

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
Programa de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais –  
PIPG-BTRN

**LUZ TEMPERATURA E FUMAÇA NA GERMINAÇÃO DE  
ESPÉCIES PIONEIRAS DA AMAZÔNIA CENTRAL**

*FABIANA FERRAZ AUD*

**Manaus, AM  
2008**

*FABIANA FERRAZ AUD*

**LUZ TEMPERATURA E FUMAÇA NA GERMINAÇÃO DE  
ESPÉCIES PIONEIRAS DA AMAZÔNIA CENTRAL**

**ORIENTADORA: DRA. ISOLDE DOROTHEA KOSSMMAN FERRAZ**

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas, área de concentração em Ecologia.

**Manaus, AM**

**2008**

- A899 Aud, Fabiana Ferraz  
Luz, temperatura e fumaça na germinação de espécies pioneiras da Amazônia Central / Fabiana Ferraz Aud.--- Manaus : [s.n.], 2008.  
44 f. : il.
- Dissertação (mestrado)-- INPA/UFAM, Manaus, 2008  
Orientador: Isolde Dorothea Kossmman Ferraz  
Área de concentração: Ecologia
1. Espécies florestais – Sementes – Amazônia. 2. Termoperíodo.  
3. Luz. 4. Água de fumaça. 4. Sementes - Germinação. I. Título.

CDD 19. ed. 634.9562

**Sinopse:**

O presente estudo teve como objetivo verificar se existe diferença na quebra de dormência das sementes de espécies pioneiras com tamanhos distintos; comparando os efeitos da luz, alternância de temperatura e aplicação de fumaça na germinação.

**Palavras-chave:** espécies pioneiras, luz, termoperíodo, água de fumaça, germinação.

## **Agradecimentos**

Essa é a etapa final do meu Mestrado e se não fosse a ajuda de muitas pessoas essas páginas nunca se tornariam realidade.

Por isso agradeço,

À Dra. Isolde Dorothea Kossmman Ferraz por ter aceitado me orientar e pelos valiosos ensinamentos.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA e Coordenação do Curso de Ecologia pela infra-estrutura.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela concessão da bolsa.

Ao Projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais – PDBFF e Movido pelo apoio na coleta de sementes.

Aos amigos da Turma de Mestrado em Ecologia: Cami, Ana, Brasa, Carlos, Luis, Nando, Manu, Mari, Tico, Tiago, Murilo, Mindu, Letícia, Catu, Pedro, Karina, Shanna e Gabi pelos momentos de imensa alegria.

Aos meus anjos da guarda do Laboratório de Sementes II e Guia de Propágulos e Plântulas: Ge, Yêda, Mareike, Lili, Alessandra, Jana, Aline, André, Camila, Daniel, Helo, Mariana, Kauê e Ursula pelas ajudas preciosas e inestimáveis, pelos intermináveis cafés, picnics e grande amizade.

Ao meu companheiro Dani, por estar sempre ao meu lado e pelo amparo, amor e carinho de sempre.

À minha família que mesmo de tão longe conseguiu me fazer sentir a confiança do amor incondicional.

Amigos, Muito Obrigada! Sem vocês a realização desse trabalho seria impossível!

## Introdução Geral

O grupo das pioneiras de florestas tropicais é composto por espécies típicas de clareiras naturais e outras áreas abertas de origem antropogênica ou não (Swaine e Whitmore, 1988). Essas espécies normalmente formam um banco de sementes no qual permanecem em estado dormente até que se estabeleçam condições adequadas para a germinação. Tanto luz como alternância de temperatura são conhecidos como fatores que quebram a dormência das sementes nesse grupo de espécies (Vázquez-Yanes e Pérez-Garcia, 1976; Vázquez-Yanes, 1977; Valio e Joly, 1979; Vázquez-Yanes, 1980; Vázquez-Yanes e Orozco-Segovia 1982; Orozco-Segovia e Vázquez-Yanes 1989). Em uma aproximação geral os requerimentos para a regeneração e o estabelecimento das espécies pioneiras são parecidos e, devido à grande diversidade de espécies, a probabilidade de existir sobreposição de nichos ecológicos é grande. Assim, fatores probabilísticos, como o acaso e a história do local, podem ser responsáveis pela coexistência dessas espécies.

Quando existe um limite de dispersão de propágulos a não ocupação de um microsítio por um competidor superior cria oportunidades para espécies menos competitivas, torna a exclusão competitiva mais lenta e possibilita a coexistência de uma grande diversidade de espécies (Hurtt e Pacala, 1995). Mesmo espécies pioneiras, conhecidas por dispersarem suas sementes a longas distâncias (Holthuijzen e Boerboom, 1982; Denslow e Gomez-Diaz, 1990), mostraram que podem ter uma dispersão de sementes limitada. A maioria das pioneiras analisadas por Dalling *et al.* (1998a) teve a distribuição de plântulas significativamente agregada em torno dos adultos. Nesse sentido o acaso e a história, em conjunto com limites espaciais no recrutamento, podem ser importantes para a coexistência e manutenção da diversidade das espécies pioneiras em comunidades florestais.

Processos determinísticos, ligados às diferenças morfofisiológicas das espécies, também são importantes para explicar sua coexistência (Brokaw, 1987; Daws *et al.*, 2002; Pearson *et al.*, 2003). Recentemente foi verificado que o tamanho da semente é um fator decisivo para o tipo de dormência das espécies pioneiras. A quantidade de reservas contida nas sementes pode determinar quais são as condições mais adequadas para o sucesso na germinação e no estabelecimento.

Espécies pioneiras com sementes pequenas foram estimuladas por luz e germinaram em um espectro de luz mais amplo do que as espécies com sementes grandes. Essa capacidade em germinar sob um espectro de luz mais amplo pode ter sido selecionada pela maior

susceptibilidade dessas sementes a patógenos (Dalling *et al.*, 1997, 1998b; Pearson *et al.*, 2002). Assim, a probabilidade de ataque por fungos aumenta com o tempo de permanência no banco de sementes e as chances de sobrevivência das sementes diminuem, daí a vantagem em não ter a germinação restrita à faixa de luz e também germinar em condições menos abertas (Kyereh *et al.*, 1999; Li *et al.*, 1996). Em contrapartida, apenas as espécies com sementes grandes foram capazes de germinar no escuro com alternância de temperatura (Pearson *et al.*, 2002, 2003). Sementes grandes, com maior quantidade de reservas, têm maiores chances de emergir e alcançar a superfície do solo do que uma semente pequena. Para uma semente pequena não é vantajoso germinar no escuro, sob alternância de temperatura, pois sua emergência tem grandes possibilidades de fracassar (Vázquez-Yanes e Orozco-Segovia 1992; Escudero *et al.* 2000; Pearson *et al.* 2002). Essas informações sugerem que as diferenças na quebra de dormência entre sementes de tamanhos diferentes estão relacionadas à chance de sobrevivência das sementes no ambiente sendo a germinação associada à capacidade de emergência (Pearson *et al.*, 2002).

Muitas espécies têm sua germinação estimulada pela fumaça. A literatura atual não revela relação entre o efeito da fumaça nas sementes e seu tamanho e, até o momento, as espécies mais estudadas são aquelas que habitam ambientes sujeitos a queimadas periódicas (Brown e Van Staden, 1997; Van Staden *et al.*, 2000).

