

## **Alguns aspectos da ecologia de sementes de duas espécies de plantas invasoras da Amazônia Brasileira: implicações para o recrutamento de plântulas em áreas manejadas**

**Moacyr Bernardino Dias-Filho**

Eng. Agrônomo, M.Sc., Ph.D.  
Embrapa Amazônia Oriental  
moacyr@cpatu.embrapa.br  
www.diasfilho.com.br

### **Resumo:**

O conhecimento acerca da ecologia de sementes de espécies de plantas invasoras tem sido importante na avaliação e previsão do potencial de ocorrência e abundância destas espécies em certos microhabitats. O efeito da luz, do nível de nitrato, do estresse hídrico e a da profundidade de semeadura sobre a germinação de sementes e a emergência de duas espécies pioneiras da região neotropical, *Vismia guianensis* e *Solanum crinitum*, foram estudadas sob condições controladas. A influência da profundidade de semeadura e o tempo de permanência no solo sobre a longevidade de sementes de *S. crinitum* no campo foi também determinada. Ambas as espécies germinaram no escuro. O nível de nitrato estimulou a germinação de *S. crinitum* tanto em ambiente escuro como no iluminado, mas acarretou em um efeito negativo moderado sobre a germinação de *V. guianensis*. Contrariamente, para *S. crinitum*, a germinação de *V. guianensis* não foi muito reduzida pelo aumento do estresse osmótico. As plântulas de *Vismia guianensis* emergiram melhor na superfície do solo e de profundidades menores do que 2 cm. As plântulas de *Solanum crinitum* foram capazes de emergir de profundidades superiores a 8 cm, mas o máximo de emergência foi conseguido de sementes plantadas a 1-2 cm de profundidade. As características de longevidade de sementes de *Solanum crinitum* no campo sugeriram que esta espécie pode originar-se do banco de sementes do solo, e que práticas que resultam no enterrio de sementes podem, na verdade, aumentar a sua persistência no banco de sementes. Estes resultados são discutidos em relação as suas implicações ecológicas e agronômicas para a Amazônia oriental brasileira.

## Introdução

Durante os últimos 30 anos, grandes áreas de floresta na Amazônia brasileira têm sido desmatadas para atividades agrícolas. Devido às extremas mudanças nas condições ambientais (p.e. aumento de irradiação, maior variabilidade diária na temperatura do solo e ar, e mudanças marcantes no regime de umidade do solo) nestas áreas desmatadas, alguns espécies de plantas nativas, que eram originalmente restritas às bordas de florestas ou clareiras, aumentaram em abundância. Como conseqüência, a importância ecológica e agrônômica destas espécies tem mudado de modo significativo. Por exemplo, muitas tornaram-se importantes ervas daninhas em área de agricultura ativa ou prosperaram em áreas abandonadas (veja Albuquerque 1980, Dantas 1989, Dias-Filho 1990, Nepstad 1989).

As informações sobre as particularidades da história de vida de espécies de plantas tem sido crítica no sentido de auxiliar nas explicações e previsões de seus padrões de ocorrência e abundância sob condições específicas do ambiente ou do manejo empregado. Para as espécies invasoras, o comportamento da germinação das sementes pode ser um aspecto crítico neste contexto. O conhecimento dos requerimentos para a germinação de sementes de espécies de ervas daninhas pode ser relevante tanto para uma perspectiva ecológica quanto agrônômica. Por exemplo, grande parte da perda de sementes do solo (declínio do banco de sementes do solo) parece ser atribuída a germinação (Schafer & Chicote 1970); por esta razão, um declínio no banco de sementes seria maior sob condições ambientais que favorecessem a germinação de determinadas espécies. A importância da germinação para o controle de ervas daninhas pode ser enfatizada pelo fato de que, ao contrário das sementes que apresentam dormência e que geralmente não são afetadas pelas práticas de controles de ervas daninhas, as sementes que germinam, se transformando em plântulas, são normalmente vulneráveis. Deste modo, o conhecimento do padrão e da influência de fatores ambientais sobre a germinação de sementes é essencial para o desenvolvimento de programas de controle preventivo de ervas daninhas.

*Vismia guianensis* (Aubl.) Choisy (Guttiferae) e *S. crinitum* Lam. (Solanaceae) são espécies lenhosas nativas e pioneiras da América tropical e são encontradas como colonizadoras de área desmatadas, em clareiras naturais na floresta e também em áreas

agrícolas ativas e abandonadas da Amazônia brasileira (Albuquerque 1980, Dantas 1989, Dias-Filho 1990). Ambas as espécies são dispersas principalmente por morcegos (Charles-Dominique 1986, Whalen 1984), apesar de pássaros se alimentarem também seus frutos. Nas áreas de pastagens os frutos de *Solanum* são também consumidos pelo gado, o qual facilita a dispersão de sementes desta espécie (Dias-Filho, observação pessoal). Devido a sua natureza de invasora, estas espécies são consideradas como ervas inoportunas de áreas com agricultura perene como as pastagens cultivadas na Amazônia brasileira (Dias-Filho 1990). Apesar de ambas as espécies serem capazes de reprodução vegetativa (Dias-Filho 1990), elas se utilizam, na maioria das vezes, da dispersão e germinação de suas sementes para invadirem e colonizarem áreas agrícolas ativas e abandonadas e clareiras na floresta (Dias-Filho, observação pessoal).

Apesar de *Vismia* e *Solanum* serem espécies importantes em termos ecológicos e agrícolas para a Amazônia brasileira, não existe nenhuma informação publicada sobre a sua ecologia de germinação e longevidade de sementes no solo. Tal conhecimento pode contribuir com importantes informações para ajudar na determinação do potencial de ocorrência e abundância destas espécies em certos microhabitats e também ajudar na previsão se estas espécies estão em vias de expandirem em larga escala suas áreas de ocorrência.

Devido a variações no potencial hídrico e no nível de nitrato em áreas de pastagens ou agricultura em resposta às mudanças temporais na disponibilidade de água do solo e na atividade de microorganismos, e a variações no nível de luz que atinge o solo devido a vegetação e a cobertura da liteira, torna-se vital saber a resposta germinativa de sementes de ervas daninhas a estes fatores. Também, nestes ambientes o pisoteio do gado, o cultivo do solo e outros agentes físicos e biológicos podem, muitas vezes, mudar a posição de sementes no perfil do solo; conseqüentemente, é importante saber a resposta de emergência de plântulas a diferentes profundidades de plantio. A resposta de emergência a profundidade de plantio pode também ser útil para determinar a habilidade das espécies, imediatamente após a germinação, em alongar seus hipocótilos a fim de superar as barreiras físicas à captura de luz ao longo do desenvolvimento da plântula. Além disto, as informações sobre a

sobrevivência de sementes no solo pode prover uma importante informação sobre os seus padrões de persistência e esgotamento no banco de sementes.

