, 2003). As sementes das espécies pioneiras apresentaram um eficiente mecanismo de detecção de qualidade e intensidade de luz pelo fitocromo, capaz de mantê - las dormentes sob baixa razão V:VE, situação típica de locais sombreados. A sua germinação será estimulada quando houver o aumento da razão V:VE, como consequência de aberturas no dossel ou de mudanças na posição da serapilheira (Pons, 2000).

Todas as demais espécies estudadas foram capazes de germinar sob baixa razão V:VE, inclusive *M. albicans* (pioneira). O resultado obtido para esta espécie, ainda que incomum para as colonizadoras de áreas abertas, foi observado anteriormente por outros autores para algumas espécies do grupo das pioneiras (Daws *et al.*, 2002; Pearson *et al.*, 2003). No caso de *M. albicans*, é possível que a incomum coloração de seus frutos imaturos tenha promovido uma maior tolerância à redução da razão V:VE nas sementes e influenciado seu comportamento germinativo, durante a maturação de seus frutos (efeito maternal, sensu Gutterman, 2000). Apesar da revisão bibliográfica realizada, não foram encontrados estudos que tratem da influência da razão V:VE sobre a germinação de sementes de espécies de sombra.

Os resultados deste trabalho e de outros autores demonstraram que a redução da razão V:VE reduziu a porcentagem de germinação das sementes, apesar da clara distinção apresentada entre as espécies de sombra e de sol quanto à capacidade de germinar em baixas razões V:VE. No entanto, é facilmente notável que, sob o dossel das florestas tropicais, a diminuição da razão V:VE é acompanhada pela diminuição da intensidade de luz, gerando dúvidas sobre a influência de cada um destes fatores na germinação de sementes.

Os resultados dos experimentos de intensidade de luz demonstraram que, de maneira geral, a intensidade da luz exerceu pouca ou nenhuma influência sobre a germinação das sementes das oito espécies. Em razões V:VE intermediárias (entre 0,46 e 0,50), a germinação não foi afetada ($P > 0,05$) pelas intensidades de luz testadas, em nenhuma das espécies estudadas. Comportamento semelhante foi observado por Pearson *et al.*, (2003), onde a exposição de sementes de espécies pioneiras (*Cecropia insignis*, *C. peltata*, *C. obtusifolia* e *Miconia argentea*) a duas intensidades de luz (2,2 e 24,2 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e à mesma razão V:VE (0,73), não produziu diferenças significativas entre os valores de germinação final.

Na comparação entre os 24 tratamentos com diferentes intensidades de luz e mesma razão V:VE, testados para oito espécies heliófilas e ombrófilas, verificou-se que em apenas seis casos houve diferenças significativas. Quando submetidas à maior razão V:VE (0,87–0,90), apenas as sementes de *B. bidentata* e *M. glabra* apresentaram germinação significativamente superior nos tratamentos de intensidade de luz mais elevada. De maneira semelhante, para os mais baixos valores de razão V:VE (0,15 - 0,16), apenas as sementes de *L. reversa* e *O. confertiflora*, apresentaram diferenças significativas entre os dois tratamentos, com valores de germinação mais altos sob maior intensidade de luz. Estes resultados foram considerados exceções, nos quais a intensidade da luz demonstrou relativa influência sobre a germinação das sementes, somando - se ao efeito da razão V:VE. Para as espécies *C. pachystachya* e *C. biserrata*, os dois tratamentos de intensidade de luz submetidos à maior razão V:VE (0,87 e 0,88 respectivamente) foram os únicos que apresentaram resultados inesperados e conflitantes, tendo em vista que a máxima germinação foi alcançada sob menor intensidade de luz. Este resultado é incompatível com as áreas de ocorrência destas espécies, nas quais a incidência da luz solar é alta durante algumas horas por dia.