Em áreas tropicais úmidas podem existir queimadas naturais causadas por raios, mas, normalmente são originadas pela ação do homem (Uhl *et al.*, 1981). Áreas de florestas cortadas e queimadas para uso agropastoril e depois abandonadas, também são ocupadas por espécies pioneiras. Mesquita *et al.* (2001) observaram diferenças na dominância e composição de espécies em áreas de capoeira com diferentes históricos de uso. Áreas apenas cortadas apresentaram diversidade mais alta e dominância de espécies do gênero *Cecropia*, ao passo que em sítios com histórico de corte e queima a diversidade foi mais baixa com dominância de espécies do gênero *Vismia*. Deste modo pode-se supor que a passagem do fogo e o efeito da fumaça na germinação de sementes influenciaram o tipo de espécies pioneiras que poderiam coexistir nessas áreas.

Os estudos sobre regeneração de espécies pioneiras evidenciam que tanto processos probabilísticos (chance e história) quanto determinísticos (diferenças competitivas entre espécies) podem atuar na promoção da coexistência do grupo funcional das pioneiras (Dalling *et al.*, 1998ab, 2002; Dalling e Hubbel, 2002, Pearson *et al.*, 2002, 2003a). Assim os conhecimentos sobre características de dispersão, dinâmica do banco de sementes, germinação, estabelecimento e desenvolvimento se tornam essenciais para avaliar a

importância relativa desses processos na coexistência das espécies. O presente trabalho se limita a verificar se existe diferença na quebra de dormência das sementes de espécies pioneiras com tamanhos distintos; comparando os efeitos da luz, alternância de temperatura e aplicação de fumaça na germinação. Os resultados podem contribuir para o entendimento da importância dos fatores determinísticos, relacionados à germinação de sementes, na coexistência e manutenção da diversidade de espécies pioneiras.

## Sumário

<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	v
LISTA DE TABELAS .....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
<b>CAPÍTULO I</b> .....	1
RESUMO.....	2
ABSTRACT.....	3
INTRODUÇÃO .....	4
MATERIAL E MÉTODOS .....	6
Área de estudo e espécies.....	6
Produção da água de fumaça.....	8
Estudos de germiação.....	9
Análise dos dados.....	11
RESULTADOS.....	12
DISCUSSÃO.....	18
CONCLUSÃO.....	23
<b>CAPÍTULO II</b> .....	24
RESUMO.....	25
ABSTRACT.....	26
INTRODUÇÃO .....	27
MATERIAL E MÉTODOS .....	29
Área de estudo e espécies.....	29
Estudos de germiação.....	31
Análise dos dados.....	31
RESULTADOS.....	32
DISCUSSÃO.....	35
CONCLUSÃO.....	37
<b>CONCLUSÃO GERAL</b> .....	38
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39

## Lista de Tabelas

- Tabela 1-** Massa média, padrão de frutificação, tipo de dispersão, área e data de coleta de sementes de sete espécies de árvores pioneiras da Amazônia Central..... 7
- Tabela 2** – Comprimento médio da raiz e hipocótilo das plântulas de tomate após cinco dias de crescimento, no escuro a 25 °C, sob diferentes diluições de água de fumaça produzida a partir da queima de Madeira de *Cecropia* sp. Valores seguidos de letras diferentes são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.....9
- Tabela 3** – Número de sementes, recipiente, substrato e volume inicial de água ou solução da água de fumaça utilizados para montar os experimentos de germinação com sete espécies pioneiras da Amazônia Central. .... 10
- Tabela 4** – Comparação da porcentagem de germinação na luz (fotoperíodo de 12 horas) e no escuro com semeadura em substrato umedecido com água destilada ou com água de fumaça em três condições de temperatura: na temperatura constante de 25 °C e 20-30 °C e 15-35 °C com termoperíodo de 12-12 horas de sete espécies pioneiras ordenadas conforme a massa média das sementes. Para cada espécie, valores seguidos de letras diferentes são estatisticamente diferentes pelo teste de Wilcoxon a 5 % de probabilidade.. .... 12
- Tabela 5** – Comparação do tempo médio de germinação na luz (fotoperíodo de 12 horas) e no escuro com semeadura em substrato umedecido com água destilada ou com água de fumaça em três condições de temperatura: na temperatura constante de 25 °C e 20-30 °C e 15-35 °C com termoperíodo de 12-12 horas de sete espécies pioneiras ordenadas conforme a massa média das sementes. Para cada espécie, valores seguidos de letras diferentes são estatisticamente diferentes pelo teste de Wilcoxon a 5 % de probabilidade.. .... 14
- Tabela 1-** Massa média, Padrão de frutificação, tipo de dispersão, área e data de coleta e massa média de sementes de cinco espécies de árvores pioneiras da Amazônia Central. .... 30
- Tabela 2-** Efeito de três condições térmicas durante o condicionamento úmido no escuro sobre a subsequente germinação à 25<sup>0</sup>C (fotoperíodo de 12 horas) das sementes de cinco espécies pioneiras em comparação com a germinação das sementes não submetidas ao condicionamento. Os valores seguidos de letras diferentes apresentam diferença estatística pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade em cada uma das espécies ..... 33

## Lista de Figuras

- Figura 1** - Esquema da preparação da solução concentrada da água de fumaça a partir da combustão de 1,8 kg de madeira de *Cecropia* sp. em três litros de água destilada (adaptado de Farley, 2005)..... 8
- Figura 2** – Relação entre o Índice de Germinação Relativa à Luz (GRL), a 25 °C, e a massa média das sementes de sete espécies pioneiras da Amazônia Central, semeadas em substrato umedecido com água destilada (a) e água de fumaça (b).. ..... 13
- Figura 3** - Efeito da variação diurna (12-12 horas) em torno da temperatura de 25 °C (0 °C=25-25 °C; 10 °C=20-30 °C; 20 °C=15-35 °C) no escuro (símbolos fechados) ou com fotoperíodo de 12 horas (símbolos abertos) com semeadura em substrato umedecido com água destilada (círculos) ou com água de fumaça (triângulos) sobre a porcentagem e o tempo médio de germinação de sementes de sete espécies pioneiras ordenadas conforme a massa média das sementes.. ..... 16
- Figura 4** - Relação entre o Índice de Germinação Relativa à Temperatura (GRT) comparando 25° constante com termoperíodo de 12-12 horas e 15-35°C na luz (fotoperíodo de 12 horas) e a massa média das sementes de sete espécies pioneiras da Amazônia Central, semeadas em substrato umedecido com água destilada (a) e água de fumaça (b)..... 17
- Figura 1** – Alteração (%) do tempo médio de germinação em três tratamentos de condicionamento térmico no escuro em relação ao tempo médio de germinação de sementes não condicionadas de cinco espécies pioneiras: *Bellucia grossularioides*, *Cecropia sciadophyla*, *Isertia hypoleuca*, *Jacaranda copaia* e *Vismia cayennensis*..... 34

Dissertação de mestrado no formato de artigo científico em língua portuguesa, no formato da revista

*Acta Amazonica*

**CAPÍTULO I**

**Luz, temperatura e fumaça na germinação de espécies pioneiras da  
Amazônia Central**

Fabiana Ferraz Aud<sup>1</sup>, Isolde Dorothea Kossmman Ferraz<sup>1</sup>

1 – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM, Brasil.