O objetivo desta pesquisa foi determinar o modo pelo qual a luz, nitrato, estresse hídrico e a profundidade de plantio podem afetar a germinação e a resposta de emergência de *Vismia guianensis* e *Solanum crinitum*. Além disso, foram determinadas as influências da profundidade de semeadura e o tempo de permanência no solo sobre a longevidade de sementes de *Solanum* em condições de campo. Estas informações devem auxiliar no entendimento e previsão do padrão de ocorrência destas espécies sob condições naturais e também ajudar no fornecimento das bases para o desenvolvimento de estratégias de controle em ambientes agrícolas.

## **Material e Métodos**

As sementes de ambas as espécies foram coletadas em áreas de pastagem abandonada próximas à cidade de Paragominas (3° 05' - 47° 21' W) na região leste da Amazônia brasileira. Após as coletas, as sementes foram limpas e estocadas a baixa umidade até o início dos experimentos, 6 a 10 meses após.

### *Experimento 1: resposta germinativa a luz e nitrato.*

O estresse hídrico para a germinação de sementes é imposto pelas forças osmóticas e matriciais na matriz do solo. Os efeitos do nitrato e da luz foram determinados em uma câmara de crescimento (Percival, Modelo PT 80, Boone, IA) com temperatura regulada para 31 °C (dia) e 24 °C (noite), e um fotoperíodo de 12 h. Luz fluorescente forneceu, em média,  $200\mu\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  de radiação fotossinteticamente ativa (PPFD). Dois grupos de placas de petri de vidro de 9 cm com duas folhas de papel de filtro (Whatman No. 1 Whatman International Ltd. Maidstone, England) receberam 7 ml de 0, 5 ou 10 mM de  $\text{KNO}_3$ . Água deionizada foi usada para o padrão de 0 mM. Um grupo de placas de petri foi envolvido por duas camadas de papel alumínio para excluir a luz. Todas as placas foram lacradas com parafilme (Laboratory film. American National Can. Greenwich, CT). O experimento foi

concluído após 21 dias para ambas as espécies e a germinação foi, então, determinada. Ensaio preliminares mostraram que este período foi ideal para o máximo de germinação destas espécies nas câmaras de crescimento.

### *Experimento 2: resposta germinativa ao estresse osmótico.*

O efeito do estresse osmótico sobre a germinação foi determinado em solução de água com potencial osmótico de -0.2, -0.4, -0.6, 0.8 e -1.0 MPa, preparado pela dissolução de quantidades apropriadas de polietileno glicol(PEG 8000) em água deionizada (Smith et al. 1992). A água deionizada pura foi utilizada como padrão de 0 MPa no experimento. As sementes foram incubadas em placas de petri de vidro com 9 cm sobre duas folhas de papel de filtro em uma câmara de crescimento regulada para um fotoperíodo de 12 h e uma regime de temperatura de 31/24°C. Cada placa de petri recebeu 20 sementes de uma espécie e 7 ml da solução apropriada. A solução e os papéis de filtro foram renovados a cada dois dias para minimizar mudanças no potencial osmótico ao longo do tempo (Emmerich & Hardegre 1990). Todas as placas foram lacradas com uma tira de parafilme. Antes da incubação, as sementes de *Solanum* foram escarificadas com ácido sulfúrico por 30 min para quebrar a dormência tegumentar; um ensaio prévio mostrou que este tratamento pode aumentar a germinação destas espécies em aproximadamente 80 %. Nenhuma característica de dormência foi detectada em *Vismia* (Dias-Filho, observação não publicada). A contagem das germinações foi realizada a cada dois dias durante 36 dias para *Vismia* e 32 dias para *Solanum*. Ensaio preliminares indicaram que este período foi no mínimo 50 % superior daquele requerido para o máximo de germinação das espécies nas câmaras de crescimento.

### *Experimento 3: resposta da emergência à profundidade de plantio.*

As sementes de cada espécie foram plantadas em vasos plásticos com 15 cm de diâmetro sobre a superfície do solo e a profundidades de 1, 2, 3, 6, 8, e 10 cm. Os vasos foram preenchidos com 250 g (peso seco) de um solo orgânico e colocados em casa de vegetação com temperatura variando de  $33 \pm 2.1$  °C durante o dia a  $24 \pm 2.2$  °C durante a

noite. Além da luz natural, lâmpadas de 400 W estenderam o comprimento do dia para 12 h e mantiveram o PPFD, medido a superfície do solo, por volta de  $900\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . O solo foi inicialmente irrigado até a saturação e, então, regado diariamente. Dez sementes *Vismia* ou *Solanum*, de tamanhos uniformes, foram plantadas em cada vaso. Antes do plantio, as sementes de *Solanum* foram escarificadas com ácido sulfúrico por 30 min. As emergências destas espécies foram registradas diariamente durante 60 (*Vismia*) ou 50 (*Solanum*) dias. Ensaio preliminares, indicaram que estes períodos eram pelo menos duas vezes maiores em relação aqueles requeridos para a germinação máxima destas espécies na casa de vegetação. As plântulas foram consideradas como emergidas após terem rompido a superfície do solo.

#### *Experimento 4: profundidade de plantio e longevidade das sementes de Solanum.*

A influência da profundidade de plantio e tempo de permanência no solo sob a longevidade de sementes de *Solanum* foi avaliada em um experimento estabelecido em agosto de 1992, em um Latossolo amarelo argiloso (Oxisol) em uma área de pastagem abandonada próximo à Paragominas, na Amazônia oriental brasileira. A área tem uma precipitação anual de 1750 mm, com uma estação chuvosa (dezembro a junho) e outra seca (julho a novembro) (Dias-Filho et al. 1992). Sementes foram coletadas a partir de uma população local no campo, foram limpas, secas a temperatura ambiente (cerca de 27°C) por dois dias, e estocadas em sacos de papel a temperatura ambiente até o início do experimento, um dia depois. A viabilidade inicial das sementes, determinada no laboratório pelos testes de germinação de sementes escarificadas com ácido, foi de 85 %. Grupos de 100 sementes cada foram acondicionados em pequenas (cerca de 15 cm<sup>2</sup>) bolsas confeccionadas com tecido de nylon e colocadas sobre a superfície do solo (levemente coberta por solo) ou enterradas a profundidades de 5 ou 10 cm.