Diversos estudos com espécies tropicais (revisão em Vázquez - Yanes *et al.*, 000) propuseram que sementes fotoblásticas positivas (exigem luz para germinar) são produzidas por plantas heliófilas, ao passo que as plantas ombrófilas produzem sementes indiferentes à luz. Este comportamento pode ser válido para a maioria das espécies ombrófilas, que produzem sementes grandes e pesadas (>10g), mas não para aquelas deste grupo e que produzem sementes pequenas. Os resultados deste estudo comprovam o comportamento fotoblástico positivo para todas as espécies estudadas, cujas sementes são muito pequenas (<1,5mm) e leves (<170g), inclusive as encontradas na sombra (ombrófilas). Neste caso, consideramos que a exigência de luz para a germinação está mais relacionada ao tamanho das sementes do que ao grupo ecológico/tolerância ao som-

breamento da espécie. Em geral, sementes pequenas possuem pequena quantidade de tecidos de reserva e requerem luz para germinação, enquanto que a maioria das sementes grandes não apresenta tal exigência (Smith, 2000). Este requerimento garante que sementes pequenas só germinem em condições em que suas plântulas possam fazer fotossíntese e compensar a falta de reservas.

CONCLUSÃO

Sementes pequenas de espécies ombrófilas e heliófilas necessitam de luz para germinar. As espécies possuem exigências distintas de razão V:VE, condizentes aos ambientes onde são encontradas, não sendo afetadas pela intensidade de luz, para a maior parte das espécies.

(Os autores agradecem o apoio financeiro proporcionado pela REDUC - PETROBRAS, CNPq e ENBT).

REFERÊNCIAS

- Baskin, C.C. & Baskin, J.M. 2001. Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. San Diego, Academic Press. 666p.
- Daws, M.I.; Burslem, D.F.R.P.; Crabtree, L.M.; Kirkman, P.; Mullins, C.E. & Dalling, J.W. 2002. Differences in seed germination responses may promote coexistence of four sympatric *Piper* species. *Functional Ecology*, 16: 258 - 267.
- Gutterman, Y. 2000. Maternal effects on seeds during development. In: Fenner, M. (Ed.). *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities*. Wallingford, CABI Publishing. Pp. 261 - 292.
- Labouriau, L.G. 1983. A germinação das sementes. Washington, OEA. 174p.
- Montgomery, R.A. & Chazdon, R.L. 2002. Light gradient partitioning by tropical tree seedlings in the absence of canopy gaps. *Oecologia*, 131:165 - 174.
- Orozco - Segovia, A.; Sánchez - Coronado, M.E. & Vázquez - Yanes, C. 1993. Light environment and phytochrome - controlled germination in *Piper auritum*. *Functional Ecology*, 7: 585 - 590.
- Pearson, T.R.H.; Burslem, D.F.R.P.; Mullins, C.E. & Dalling, J.W. 2003. Functional significance of photoblastic germination in neotropical pioneer trees: a seed's eye view. *Functional Ecology*, 17: 394 - 402.
- Pons, T.L. 2000. Seed responses to light. In: Fenner, M. (Ed.). *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities*. Wallingford, CABI Publishing. Pp. 237 - 260.
- Santana, D.G. & Ranal, M.A. 2004. Análise de germinação: um enfoque estatístico. Editora da Universidade de Brasília. 247p.
- Smith, H. 2000. Phytochromes and light signal perception by plants-an emerging synthesis. *Nature*, 407: 585 - 591.
- Swaine, M. & Whitmore, T. C. 1988. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. *Vegetatio*, v.75: 81 - 86.
- Vázquez - Yanes, C.; Orozco - Segovia, A.M.; Sánchez - Coronado, M.E.; Rojas - Arechiga, M. & Batis. A.I. 2000. Seed ecology at the northern limit of tropical rain forest. In: Black, M.; Bradford, K.J. & Vázquez - Ramos, J. *Seed Biology*. CAB International, London. Pp 375 - 388.