Autor para correspondência: Fabiana Ferraz Aud, e-mail: [fabiana\\_aud@yahoo.com.br](mailto:fabiana_aud@yahoo.com.br)

## Resumo

*Com a finalidade de evidenciar a diversidade de respostas aos estímulos ambientais na regeneração por sementes, buscou-se comparar os efeitos de luz, variação diurna de temperatura e fumaça na germinação de sete espécies pioneiras da Amazônia Central: Bellucia grossularioides, Byrsonima chrysophylla, Cecropia sciadophylla, Croton lanjouwensis, Isertia hypoleuca, Jacaranda copaia e Vismia cayennensis, e elucidar se as respostas da germinação a esses estímulos se relacionam com o tamanho das sementes. Cada espécie foi submetida a três condições de temperatura na luz e no escuro: 25 °C e termoperíodo de 12 horas de 20-30 °C e 15-35 °C. A germinação na luz e no escuro foi avaliada com e sem solução de água de fumaça na concentração de 1:50. Para cada espécie, os efeitos da luz, temperatura e fumaça na porcentagem e tempo médio germinação foram analisados pelo teste de Kruskal-Wallis e Wilcoxon a 5% de probabilidade. A influência da massa das sementes na germinação foi testada por regressão linear simples com os índices de Germinação Relativa à Luz (GRL) e Germinação Relativa ao Termoperiodismo (GRT). Foi encontrada uma relação entre o tamanho das sementes, o tipo de dormência e as condições adequadas à germinação. Embora todas as sementes desse estudo terem sido consideradas fotoblásticas foi possível detectar uma diminuição no requerimento por luz com o aumento das reservas das sementes. Detectou-se, também, diminuição no requerimento por temperatura constante com o aumento das reservas das sementes. A aplicação da água de fumaça confirmou as relações negativas entre o tamanho das sementes e o requerimento por luz e a tolerância ao termoperíodo. De maneira geral, parece que as sementes pequenas necessitam de luz e de temperatura constante para a germinação, a medida em que o tamanho das reservas aumenta, as sementes se tornam capazes de germinar no escuro e com alternância de temperatura.*

**Palavras-chave:** espécies pioneiras, luz, termoperíodo, água de fumaça, germinação.

## **Abstract**

*In order to highlight the diversity of responses to environmental stimuli in the regeneration by seeds and to clarify whether the responses of germination to such stimuli are related to seed size we compared the effects of light, diurnal variation in temperature and smoke for seven pioneer species from Central Amazon: Bellucia grossularioides, Byrsonima chrysophylla, Cecropia sciadophylla, Croton lanjouwensis, Isertia hypoleuca, Jacaranda copaia and Vismia cayennensis. Each species was subject to three conditions of temperature in light and darkness: 25 °C and alternating temperature of 20-30 °C and 15-35 °C for 12 hours. The germination in light and darkness was evaluated with and without solution of smoke water in a concentration of 1:50. For each species, the effects of light, temperature and smoke on the percentage and average time of germination was analyzed by Kruskal-Wallis and Wilcoxon with 5% probability. The influence of the seed mass on germination was tested by simple linear regression versus rates of relative light germination (RGL) and relative germination on alternating temperatures (RGT). We found a relationship between seed size, the type of dormancy and conditions for germination. Although all the seeds of this study were considered photoblastic it was possible to detect a declining demand of light and constant temperature with increasing seed size. The application of smoke water confirmed the negative relationship between seed size and requirement of light and tolerance to alternating temperature. In general, it seems that small seeds need light and constant temperature for germination, the extent to which the amount of the internal resources increases, the seeds become able to germinate in the dark and alternating temperatures.*

**Key words:** pioneer species, light, thermoperiod, smoke water, germination.

## Introdução

Grandes áreas de florestas tropicais são desmatadas, cortadas e queimadas periodicamente, para a implantação e manutenção de campos agropastoris. Na região Amazônica muitas dessas áreas foram abandonadas e geraram florestas secundárias denominadas capoeiras (Uhl *et al.*, 1981; Uhl e Jordan, 1984; Uhl, 1987). A composição das espécies pioneiras dessas áreas pode variar conforme o histórico de uso da terra (Mesquita *et al.*, 2001), intensidade da perturbação (Buschbacher *et al.*, 1988), interações competitivas entre as espécies (Huston, 1979) e disponibilidade de sementes (Dalling *et al.*, 2002). Em ambientes sujeitos a queimadas periódicas a rebrota de árvores é escassa ou ausente e a regeneração passa a ser obrigatoriamente dependente da chuva de sementes (Uhl *et al.*, 1981; Luis *et al.*, 2005).

A passagem do fogo pode causar a morte de sementes no banco de sementes (Melo *et al.*, 2007). Altas temperaturas, por exemplo, podem também fraturar o envoltório das sementes, permitindo a quebra de dormência imposta pelos envoltórios (Keeley e Fotheringham, 2000). A fumaça, produzida pela combustão lenta de material vegetal, contém compostos solúveis em água que podem estimular a germinação de sementes de uma grande variedade de espécies presentes em ecossistemas sujeitos a queimadas naturais ou não (Brown e Van Staden, 1997; Van Staden *et al.*, 2000). Entretanto, nem todas as espécies estudadas até agora apresentaram respostas positivas à aplicação de fumaça (Willis *et al.*, 2003)

As florestas secundárias são dominadas por espécies pioneiras (Guariguata e Ostertag, 2001). Essas espécies produzem grandes quantidades de sementes pequenas que podem ter níveis e tipos diferenciados de dormência, sendo capazes de formar bancos de sementes persistentes no solo (Swaine e Withmore, 1988). A dormência das sementes, nesse grupo de espécies, deve ser quebrada pelas condições de clareiras como: aumento da irradiância e da razão v:vl (vermelho:vermelho-longo) (Vázquez-Yanes, 1977; Valio e Joly, 1979; Vázquez-Yanes, 1980; Vázquez-Yanes e Smith, 1982; Orozco-Segovia e Vázquez-Yanes 1989; Vázquez-Yanes *et al.*, 1990); altas temperaturas ou flutuações de temperatura (Vázquez-Yanes e Pérez-Garcia, 1976; Vázquez-Yanes e Orozco-Segovia, 1982; Swaine e Whitmore, 1988); flutuações no teor de umidade do solo (e.g. *Terminalia* sp.; Taylor 1960) ou alguma combinação desses fatores.

O requerimento por luz da germinação é interpretado como uma maneira de reconhecer uma abertura de dossel favorável ao crescimento subsequente da plântula; pois

sementes com poucas reservas não podem manter, por longos períodos, o desenvolvimento da plântula em condições de sombra (Vázquez-Yanes e Orozco-Segovia, 1990, Kennedy e Swaine, 1992; Li *et al.*, 1996; Kyereh *et al.*, 1999; Souza e Válio, 2001). Esse fato não determina que a germinação das sementes de algumas espécies pioneiras nunca possa ocorrer sob a luz do dossel ou no escuro. Por exemplo, a germinação das sementes das espécies pioneiras *Ceiba pentandra*, *Terminalia ivorensis*, *Terminalia superba* e *Ricinodendron heudelotii* ocorreu também no escuro, o que demonstra que o fotoblastismo não é uma característica comum a todas as espécies pioneiras (Kyereh *et al.*, 1999).

Foi demonstrado recentemente que, apenas para as espécies com sementes muito pequenas, a luz é um sinal de abertura de dossel e um estímulo efetivo para a germinação (Milberg *et al.*, 2000); para as sementes maiores, outros sinais, como a alternância de temperatura, podem ser mais importantes para estimular a germinação (Souza e Valio, 2001; Pearson *et al.*, 2002). A associação entre o tamanho das sementes à diferentes respostas de germinação à luz e termoperiodismo foi demonstrada para espécies pioneiras de floresta pluvial tropical semidecídua (Pearson *et al.*, 2002).