As bolsas foram retiradas 6, 10, 14 e 18 meses após. Em cada ocasião, as sementes foram removidas das bolsas e o número de sementes viáveis foi determinado. As sementes foram consideradas viáveis se estas estavam inteiras, não danificadas e firmes quando pressionadas com a ponta de uma pinça. A viabilidade foi confirmada pelo teste de germinação de sementes firmes sob as mesmas condições descritas no experimento 1 para

sementes tratadas com 5 mM de  $\text{KNO}_3$ . As sementes que, no entanto não germinaram foram tratadas com ácido sulfúrico por 30 min e colocadas para germinar como previamente descrito. O restante de sementes não germinadas foi colocado em água por 30 min., o tegumento foi cortado em um dos lados paralelo ao embrião e posteriormente colocado em solução de tetrazólio a 1 % . As sementes foram deixadas no escuro a 40 °C por quatro a cinco horas. As sementes com embriões que se tornaram tingidas de róseo a vermelho após a incubação, foram consideradas viáveis. Para as sementes de 14 e 18 meses, somente o teste do tetrazólio foi realizado para confirmação da viabilidade.

#### *Delineamento experimental e análise estatística.*

Para os experimentos de germinação (experimentos 1 e 2), cada tratamento foi repetido cinco vezes em um delineamento de blocos ao acaso (experimento 2) ou inteiramente casualizado (experimento 1). Para os experimentos de profundidade de emergência (experimento 3), os tratamentos foram repetidos quatro vezes em um delineamento de blocos ao acaso (cada vaso representou uma repetição de uma determinada profundidade). O experimento sobre a longevidade de sementes de *Solanum* (experimento 4) foi um split-plot organizado em um delineamento de bloco completos ao acaso, com a duração do plantio como as parcelas principais, as profundidades de plantio como as subparcelas, e três repetições. Todos os experimentos conduzidos em ambiente controlado foram repetidos uma vez apresentando resultados similares, mas somente um grupo de dados é apresentado. Cada grupo de dados foi submetido ao teste de Levene e exame gráfico dos resíduos para testar a homogeneidade das variâncias. A normalidade dos dados foi examinada graficamente. A transformação do Arcoseno ( $\sqrt{y}$ ) foi requerida para todos os dados experimentais, com exceção dos dados dos ensaios de luz e nitrato de *Vismia* e dos dados do experimento 4. Os dados de cada experimento foram submetidos à análise de variância. Aqueles transformados foram re-transformados para apresentação. Dentro de cada espécie e experimento, as médias dos tratamentos foram comparadas através de contrastes ou pelo teste de comparação múltipla de Tukey ( $p = 0.05$ ). As médias do experimento 4 foram comparadas pelo método da diferença mínima significativa (DMS) de

acordo com Milleken & Johnson (1992, pg. 300). As análises estatísticas foram efetuadas pelo programa STATISTICA versão para WINDOWS (STATISTICA for Windows 1994), MINITAB vs. 9.2 para Windows (MINITAB 1993), ou SYSTAT vs. 5.03 (Wilkinson 1990).

## Resultados e Discussão

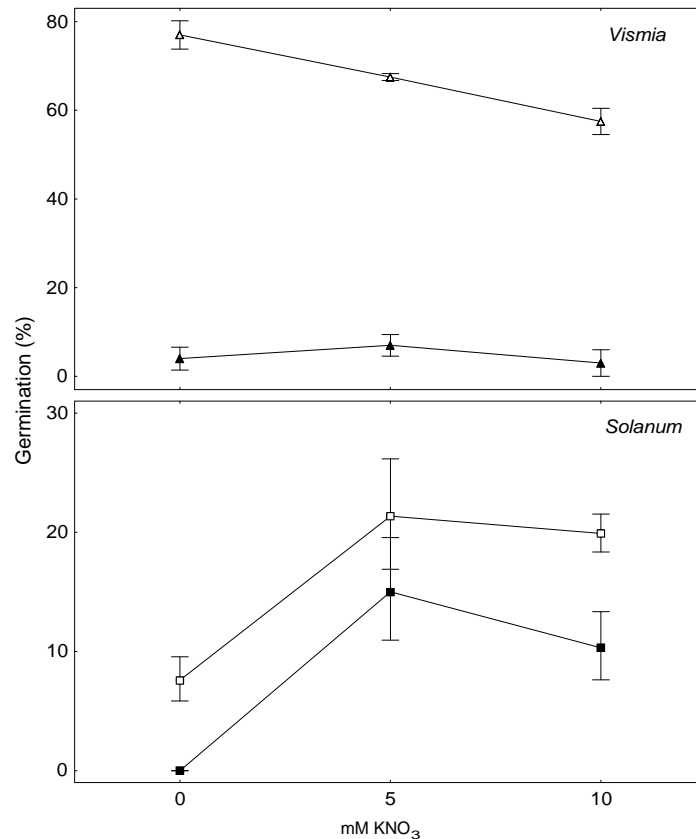
### Experimento 1: resposta da germinação a luz e nitrato

A resposta da germinação à luz indicou que tanto as sementes de *Vismia* como de *Solanum* tem um comportamento fotoblástico positivo (Figura 1). Contudo, este comportamento foi mais pronunciado em *Vismia*. Apesar da germinação no escuro ter sido muito reduzido em *Vismia*, esta espécie foi capaz de germinar na ausência de luz (Figura 1). Nenhum efeito do nitrato pôde ser detectado sobre *Vismia* em condições de escuridão ( $F_{1,24} = 0.1$ ;  $p = 0.76$ ). Contudo, o nitrato teve um efeito negativo ( $F_{1,24} = 20.4$ ;  $p = 0.001$ ) sobre a germinação de *Vismia* sob iluminação, reduzindo a germinação em 12 e 25 %, respectivamente, para os tratamentos com 5 e 10 mM. Contrário a *Vismia*, a germinação de *Solanum* foi positivamente estimulada pelo nitrato tanto na presença ( $F_{1,24} = 13.8$ ,  $p = 0.001$ ) como na ausência ( $F_{1,24} = 49.1$ ;  $p = 0.001$ ) de luz (Figura 1). O efeito inibitório do nitrato em sementes de *Vismia* provavelmente não foi causado pela sensibilidade ao alto potencial osmótico pois, ao contrário de *Solanum*, esta espécie foi capaz de germinar em potenciais osmóticos relativamente elevados (veja experimento 2). Em um estudo similar com um grupo de espécies pioneiras da Amazônia venezuelana, incluindo uma espécie do gênero *Solanum* e uma de *Vismia*, foi mostrado que a germinação na ausência de luz não foi influenciada pelo nitrato (Uhl & Clark 1983). Contudo, é possível que a alta concentração de nitrato usado naquele estudo (0.1 M) pode ter inibido a germinação das espécies estudadas.

A dormência regulada pela luz é bem estabelecida com um importante mecanismo pelo qual as sementes podem responder a presença de clareiras na vegetação e na liteira. Este mecanismo, contudo, pode operar somente na superfície do solo, ou muito próximo a esta, uma vez que tem sido demonstrado que quantidades de luz, com efeitos fisiologicamente e ecologicamente significantes, raramente penetram mais do que 4-5 mm



através do solo, e que qualquer penetração além de 10 mm seria geralmente insignificante (Tester & Morris 1987).



**Figura 1.** Efeito da luz e níveis de nitrato na percentagem de germinação de *Vismia* e *Solanum*, aos 21 dias após o plantio. Cada valor é média de 20 sementes, com cinco repetições. Barras verticais representam  $\pm 1$  erro padrão da média. Luz = símbolos claros e linhas cheias; escuro = símbolos escuros e linhas pontilhadas.

Tem sido proposto também que a quebra da dormência das sementes pelo nitrato na ausência de luz operaria como um mecanismo de detecção da presença de uma clareira (Pons 1989). Este mecanismo possibilitaria que sementes enterradas de certas espécies “percebessem” a presença de plantas próximas através da concentração de nitrato na solução do solo; uma concentração relativamente alta de nitrato poderia ser indicativo de nenhuma ou poucas plantas vizinhas (Pons 1989). O presente resultado mostra que este mecanismo poderia operar em sementes de *Solanum*. Pela probabilidade decrescente de uma competição prematura entre plântulas por luz ou outros recursos com plantas vizinhas, este mecanismo poderia ser de grande significância adaptativa para uma espécie adaptadas a ambientes não

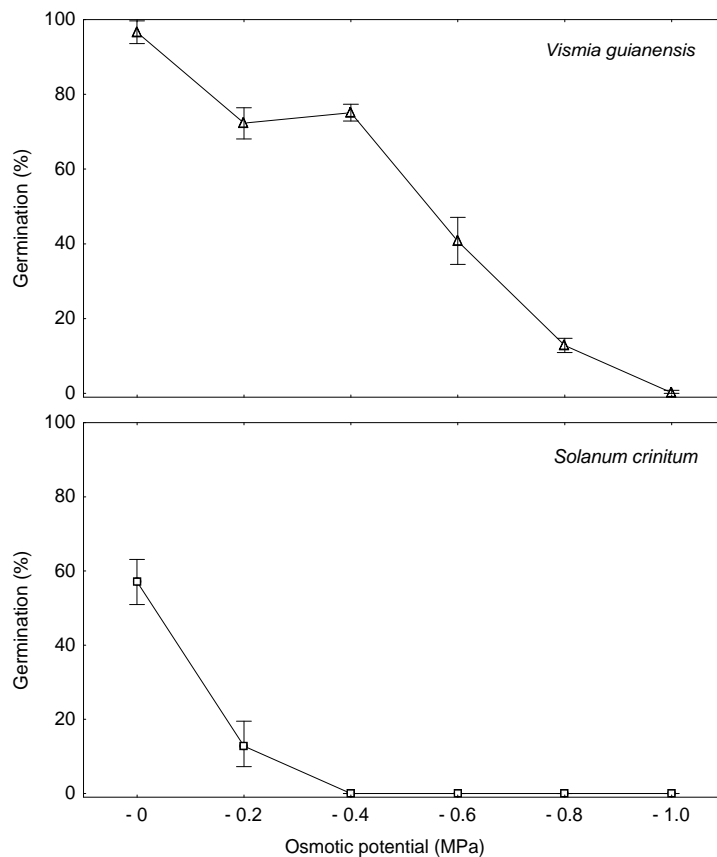
sombreados e invasora de clareiras como *Solanum*. Além disso, a descoberta que a germinação de *Solanum* é estimulada pelo nitrato na ausência de luz pode, de certa forma, explicar o fato que, em áreas de pastagem, esta espécie é conhecida por emergir do interior de “bolos” de esterco bem antes destes sofrerem completa desintegração (Dias-Filho, observações não publicadas). Como no presente estudo nenhuma germinação foi observada a partir das sementes incubadas no escuro em meio livre de nitrato, parece razoável concluir que, sob condições naturais, as sementes de *Solanum* dentro do “bolo” de esterco provavelmente experimenta concentrações de nitrato que estimulariam a sua germinação. Visto que os frutos desta espécie são reconhecidamente consumidos por ruminantes bem como por outros mamíferos, poderia especular-se que a quebra da dormência da semente pelo nitrato na ausência de luz pode também ter evoluído como uma resposta adaptativa a seu modo de dispersão.

Devido a concentração de nitrato na solução do solo flutuar sazonalmente no campo em consequência das mudanças de atividade de microorganismos do solo, sob condições naturais *Solanum* pode sofrer um pico de germinação durante períodos de relativamente alta concentração de nitrato no solo como após o reumidecimento, seguido de um período de secagem do solo. Também, poderia ser especulado, que, no campo, fertilizantes contendo nitrato poderiam também estimular a germinação de sementes dormentes dessa espécie. Trabalho conduzido na Amazônia brasileira mostrou que uma área de pastagem fertilizada com nitrogênio na fase de estabelecimento, apresentava maior percentual de plantas invasoras quando comparada com uma área adjacente não fertilizada ou fertilizada somente com fósforo (Dias Filho 1986). Poderia especular-se que tal resposta foi, pelo menos em parte, causada pelo efeito estimulante do nitrato na germinação de sementes de algumas espécies invasoras.

## Experimento 2: resposta da germinação ao estresse osmótico

*Vismia* e *Solanum* mostraram respostas distintas ao aumento do estresse osmótico. A germinação de *Solanum* foi muito sensível ao estresse osmótico, decrescendo em 78 % de 0 Mpa (sem estresse de umidade) a -0.2 Mpa e tornando-se zero no potencial osmótico menor

que -0.2 Mpa (Figura 2). Em comparação a *Solanum*, a germinação em *Vismia* foi muito menos afetada pelo aumento do estresse osmótico. Para esta espécie a germinação a -0.2 Mpa foi reduzida em somente 33 % comparada a germinação a 0 Mpa (Figura 2). Apesar do decréscimo do potencial osmótico ter causado uma reduzida germinação em *Vismia*, a germinação foi observada a um potencial superior a -1.0 Mpa, onde a germinação foi 6 % (Figura 2). A resposta de *Vismia* ao aumento do potencial osmótico foi similar ao observado por Smith et al. (1992) para *Sida rhombifolia*, uma espécie conhecida por coexistir com *Vismia* em áreas de pastagem ativa na Amazônia brasileira (Dias-Filho 1990). Contudo, naquele estudo, *S. rhombifolia* não foi capaz de germinar a um estresse osmótico de -1.0 Mpa (Smith et al. 1992).



**Figura 2.** Efeito do estresse osmótico na percentagem de germinação de *Vismia* e *Solanum*, aos 36 (*Vismia*) ou 32 (*Solanum*) dias após o plantio. Cada valor representa a média de 20 sementes, com cinco repetições. Barras verticais representam  $\pm 1$  erro padrão da média. Luz = símbolos claros e linhas cheias; escuro = símbolos escuros e linhas pontilhadas.