As informações relacionadas à germinação associada à massa das sementes sugerem que as diferenças na quebra da dormência entre sementes de espécies pioneiras estão relacionadas à chance de sobrevivência das sementes no ambiente, sendo a germinação associada à capacidade de emergência (Pearson *et al.*, 2002).

Diante dessas informações, nota-se que a detecção de sítios favoráveis à germinação é essencial para a regeneração das espécies pioneiras. Devido à limitação de recursos contidos nas sementes, espécies com sementes pequenas têm dificuldade de se estabelecer em um grande espectro de microsítios. O reduzido tamanho pode dificultar a emergência quando as sementes se localizam a poucos milímetros abaixo do solo ou abaixo da serapilheira. Após a germinação, as plântulas minúsculas também podem apresentar baixa sobrevivência na camada superficial do solo durante períodos secos (Metcalf e Grubb 1996; Pearson *et al.*, 2002, 2003; Engelbrecht *et al.*, 2006).

De fato, nos estudos com sementes de espécies pioneiras não foram encontradas respostas de germinação uniformes, o que se verifica são respostas diferenciadas de cada espécie. Uma possível interpretação, para a variedade de respostas das pioneiras aos estímulos ambientais, seria que essa variedade reduziria a sobreposição de espécies em microsítios favoráveis à germinação e ao estabelecimento, e assim aumentaria o potencial de coexistência e

manutenção da diversidade das espécies de um grupo funcional (Brokaw, 1987; Daws *et al.*, 2002; Pearson *et al.*, 2003).

Com a finalidade de evidenciar a diversidade de respostas aos estímulos ambientais na regeneração por sementes, buscou-se comparar os efeitos de luz, variação diurna de temperatura e fumaça na germinação de sete espécies pioneiras da Amazônia Central: *Bellucia grossularioides*, *Byrsonima chrysophylla*, *Cecropia sciadophylla*, *Croton lanjouwensis*, *Isertia hypoleuca*, *Jacaranda copaia* e *Vismia cayennensis*, bem como elucidar se as respostas da germinação a esses estímulos ambientais podem ser relacionadas com o tamanho das sementes.

## Material e Métodos

### *Área de estudo e espécies*

As sementes foram coletadas em áreas a cerca de 80 km ao norte de Manaus. O clima da região é tropical úmido do tipo *Am* segundo a classificação de Köppen. A pluviosidade anual varia de 1.900 a 2.300 mm, com estação seca de junho a outubro. A temperatura média anual é de 26 °C, com mínima diária de 19 °C e máxima de 39 °C (RADAMBRASIL, 1978).

As espécies desse estudo são árvores comuns das florestas secundárias da região de Manaus (Vizcarra, 2006, Jones *et al.*, 2005). Estas áreas possuem diferentes idades e históricos de uso, sendo mais comum as pastagens abandonadas (Mesquita *et al.*, 2001). A seleção das espécies foi realizada de maneira a englobar uma diversidade de tamanho de sementes. A massa média das sementes menores que 2 mg foi determinada com 10 réplicas de 100 sementes e as maiores que 2 mg foram pesadas 100 sementes individualmente (Tabela 1).

Para as espécies do gênero *Bellucia*, *Byrsonima*, e *Isertia* foram coletados frutos em seis áreas de capoeiras, de três árvores distantes no mínimo 60 metros entre si. Das espécies do gênero *Cecropia*, *Croton*, *Vismia* e *Jacaranda* somente foi possível coletar frutos de uma matriz. Após extração dos frutos e beneficiamento, as sementes foram armazenadas a 15°C.

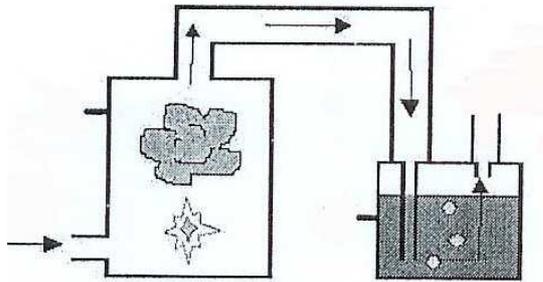
**Tabela 1.** Massa média, padrão de frutificação, tipo de dispersão, área e data de coleta de sementes de sete espécies de árvores pioneiras da Amazônia Central.

<b>Espécie</b>	<b>Família</b>	<b>Massa Média(mg)</b>	<b>Padrão de Frutificação<sup>1</sup></b>	<b>Tipo de Dispersão<sup>1</sup></b>	<b>Área de coleta</b>	<b>Data de coleta mês/ano</b>
<i>Bellucia grossularioides</i> (L.) Triana	Melastomataceae	0,1 ± 0,0	contínuo	zoocorica	BR 174-km 80 <sup>3</sup>	julho/2007
<i>Iserfia hypoleuca</i> Benth.	Rubiaceae	0,3 ± 0,0	contínuo	zoocorica	BR 174-km 80 <sup>3</sup>	julho/2007
<i>Vismia cayennensis</i> (Jacq.) Pers.	Clusiaceae	0,4 ± 0,0	contínuo	zoocorica	AM 010-km 08 <sup>4</sup>	fevereiro/2008
<i>Cecropia sciadophylla</i> Mart.	Cecropiaceae	1,1 ± 0,1	anual	zoocorica	AM 010-km 08 <sup>4</sup>	fevereiro/2008
<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D.Don.	Bignoniaceae	6,5 ± 2,9	anual <sup>2</sup>	anemocorica	BR 174-km 60 <sup>5</sup>	março/2007
<i>Croton lanjouwensis</i> Jabl.	Euphorbiaceae	14,2 ± 3,6	supra-anual	autocorica	BR 174-km 80 <sup>3</sup>	maio/2006
<i>Byrsonima chrysophylla</i> H.B. & K.	Malpigiaceae	17,1 ± 3,9	anual	zoocorica	BR 174-km 80 <sup>3</sup>	julho/2007

<sup>1</sup> Vizcarra (2006)<sup>2</sup> Jones *et al.* (2005)<sup>3</sup> Áreas do Projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais – PDBFF (02°34'S e 60°07'W)<sup>4</sup> Sítio São José (02°54'51"S e 59°59'03"W)<sup>5</sup> Estação experimental de Silvicultura Tropical – INPA (02°47'5"S e 60°11'51"W)

### *Produção da água de fumaça*

A água de fumaça foi preparada segundo Farley (2005), pela queima total de 1,8 kg de madeira de *Cecropia* sp. A fumaça, produzida em um camburão, foi conduzida por sucção e borbulhada, em um recipiente com três litros de água (Figura 1). A proporção material queimado e água foi baseada em Flematti *et al.* (2004).



**Figura 1.** Esquema da preparação da solução concentrada da água de fumaça a partir da combustão de 1,8 kg de madeira de *Cecropia* sp. em três litros de água destilada (adaptado de Farley, 2005).

Estudos preliminares para determinar a concentração da solução da água de fumaça para os experimentos das pioneiras foram feitos com sementes de tomate (var. Santa Adélia Super, lote 6210-20366B TOPSEED). As sementes foram semeadas no escuro, em caixas gerbox (11 cm x 11 cm x 3,5 cm), sob quatro camadas de papel de filtro umedecidos com 9ml de solução; em seguida as caixas foram embrulhadas com duas camadas de papel de alumínio. Diferentes concentrações (1:2,5, 1:10, 1:25, 1:50, 1:100, 1:1000) de água de fumaça foram avaliadas com quatro réplicas de 25 sementes, medindo o comprimento da raiz e do hipocótilo após cinco dias de crescimento à 25 °C (Tabela 2).