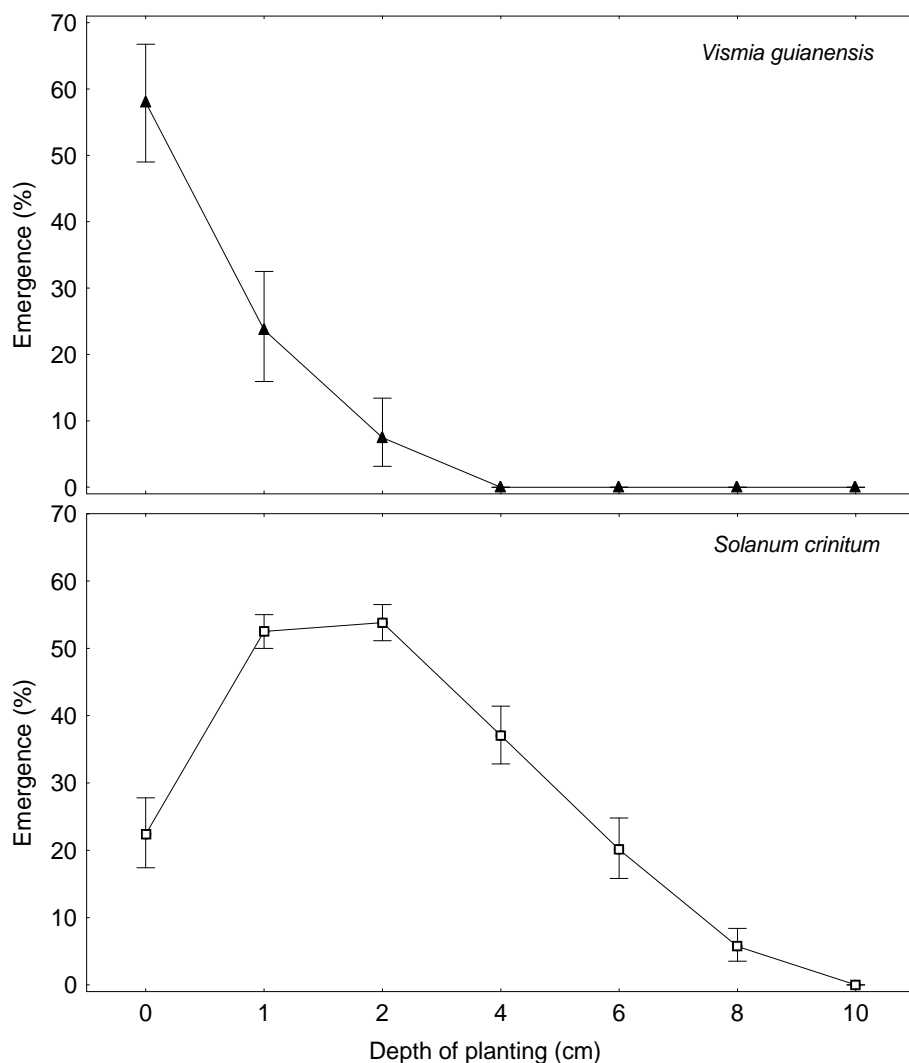
A resposta da germinação de *Vismia* e *Solanum* ao aumento do estresse osmótico é um indicativo de uma maior habilidade de *Vismia* em colonizar áreas sujeitas a elevados estresse de umidade do solo e concorda com os resultados de estudos comparativos sobre a resposta destas espécies ao estresse de umidade do solo (Dias-Filho 1995; Dias-Filho & Dawson 1995); em um destes estudos, *Vismia* mostrou-se mais tolerante a seca e mais eficiente no uso da água do que *Solanum*. Deste modo, a resposta da germinação de *Solanum* aos potenciais osmóticos baixos pode refletir a estratégia para favorecer a sobrevivência de plântulas, permitindo a germinação somente quando e onde as condições para o estabelecimento de plântulas fossem adequadas.

Experimento 3: resposta da emergência de plântulas à profundidade de plantio.

A emergência de plântulas de *Vismia* foi restrita a sementes plantadas na superfície do solo e a profundidades de até 2 cm (Figura 3). Considerando a reduzida massa da semente de *Vismia* (peso médio da semente  $\pm$  D.P.;  $0.5 \pm 0.08$  mg, n=52), a emergência de profundidades maiores do que 2 cm foi provavelmente limitada pela habilidade desta espécie prover reservas alimentares suficientes para um alongamento adequado do hipocótilo e não pela falta de luz. De fato, os resultados obtidos no experimento 1 mostraram que *Vismia* é capaz de germinar no escuro (Figura 1). Também, pelo exame do solo após a conclusão do experimento, foi observado que algumas sementes realmente germinaram em profundidades superiores a 2 cm, mas a extensão do hipocótilo (2-3 cm) não foi suficiente para as plântulas atingirem a superfície do solo (dados não apresentados).

Para uma espécie com semente relativamente pequena (média do peso da semente  $\pm$  D.P.;  $4.16 \pm 0.77$  mg, n=52), *Solanum* mostrou uma notável capacidade de emergir de grandes profundidades de plantio. As sementes foram capazes de emergir de profundidades superiores a 8 cm, para qual a taxa de emergência foi de 6 % (Figura 3). Contudo, a emergência de plântulas desta espécie foi maior naquelas sementes plantadas a profundidades menores, ainda que a emergência a partir das sementes plantadas sobre a superfície do solo tenha sido significativamente menor (Teste de comparação múltipla de Tukey,  $p < 0.001$ ) do que daquelas plantadas a 2 e 1 cm de profundidade (Figura 3). Como

sugerido por outros autores (veja Fenner 1985), a baixa emergência a partir de sementes plantadas na superfície do solo foi provavelmente causada pelo reduzido contato entre a semente e o solo, o que causou a dessecação destas. Estudos similares têm também encontrado emergência reduzida de plântulas a partir de sementes de ervas daninhas plantadas na superfície do solo (p.e. Baird & Dickens 1991, Kruger 1982). A resposta da germinação observada para *Solanum* em ensaios de estresse osmótico (Figura 2) suporta a conclusão acima, sugerindo que a germinação desta espécie é realmente muito sensível a estresse de umidade.



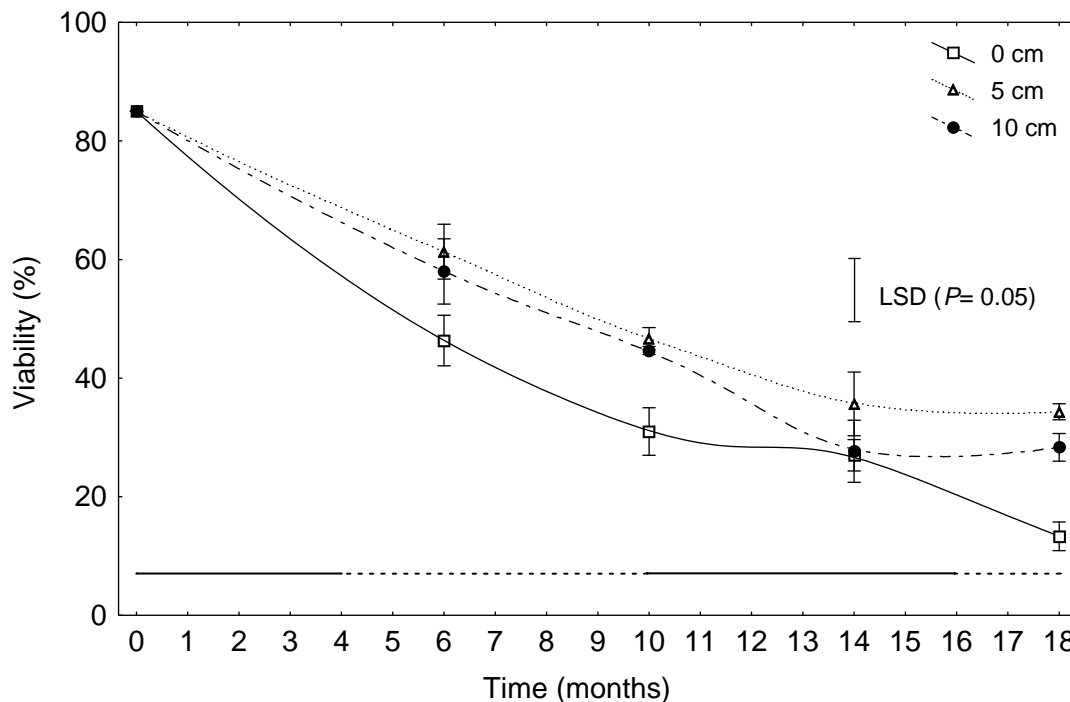
**Figure. 3.** Efeito da profundidade de plantio na percentagem de emergência de *Vismia* e *Solanum*, aos 60 (*Vismia*) ou 50 (*Solanum*) dias após o plantio. Cada valor é a média de 10 sementes com quatro repetições. Barras verticais representam  $\pm 1$  erro padrão da média.

É interessante observar que *Solanum* apresentou habilidade para emergir de maiores profundidades do que *Vismia*. Como ambas as espécies germinaram no escuro (experimento 1, Figura 1), pode-se especular que sementes de *Solanum*, que tem maior tamanho (cerca de oito vezes maior que as de *Vismia*), provavelmente contém maior reserva de energia para suportar a emergência de plântulas de grandes profundidades de plantio. A falta de uma adequada reserva de energia da semente ou o seu pequeno tamanho tem também sido sugerido, em outros estudos, como uma possível causa da falha na emergência de plântulas de grandes profundidades de plantio.

Uma vez que, sob condições naturais, as características físicas do solo (p.e. textura do solo, grau de compactação) podem variar grandemente entre microhábitat e, como conseqüência, as sementes a uma mesma profundidade de plantio, mas a distâncias horizontais diferentes no perfil do solo, não devem sempre estar submetidas ao mesmo grau de impedimento físico para emergência de plântulas, o presente resultado pode não ser diretamente aplicável para as condições de campo. Contudo, estes resultados indicam que, em relação ao seu tamanho, sementes de *Solanum* têm uma marcante capacidade para a extensão do hipocótilo (isto é, habilidade para emergir). Sob condições naturais, tal habilidade ajudaria na melhora do potencial para o estabelecimento de plântulas quando e onde fosse necessário um alongamento extra do hipocótilo para captura de luz.

#### Experimento 4: profundidade de plantio e longevidade de sementes de *Solanum*.

Para todas as profundidades, mas particularmente na superfície do solo, existiu uma perda significativa na viabilidade durante o período de plantio. Diferentemente de espécies de zonas temperadas, a maiorias das espécies tropicais são geralmente tidas como sendo de muito menor longevidade no solo (para uma revisão veja Fenner 1985 e Garwood 1989). Em relação a viabilidade inicial (85 % no tempo 0) sementes de *Solanum*, ao final do experimento (18 meses) mostraram perdas de 84%, 60 % e 67 % da viabilidade, respectivamente, na superfície do solo e a 5 cm e 10 cm de profundidade de plantio (Figura 4).



**Figura. 4.** Viabilidade de sementes de *Solanum* em resposta ao tempo e profundidade de plantio. Cada valor representa a média de 100 sementes, com três repetições. A linha horizontal indica o comprimento das estações seca (linha sólida) ou chuvosa (linha pontilhada) durante o período experimental. Os desvios das médias são  $\pm 1$  erro padrão da média. A barra da diferença mínima significativa (DMS) compara médias dentro de uma mesma profundidade e tempo.

Embora a metodologia usada não permita uma estimativa positiva da proporção exata da perda de sementes através da germinação *in situ*, em comparação a sementes que morrem sem germinar, vestígios de plântulas puderam ser observados nos recipientes enterrados em todas as profundidades de plantio e em todas as datas de avaliação (dados não apresentados). Esta observação sugere que a germinação pode contribuir com uma parcela importante no declínio do banco de sementes para esta espécie.

A forma da curva ajustada para os dados de viabilidade das sementes colocadas na superfície do solo (Figura 4) sugere que o declínio em viabilidade é relativamente menor na estação de seca tornando-se mais intenso nas avaliações feitas durante a estação chuvosa. Esta característica é provavelmente causada pelas condições extremamente variáveis (e.g., grandes flutuações diurnas em temperatura e umidade) que devem ter sofrido as sementes na superfície do solo durante a estação das chuvas; esta condição poderia ajudar a quebrar a

dormência tegumentar existente em *Solanum*, aumentando a sua germinação e dessa forma, diminuindo a sobrevivência da semente. Por outro lado, durante a estação de seca, sementes de *Solanum* na superfície do solo raramente experimentaríamos condições de umidade suficientemente longas para provocar a germinação. As mesmas circunstâncias podem também explicar a tendência para uma menor persistência de sementes de *Solanum* na superfície do solo, observada durante o período de avaliação (Figura 4), visto que uma proporção relativamente alta de sementes foi provavelmente perdida via germinação na superfície do que a 5 ou 10 cm de profundidade. Este resultado está de acordo com outros estudos desenvolvidos em áreas tropicais e temperadas, nos quais se observou que quanto mais profunda a semente está enterrada maior é a sua persistência no banco de sementes (Bourdôt & Hurrell 1992, Bridgemohan et al. 1991, Eberlein 1987, Ralphs & Cronin 1987, Schwerzel 1976).