**Tabela 2.** Comprimento médio da raiz e hipocótilo das plântulas de tomate após cinco dias de crescimento, no escuro à 25 °C, sob diferentes diluições de água de fumaça produzida a partir da queima de Madeira de *Cecropia* sp. Valores seguidos de letras diferentes são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

<b>Diluição</b>	<b>Raiz (mm)</b>	<b>Hipocótilo (mm)</b>
1:2,5	0,9 ±1,0 c	0,0 ±0,0 d
1:10	1,1 ±0,3 c	5,9 ±1,6 c
1:25	12,9 ±3,2 b	13,0 ±2,2 b
1:50	29,2 ±4,2 a	20,0 ±1,5 a
1:100	9,5 ±1,3 b	16,0 ±1,1 b
1:1000	11,4 ±2,1 b	19,8 ±2,7 b
Água destilada	10,3 ±3,7 b	13,0 ±1,3 b

### *Estudos de germinação*

Cada espécie foi submetida a três condições de temperatura na luz e no escuro: 25 °C constante e termoperíodo de 12 horas de 20-30 °C e 15-35 °C; todos com temperatura média de 25 °C. A germinação na luz (fotoperíodo de 12 horas) e no escuro foi avaliada com e sem solução de água de fumaça na concentração de 1:50. Perfazendo um total de 12 tratamentos. Foram utilizados germinadores LMS® com termoperíodo e FANEM® (Mod. 347 CDG) sem termoperíodo, ambos com precisão de no máximo  $\pm 2$  °C. Lâmpadas fluorescentes emitiam luz com fluxo luminoso de aproximadamente  $70 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  P.A.R., medida conferida na instalação dos experimentos.

Para cada tratamento foram montadas 7 réplicas. O número de sementes por repetição, o volume inicial de água, o substrato e recipiente utilizado variaram de acordo com as características das sementes de cada espécie (Tabela 3). Os tratamentos em condição de luz foram reumedecidos quando houve dessecação devido ao acompanhamento da germinação. Em condição de escuro o substrato foi umedecido apenas durante a fase de instalação do experimento.

**Tabela 3.** Número de sementes, recipiente, substrato e volume inicial de água ou solução da água de fumaça utilizados para montar os experimentos de germinação com sete espécies pioneiras da Amazônia Central.

<b>Espécie</b>	<b>Número de sementes por repetição</b>	<b>Recipiente</b>	<b>Substrato</b>	<b>Volume inicial de água ou solução de fumaça (ml)</b>
<i>Bellucia grossularioides</i> (L.) Triana	50	gerbox <sup>2</sup>	Papel de germinação <sup>5</sup>	18
<i>Isertia hypoleuca</i> Benth.	50	gerbox <sup>2</sup>	Papel de germinação <sup>5</sup>	18
<i>Vismia cayennensis</i> (Jacq.) Pers.	50	placa de petri <sup>3</sup>	Papel de germinação <sup>5</sup>	7
<i>Cecropia sciadophylla</i> Mart.	50	placa de petri <sup>3</sup>	Papel de germinação <sup>5</sup>	7
<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D.Don.	25	gerbox <sup>2</sup>	Papel de germinação <sup>5</sup>	18
<i>Croton lanjouwensis</i> Jabl.	25	gerbox <sup>2</sup>	Papel de germinação <sup>5</sup>	18
<i>Byrsonima chrysophylla</i> H.B. & K. <sup>1</sup>	25	caixa plástica <sup>4</sup>	Vermiculita <sup>6</sup>	93

1- Sementes liberadas do endocarpo antes da instalação dos experimentos

2- Tipo transparente (11x11x3,5cm)

3- Material plástico transparente (9cm de diâmetro)

4- Material plástico transparente (17cm x 9cm x 4cm)

5- Duas camadas por repetição (2,9g no gerbox e 1,1g na placa de petri)

6- 37g por repetição

As avaliações dos tratamentos com luz foram realizadas a cada dois dias, até a estabilização do processo de germinação. Sementes germinadas (definidas pela protrusão da raiz primária com pelo menos 5 mm de comprimento e curvatura geotrópica) foram removidas, permitindo o cálculo da porcentagem final e do tempo médio da germinação. As avaliações dos tratamentos em condições de escuro foram realizadas uma única vez, quando os da luz foram encerrados, permitindo apenas o cálculo da porcentagem final de germinação. Ao término dos experimentos foi realizado o teste de corte para distinção entre sementes dormentes (duras ou com consistência aparentemente boa) e mortas.

#### *Análise dos dados*

Para cada espécie, os efeitos das variáveis luz, temperatura e fumaça na porcentagem e tempo médio germinação das sementes foram analisados pelo teste de Kruskal-Wallis seguido pelo teste de Wilcoxon para comparações binárias, todos a 5% de probabilidade.

A influência da massa média das sementes na resposta de germinação aos estímulos de luz e temperatura foi testada por regressão linear simples com os índices de Germinação Relativa à Luz (GRL) e Germinação Relativa ao Termoperiodismo (GRT).

O índice de GRL expressa o requerimento por luz para germinação das sementes e é calculado dividindo-se a porcentagem de germinação na luz pela soma da porcentagem da germinação na luz e a porcentagem de germinação no escuro (Milberg *et al.*, 2000). Os valores calculados para esse índice podem variar de 0, quando há germinação apenas no escuro, a 1, quando ocorre germinação apenas na luz. De maneira análoga, o índice GRT (adaptado de Milberg *et al.*, 2000) expressa o requerimento por alternância de temperatura para germinação das sementes e é calculado dividindo-se a porcentagem de germinação na temperatura constante pela soma da porcentagem da germinação na temperatura constante mais a porcentagem de germinação na temperatura alternada. Os valores calculados para esse índice podem variar de 0, quando há germinação apenas na temperatura constante, a 1, quando ocorre germinação apenas com alternância de temperatura. As análises estatísticas foram realizadas no Programa Systat versão 10.

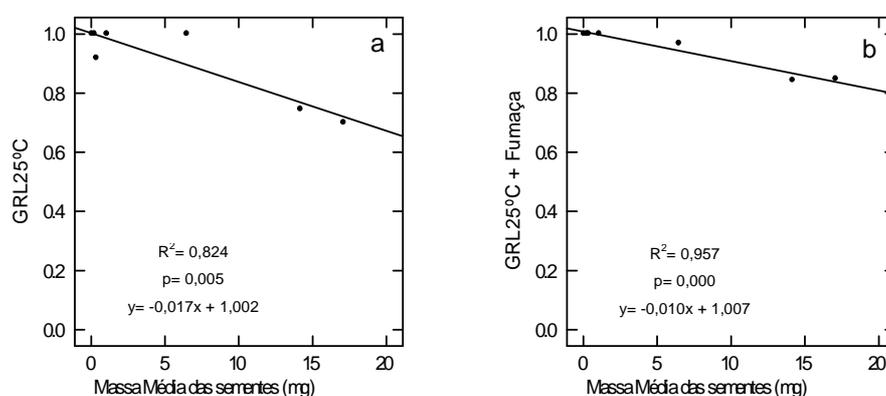
## Resultados

A germinação das sementes, das sete espécies pioneiras desse estudo, foi considerada fotoblástica, pois a porcentagem de germinação foi sempre mais alta na luz do que no escuro (Tabela 4). Da mesma forma, com aplicação da água de fumaça no substrato, a germinação foi mais alta na luz do que no escuro (Tabela 4). Entretanto, nas sementes de maior tamanho (*Croton lanjowensis* e *Byrsonima chrysophylla*) foi observado pequeno aumento na porcentagem de germinação no escuro (Tabela 4).

**Tabela 4.** Comparação da porcentagem de germinação na luz (fotoperíodo de 12 horas) e no escuro com semeadura em substrato umedecido com água destilada ou com água de fumaça em três condições de temperatura: na temperatura constante de 25 °C e 20-30 °C e 15-35 °C com termoperíodo de 12-12 horas de sete espécies pioneiras ordenadas conforme a massa média das sementes. Para cada espécie, valores seguidos de letras diferentes são estatisticamente diferentes pelo teste de Wilcoxon a 5 % de probabilidade.

		Germinação (%)			
		Luz	Luz e Fumaça	Escuro	Escuro e Fumaça
<b><i>Bellucia grossularioides</i></b>					
<b>(0,1mg)</b>	25 °C	88,6 ± 5,6 a	78,3 ± 16,0 a	0,0 ± 0,0 b	0,0 ± 0,0 b
	20-30 °C	84,6 ± 8,8 a	69,4 ± 16,4 a	0,0 ± 0,0 b	0,0 ± 0,0 b
	15-35 °C	1,1 ± 0,3 b	1,6 ± 0,8 b	0,0 ± 0,0 b	0,0 ± 0,0 b
<b><i>Isertia hypoleuca</i></b>					
<b>(0,3mg)</b>	25 °C	52,9 ± 6,1 a	46,9 ± 6,6 b	0,0 ± 0,0 g	0,0 ± 0,0 g
	20-30 °C	35,1 ± 8,2 c	24,6 ± 5,3 d	0,0 ± 0,0 g	0,0 ± 0,0 g
	15-35 °C	11,7 ± 3,9 e	6,3 ± 3,1 f	0,0 ± 0,0 g	0,0 ± 0,0 g
<b><i>Vismia cayennensis</i></b>					
<b>(0,4mg)</b>	25 °C	33,1 ± 9,4 a	28,3 ± 7,1 a	2,9 ± 2 c	0,0 ± 0,0 e
	20-30 °C	32,6 ± 8,3 a	31,1 ± 5,5 a	3,7 ± 3,1 cd	8,3 ± 6,7 bc
	15-35 °C	10,3 ± 2,9 b	6,3 ± 6,3 bc	0,0 ± 0,0 e	0,3 ± 0,8 de
<b><i>Cecropia sciadophylla</i></b>					
<b>(1,1mg)</b>	25 °C	40,6 ± 9,6 a	47,1 ± 11,7 a	0,0 ± 0,0 c	0,0 ± 0,0 c
	20-30 °C	12,6 ± 6,5 b	18,9 ± 5,0 b	0,0 ± 0,0 c	0,0 ± 0,0 c
	15-35 °C	0,0 ± 0,0 c	0,0 ± 0,0 c	0,0 ± 0,0 c	0,0 ± 0,0 c
<b><i>Jacaranda copaia</i></b>					
<b>(6,5mg)</b>	25 °C	34,8 ± 6,4 a	37,7 ± 9,2 a	0,0 ± 0,0 d	1,1 ± 2,0 d
	20-30 °C	2,3 ± 3,1 cd	10,3 ± 5,1 b	2,3 ± 4,5 cd	6,3 ± 2,1 bc
	15-35 °C	4,0 ± 5,7 bcd	5,1 ± 3,8 bc	1,1 ± 2,0 d	4,0 ± 4,6 cd
<b><i>Croton lanjowensis</i></b>					
<b>(14,2mg)</b>	25 °C	10,3 ± 7,6 abcd	7,4 ± 4,3 bcd	2,9 ± 3,0 cd	2,3 ± 4,5 d
	20-30 °C	16,0 ± 11,3 ab	20,0 ± 10,6 a	7,4 ± 6,7 bcd	14,9 ± 3,8 abc
	15-35 °C	3,4 ± 3,6 cd	6,3 ± 5,1 bcd	6,3 ± 6,9 bcd	1,1 ± 2,0 d
<b><i>Byrsonima chrysophylla</i></b>					
<b>(17,1mg)</b>	25 °C	8,6 ± 5,4 ef	16,0 ± 3,3 bcd	3,4 ± 3,6 f	4,0 ± 6,1 ef
	20-30 °C	24,6 ± 9,4 ab	21,1 ± 6,0 abc	6,3 ± 5,6 ef	9,7 ± 8,3 cdef
	15-35 °C	29,1 ± 8,6 a	34,3 ± 11,5 a	6,9 ± 2,0 ef	9,7 ± 6,0 de

A regressão linear simples entre massa das sementes e o Índice de Germinação Relativa à Luz (GRL) segundo Milberg *et al.* (2000), demonstrou uma relação negativa ( $r^2 = 0,824$ ;  $p = 0,005$ ) entre o requerimento por luz para a germinação e a massa média das sementes (Figura 2a). Assim, conforme a massa média das sementes aumentou aparentemente o fotoblastismo foi reduzido ( $y = -0,017x + 1,002$ ). Com aplicação da água de fumaça, a correlação negativa entre a massa e a necessidade por luz para a germinação se mantém ( $r^2 = 0,957$ ;  $p = 0,000$ ), porém em comparação com a germinação na água a regressão com água de fumaça é menos inclinada ( $y = -0,010x + 1,007$ ) (Figura 2b).



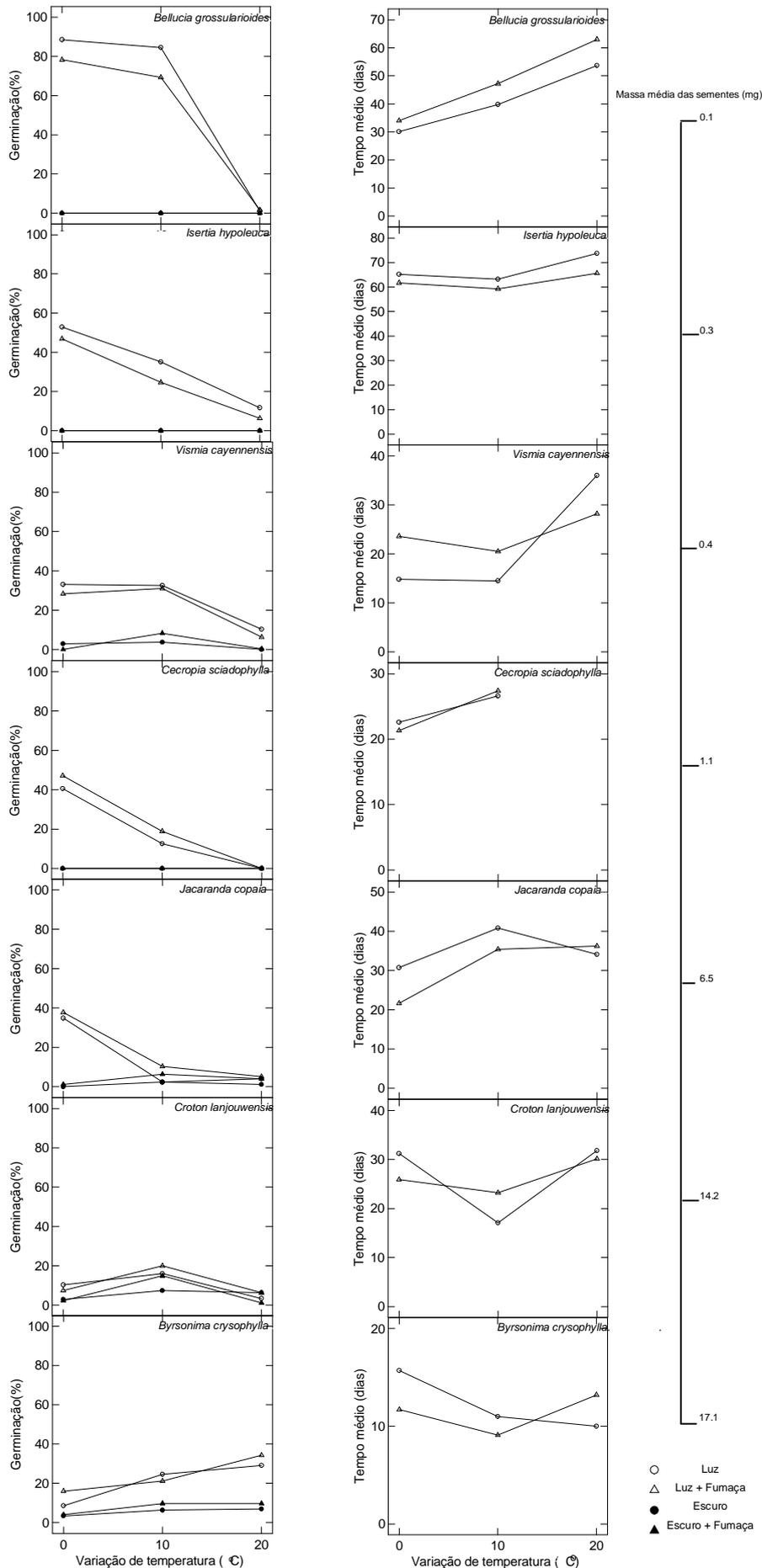
**Figura 2.** Relação entre o Índice de Germinação Relativa à Luz (GRL), a 25 °C, e a massa média das sementes de sete espécies pioneiras da Amazônia Central, semeadas em substrato umedecido com água destilada (a) e água de fumaça (b).