### **Implicações práticas**

O presente estudo demonstrou que tanto *Vismia* como *Solanum* parecem responder a um amplo intervalo de condições ambientais que reconhecidamente ocorrem em áreas manejadas na Amazônia oriental brasileira. Ambas as espécies foram capazes de germinar no escuro, e os íons de nitrato estimularam significativamente a germinação de *Solanum* tanto na presença como na ausência de luz, tendo sido detectado efeito negativo moderado destes íons na germinação de *Vismia* na presença de luz. *Vismia* foi muito tolerante ao estresse osmótico e emergiu melhor na superfície do solo, enquanto *Solanum* foi menos tolerante ao decréscimo do potencial osmótico e emergiu melhor de profundidade superiores a 4 cm do que na superfície do solo. A descoberta de que estas duas plantas pioneiras foram capazes de geminar no escuro (Figura 1 e 3) e que o nitrato estimula de maneira significativa a germinação no escuro de *Solanum* contraria Uhl & Clark (1983) que relataram um requerimento absoluto de luz (e sem efeito do nitrato) para a germinação de um grupo de espécies pioneira da Amazônia venezuelana, incluindo uma espécie do gênero *Vismia* e uma de *Solanum*.



Já que os frutos de *Solanum* são reconhecidamente consumidos por ruminantes nas pastagens, a habilidade desta espécie para geminar no escuro (Figura 1 e 3) e sua grande plasticidade para a extensão do hipocótilo (Figura 3) poderia ser visto como tendo um considerável valor de sobrevivência para sementes dispersas por estes animais, auxiliando na emergência de plântulas a partir de suas fezes. Como a sobrevivência de sementes através do trato digestivo e nas fezes de ruminantes está relacionada com a presença de dormência tegumentar (Gardener et al. 1993a, 1993b), e a germinação de espécies com uma elevada dormência da semente pode ser facilitada pela digestão dos ruminantes (Gardener et al. 1993a), poderia ser especulado que a presença de dureza nas sementes de *Solanum* pode também ser considerado com uma característica que facilita a dispersão por ruminantes, auxiliando na sobrevivência das sementes durante a passagem através do trato digestivo e subsequente incubação nas fezes. Estas características teriam grande uma implicação prática para a propagação destas espécies nas áreas de pastagem.

*Vismia* teve uma maior habilidade do que *Solanum* para estabelecer-se quando as sementes estavam na superfície do solo e para germinar sob potenciais osmóticos baixos. Estas características sugerem que esta espécie teria certa habilidade para invadir áreas expostas de solo, características de locais super pastejados ou áreas agrícolas abandonadas na Amazônia brasileira. Nestes ambientes, o estresse de umidade do solo é reconhecidamente severo (veja Nepstad 1989) e poderia restringir a germinação de *Solanum* mais do que de *Vismia*. Contudo, nestas áreas, sementes de *Solanum* na superfície do solo poderia encontrar microhabitats apropriados para a germinação e emergência junto a tocos caídos e sob a liteira. Além disso, uma vez que sementes destas espécies são dispersas principalmente por morcegos e, com conseqüência, são provavelmente depositadas em novas áreas em sua maioria na superfície do solo, poderia se ter como hipótese que o recrutamento diretamente de chuvas de sementes (isto é, sementes dispersas recentemente) pode ser de grande significância para *Vismia*, enquanto o recrutamento a partir do banco de sementes no solo seria mais importante para *Solanum*. A presença de dormência tegumentar e a habilidade para emergir de grandes profundidades observadas em sementes de *Solanum* poderia reforçar esta hipótese. A habilidade de sementes de *Solanum* de responder positivamente ao nitrato pode aumentar o potencial competitivo desta espécie em áreas agrícolas pela sincronização

da germinação para períodos quando as condições para o estabelecimento fossem mais favoráveis tais como aqueles no final do ciclo de seca do solo (p.e. no começo da estação chuvosa ou após a ocorrência de chuvas seguidas por um período de estiagem) ou após o cultivo do solo. Durante estes eventos, é sabido que concentração de íons de nitrato na solução do solo aumenta devido à mudança na atividade de microorganismos. Também, o uso de fertilizantes contendo nitrato poderia estimular o recrutamento desta espécie em áreas agrícolas.

A longevidade observada para sementes de *Solanum* no solo (Figura 4) indica que esta espécie pode originar-se a partir do banco de sementes (isto é, capaz de dispersar-se no tempo), e que o cultivo do solo pode aumentar sua persistência em ambientes agrícolas por promover o enterro de sementes. Ademais, o rápido declínio observado na viabilidade de sementes na superfície do solo (Figura 4) sugere que um período de pousio pode ser benéfico como estratégia de controle de *Solanum*. Os resultados apresentados também sugerem que em áreas com um longo período úmido, a população de sementes na superfície do solo pode sofrer um declínio mais intenso do que em áreas com um nítido e longo período de seca.

Apesar de outras fases do ciclo de vida, tais como o estabelecimento das plântulas e o crescimento inicial, devem também ser consideradas, informações sobre a germinação da semente, as características de emergência e o padrão de sobrevivência destas espécies no campo devem ser coletadas, como um passo inicial importante para avaliar o potencial de invasão destas plantas. Em conclusão, as características de persistência de sementes de *Solanum*, as características de germinação e emergência de *Vismia* e *Solanum* bem como seus conhecidos modos de dispersão sugerem adaptações que ajudam estas espécies a tirarem vantagens das condições ambientais que ocorrem em habitats manejados (p.e. agricultura) na Amazônia brasileira. Esta observação indica que *Vismia* e *Solanum* estão aptas a manterem ou mesmo aumentarem suas posições de importantes espécies invasoras na Amazônia brasileira.

## Agradecimentos

A Katia F. Rodrigues pela assistência durante a instalação dos experimentos em ambiente controlado. A Miguel Simão Neto e José Luiz Covre pela assistência no campo. A Sana Gardescu pela revisão de versões preliminares do manuscrito. O suporte financeiro foi provido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA).