Comparando o tempo médio de germinação, as sementes das sete pioneiras germinaram, nas melhores condições testadas, entre 10,0 a 63,2 dias, com água de fumaça, estes valores quase não foram alterados (9,1 a 59,3 dias) (Tabela 5). Com exceção das sementes de *Jacaranda copaia*; nessa espécie a água de fumaça reduziu significativamente o tempo médio: de 30,7 para 21,6 dias na temperatura constante de 25 °C na luz (Tabela 5).

**Tabela 5.** Comparação do tempo médio de germinação na luz (fotoperíodo de 12 horas) e no escuro com semeadura em substrato umedecido com água destilada ou com água de fumaça em três condições de temperatura: na temperatura constante de 25 °C e 20-30 °C e 15-35 °C com termoperíodo de 12-12 horas de sete espécies pioneiras ordenadas conforme a massa média das sementes. Para cada espécie, valores seguidos de letras diferentes são estatisticamente diferentes pelo teste de Wilcoxon a 5 % de probabilidade.

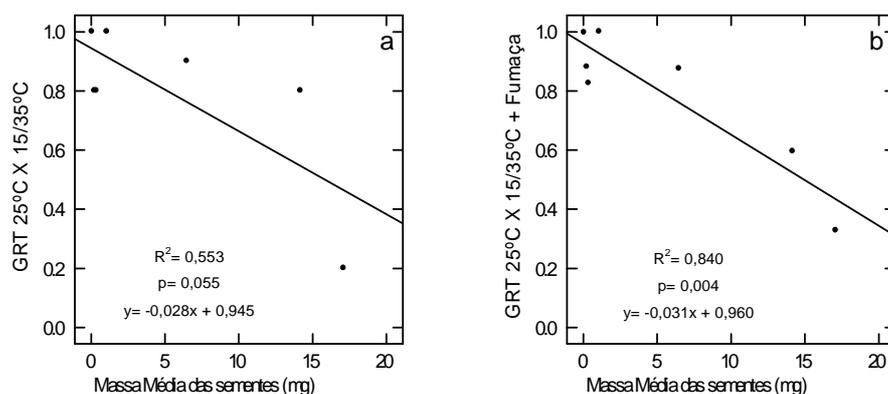
		Tempo Médio (dias)			
		Luz		Luz e Fumaça	
<b><i>Bellucia grossularioides</i></b>					
<b>(0,1mg)</b>	25 °C	30,1 ± 1,7	a	34,0 ± 0,7	b
	20-30 °C	39,8 ± 1,5	c	47,2 ± 2,4	d
	15-35 °C	53,7 ± 10,1	cd	63,0 --	cd
<b><i>Isertia hypoleuca</i></b>					
<b>(0,3mg)</b>	25 °C	65,2 ± 1,3	b	61,7 ± 3,7	ab
	20-30 °C	63,2 ± 3,8	ab	59,3 ± 6,2	a
	15-35 °C	73,7 ± 6,4	c	65,6 ± 14,8	abc
<b><i>Vismia cayennensis</i></b>					
<b>(0,4mg)</b>	25 °C	14,8 ± 1,9	a	23,6 ± 2,4	c
	20-30 °C	14,5 ± 2,0	a	20,5 ± 3,5	b
	15-35 °C	36,0 ± 2,0	d	28,2 ± 7,0	c
<b><i>Cecropia sciadophyla</i></b>					
<b>(1,1mg)</b>	25 °C	22,6 ± 2,7	ab	21,3 ± 2,0	a
	20-30 °C	26,6 ± 3,8	bc	27,4 ± 2,5	c
	15-35 °C	-- --	--	-- --	--
<b><i>Jacaranda copaia</i></b>					
<b>(6,5mg)</b>	25 °C	30,7 ± 7,1	b	21,6 ± 3,5	a
	20-30 °C	40,8 ± 8,8	ab	35,4 ± 8,6	b
	15-35 °C	34,1 ± 6,7	ab	36,2 ± 9,0	b
<b><i>Croton lanjowensis</i></b>					
<b>(14,2mg)</b>	25 °C	31,2 ± 6,4	c	25,9 ± 5,9	bc
	20-30 °C	17,1 ± 2,9	a	23,2 ± 6,5	b
	15-35 °C	31,8 ± 9,1	abc	30,1 ± 0,7	c
<b><i>Byrsonima chrysophylla</i></b>					
<b>(17,1mg)</b>	25 °C	15,7 ± 5,5	c	11,7 ± 3,6	bc
	20-30 °C	11,0 ± 3,2	ab	9,1 ± 1,8	a
	15-35 °C	10,0 ± 2,1	ab	13,2 ± 3,0	bc

O efeito da variação diurna (12-12 horas) em torno da temperatura de 25 °C pode ser verificado na Figura 3. Os três tratamentos de temperatura (25-25 °C; 20-30 °C e 15-35 °C) apresentam a mesma temperatura média (25 °C), e distinguem-se somente pela amplitude da variação da temperatura diurna, sendo sem variação (25-25 °C), com variação de 10 °C (20-30 °C) e com variação de 20 °C (15-35 °C). Desta forma, um possível efeito da crescente alternância de temperatura pode ser facilmente visualizado na Figura pela inclinação das linhas. Os resultados foram ordenados pela massa média das sementes, da menor (*Bellucia grossularioides*) para a maior (*Byrsonima chrysophylla*). Espécies com sementes pequenas de massa média de 0,1 a 6,5 mg (*Bellucia grossularioides*, *Isertia hypoleuca*, *Vismia cayennensis*, *Cecropia sciadophylla*, *Jacaranda copaia*) apresentaram maior germinação na temperatura constante; *Byrsonima chrysophylla*, com sementes maiores, massa média de 17,1 mg, apresentou germinação mais alta com termoperiodismo (Figura 3). Nas cinco espécies com sementes pequenas, o termoperíodo reduziu além da germinação também a velocidade do processo, visto pelo aumento do tempo médio de germinação. As duas espécies com sementes maiores (*Croton lanjowensis* e *Byrsonima chrysophylla*) tiveram a velocidade de germinação aumentada com o aumento da variação diurna de temperatura (Figura 3).