## Referências

- ALBUQUERQUE, J.M. (1980) Identificação de plantas invasoras de cultura da região de Manaus. *Acta Amazonica*, **10**, 47-95.
- BAIRD, J.H. & DICKENS, R. (1991) Germination and emergence of virginia buttonweed (*Diodia virginiana*). *Weed Science*. **39**, 37-41.
- BOURDÔT, G.W. & HURRELL, G.A. (1992) Aspects of the ecology of *Stipa neesiana* Trin. & Rupr. seeds. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. **35**, 101-108.
- BRIDGEMOHAN, P., BRATHWAITE, R.A.I. & MCDAVID, C.R. (1991) Seed survival and patterns of seedling emergence studies of *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) W.D. Clayton in cultivated soils. *Weed Research*. **31**, 265-272.
- CHARLES-DOMINIQUE, P. (1986) Inter-relations between frugivorous vertebrates and pioneer plants: *Cecropia*, birds and bats in French Guyana. In: ESTRADA, A. & FLEMING, T.H. (eds.). *Frugivores and Seed Dispersal*. Dordrecht, Junk. p. 119-135.
- DANTAS, M. (1989) Studies on succession in cleared areas of Amazonia rain forest. Ph.D. Thesis, Oxford University, Oxford.
- DIAS FILHO, M.B. (1995) Root and shoot growth in response to soil drying in seedlings of four Amazonian weedy species. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, **7**, 53-59.
- DIAS FILHO, M.B. (1990) Plantas invasoras em pastagens cultivadas da Amazônia: estratégias de manejo e controle. Documentos, 54. EMBRAPA-CPATU. Belém, Brazil. 103p.
- DIAS FILHO, M.B. (1986) Espécies forrageiras e estabelecimento de pastagens na Amazônia. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C. & FARIA, V.P. de (eds.). *Pastagens na Amazônia*. Piracicaba, FEALQ. p. 27-54.
- DIAS FILHO, M.B. & DAWSON, T.E. (1995) Physiological responses to soil moisture stress in two Amazonian gap-invader species. *Functional Ecology*, **9**, 213-221.
- DIAS FILHO, M.B., SIMAO NETO, M & SERRAO, E.A.S. (1992) Adaptação de acessos de *Centrosema acutifolium*, *Desmodium ovalifolium* e *Pueraria phaseoloides* na Amazonia oriental do Brasil. *Pasturas Tropicales*. **14**, 18-23.
- EBERLEIN, C.V. (1987) Germination of *Sorghum alnum* seeds and longevity in soil. *Weed Science*. **35**, 796-801.
- EMMERICH, W.E. & HARDEGREE, S.P. (1990) Polyethylene glycol solution contact effects on seed germination. *Agronomy Journal*, **82**, 1103-1107.

- FENNER, M. (1985) Seed ecology. Chapman & Hall, London.
- GARDENER, C.J., McIVOR, J.G. & JANSEN, A. (1993a) Passage of legume and grass seeds through the digestive tract of cattle and their survival in faeces. *Journal of Applied Ecology*, **30**, 63-74.
- GARDENER, C.J., McIVOR, J.G. & JANSEN, A. (1993b) Survival of seeds of tropical grassland species subjected to bovine digestion. *Journal of Applied Ecology*, **30**, 75-85.
- GARWOOD, N.C. (1989) Tropical soil seed banks: a review. In: LECK, M.A.; PARKER, V.T. & SIMPSON, R.L. (eds.). Ecology of soil seed banks. San Diego, Academic Press. p. 149-209.
- KRUGER, R.R. & SHANER, D.L. (1982) Germination and establishment of prostrate spurge (*Euphorbia supina*). *Weed Science*, **30**, 286-290.
- MACDONALD, G.E.; BRECKE, B.J. & SHILLING, D.G. (1992) Factors affecting germination of dogfennel (*Eupatorium capillifolium*) and yankeeweed (*Eupatorium compositifolium*). *Weed Science*, **40**, 424-428.
- MARKS, M.K. & NWACHUKU, A.C. (1986) Seed-bank characteristics in a group of tropical weeds. *Weed Research*. **26**, 151-157.
- MARTÍNEZ, M.L.; VALVERDE, T. & MORENO-CASASOLA, P. (1992) Germination response to temperature, salinity, light and depth of sowing of ten tropical dune species. *Oecologia*, **92**, 343-353.
- MINITAB (1993) Reference Manual, Release 9 for Windows. Minitab, Inc. State College, PA.
- MILLIKEN, G.A. & JOHNSON, D.E. (1992) *Analysis of messy data*: Volume 1. Designed experiments. Van Nostrand Reinhold, New York.
- MUTZ, J.L. & SCIFRES, C.J. (1975) Soil texture and planting depth influence on buffelgrass emergence. *Journal of Range Management*, **28**, 222-226.
- NEPSTAD, D.C. (1989) Forest regrowth in abandoned pastures of eastern Amazonia: limitations to tree seedling survival and growth, Ph.D. Thesis, Yale University, New Haven.
- PONS, T.L. (1989) Breaking of seed dormancy by nitrate as a gap detection mechanism. *Annals of Botany*, **63**, 139-143.
- RALPHS, M.H. & CRONIN, E.H. (1987) Locoweed seed in soil: density, longevity, germination, and viability. *Weed Science*, **35**, 792-795.
- SCHAFFER, D.E. & CHILCOTE, D.D. (1970). Factors influencing persistence and depletion in buried seed populations. II The effects of soil temperature and moisture. *Crop Science*, **10**, 342-345.
- SHAW, D.R.; MACK, R.E. & SMITH, C.A. (1991) Redvine (*Brunnichia ovata*) germination and emergence. *Weed Science*, **39**, 33-36.
- SHAW, D.R., SMITH, H.R., COLE, A.W. & SNIPES, C.E. (1987) Influence of environmental factors on smallflower morningglory (*Jacquemontia tamnifolia*) germination and growth. *Weed Science*, **35**, 519-523.
- SCHWERZEL, P.J. (1976) The effect of depth of burial in soil on the survival of some common Rhodesian weed seeds. *Rhodesia Agricultural Journal*, **73**, 97-99.

DIAS-FILHO, M.B. Alguns aspectos da ecologia de sementes de duas espécies de plantas invasoras da Amazônia Brasileira: implicações para o recrutamento de plântulas em áreas manejadas. In: GASCON, C.; MOUTINHO, P. (Ed.). **Floresta amazônica**: dinâmica, regeneração e manejo. Manaus: INPA, 1998. p. 233-248.

SMITH, C.A., SHAW, D.R. & NEWSOM, L.J. (1992) Arrowleaf sida (*Sida rhombifolia*) and prickly sida (*Sida spinosa*): germination and emergence. *Weed Research*, **32**, 103-109.

STATISTICA for Windows (1994) General conventions and statistics I. Volume I. StatSoft, Inc. Tulsa, OK.

TESTER, M. & MORRIS, C. (1987) The penetration of light through soil. *Plant, Cell and Environment*, **10**, 281-286.

UHL, C. & CLARK, K. (1983) Seed ecology of selected Amazonian basin successional species. *Botanical Gazette* (Chicago), **144**, 419-425.

WHALEN, M.D. (1984) Conspectus of species groups in *Solanum* subgenus *Leptostemonum*. *Gentes Herbarium*, **12**, 179-282.

WILKINSON, L. (1990) SYSTAT: The system for statistics. SYSTAT, Inc., Evanston, IL.

### **Favor citar como – Please cite as:**

DIAS-FILHO, M.B. Alguns aspectos da ecologia de sementes de duas espécies de plantas invasoras da Amazônia Brasileira: implicações para o recrutamento de plântulas em áreas manejadas. In: GASCON, C.; MOUTINHO, P. (Ed.). **Floresta amazônica**: dinâmica, regeneração e manejo. Manaus: INPA, 1998. p. 233-248.