**Figura 3.** Efeito da variação diurna (12-12 horas) em torno da temperatura de 25 °C (0 °C=25-25 °C; 10°C=20-30 °C; 20 °C=15-35 °C) no escuro (símbolos fechados) ou com fotoperíodo de 12 horas (símbolos abertos) com semente em substrato umedecido com água destilada (círculos) e com água de fumaça (triângulos) sobre a porcentagem e o tempo médio de germinação de sementes das sete espécies pioneiras ordenadas conforme a massa média das sementes.

Nesse trabalho, o GRL proposto por Milberg *et al.* (2000), foi adaptado para avaliar o efeito relativo de uma alternância de temperatura em comparação com a temperatura constante. Este novo índice foi denominado Germinação Relativa ao Termoperíodo (GRT). Na Figura 4 foi calculado o GRT 25 °C/15-35 °C, baseado nos resultados de germinação a 25 °C em comparação com os do termoperíodo de 15-35 °C. Foi observada uma relação negativa ( $y = -0,028x + 0,945$ ;  $r^2 = 0,553$ ;  $p = 0,055$ ) entre o tamanho das sementes e o GRT; revelando que, quanto maior a massa das sementes maior a sua capacidade de germinar em alternância de temperatura (Figura 4a). O mesmo padrão, com significância maior, foi observado quando o substrato foi umedecido com água de fumaça ( $y = -0,031x + 0,960$ ;  $r^2 = 0,840$ ;  $p = 0,004$ ; Figura 4b).



**Figura 4.** Relação entre o Índice de Germinação Relativa à Temperatura (GRT) comparando 25° constante com termoperíodo de 12-12 horas e 15-35 °C na luz (fotoperíodo de 12 horas) e a massa média das sementes de sete espécies pioneiras da Amazônia Central, semeadas em substrato umedecido com água destilada (a) e água de fumaça (b).

## Discussão

As espécies pioneiras arbóreas desse estudo estão entre as mais abundantes nas florestas secundárias de terra firme na região de Manaus (Mesquita *et al.*, 2001, Vizcarra, 2006). Apesar de sua importância, poucas são as informações básicas de germinação em relação à luz e temperatura da maioria dessas espécies. O fotoblastismo das sementes foi relatado para *Jacaranda copaia* (Prado-Oliveira, 2003) e espécies dos gêneros *Cecropia* como *C.sciadophylla* (Holtuijzen e Boerboom, 1982) e *C.obtusifolia* (Vázquez-Yanes, 1979) e *C. insignis* (Pearson *et al.*, 2002). Nesse estudo, todas as sete espécies foram consideradas fotoblásticas.

A comparação da germinação na luz e no escuro pelo índice de Germinação Relativa à Luz (GRL) (Milberg *et al.*, 2000), e sua relação com o tamanho das sementes, detectou uma redução no requerimento por luz com o aumento das reservas (Figura 2). Essa relação negativa, entre o GRL e o tamanho das sementes, já foi demonstrada anteriormente para espécies herbáceas de clima temperado, do sul da Suécia (54 espécies com tamanho de sementes de 0,03 mg a 22,2 mg; Milberg *et al.*, 2000), e de florestas decíduas da Polônia (27 espécies com massa de 0,01 mg a 10 mg Jankowska-Blaszczuk e Daws, 2007). Pearson *et al.* (2002) estudaram pioneiras arbóreas de uma floresta semidecídua pluvial tropical no Panamá, e encontraram fotoblastismo em sementes pequenas (oito espécies com massa < 2 mg), enquanto que as sementes maiores não foram consideradas fotoblásticas (nove espécies com massa de 0,04 a 88,30 mg). As sementes desse estudo apresentaram fotoblastismo com tamanho de sementes até 17,1 mg. Baseada na reta da regressão linear, as sementes maiores perderão o fotoblastismo (GRL = 0,5) somente a partir de uma massa de cerca 30 mg (Figura 2). Desta forma, apresentaram-se mais sensíveis à luz do que as sementes das pioneiras neotropicais do Panamá. Porém a comparação deve ser feita com cautela, pois o GRL pode ser afetado por mudanças sazonais no nível de dormência e se alterar por tratamentos pós-dispersão (Milberg *et al.* 2000). A associação, entre massa das sementes e o requerimento por luz, é reportada nesse estudo pela primeira vez para as espécies de árvores pioneiras da região de Manaus. Os resultados apóiam a idéia geral, de que o fotoblastismo pode ser relacionado com o tamanho das sementes: sementes pequenas apresentam necessidade de luz para a germinação e esta necessidade se reduz com o aumento das reservas das sementes.

Devido à limitação dos recursos internos, sementes pequenas requerem microsítios com fatores ambientais bem definidos para ter sucesso no estabelecimento. O fotoblastismo é interpretado como uma maneira de reconhecer uma abertura do dossel favorável ao crescimento subsequente da plântula; pois sementes com poucas reservas não podem manter, por longos períodos, o desenvolvimento da plântula em condições de sombra (Vázquez-Yanes e Orozco-Segovia, 1990). Alternativamente, o fotoblastismo das sementes muito pequenas deve garantir que a germinação dessas espécies ocorra próximo da superfície do solo evitando uma possível falha na emergência. Pelo fato das sementes muito pequenas emergirem apenas de profundidades pequenas de solo (Bond *et al.*, 1999; Pearson *et al.* 2002) e a luz poder penetrar apenas a poucos milímetros de profundidade no solo (Tester e Morris, 1987; Pearson *et al.* 2003), o requerimento por luz funcionaria como um mecanismo de percepção da profundidade, garantindo que as espécies com sementes pequenas germinem apenas quando estiverem próximas à superfície do solo com passagem livre para a emergência (Milberg *et al.*, 2000; Daws *et al.*, 2002; Pearson *et al.*, 2003). O mecanismo de resposta das sementes fotoblásticas é mediado por um fotorreceptor, o fitocromo, ativado na faixa vermelha do espectro de luz (Pons, 2000). Sementes fotoblásticas, como as das pioneiras, requerem luz com alta razão v:vl para a germinação (Valio e Joly, 1979; Vázquez-Yanes e Smith, 1982; Orozco-Segovia e Vázquez-Yanes, 1989; Vázquez-Yanes *et al.*, 1990).

A maioria das grandes áreas ocupadas por pioneiras arbóreas passou por fogo de maior ou menor frequência e intensidade (Mesquita *et al.*, 2001). As substâncias solúveis da cinza e da fumaça se mostraram eficientes em estimular a germinação de algumas espécies, outras não apresentaram efeito (Van Staden *et al.*, 2000). Sementes do banco do solo foram estimuladas pela aplicação da fumaça (Keeley e Fotheringham, 1998; Thomas *et al.*, 2003, 2007), inclusive espécies fotoblásticas (Jäger *et al.*, 1996; Todorovic *et al.*, 2005). Sementes de alface (*Lectuca* var. *grand rapids*) superaram o fotoblastismo e germinaram no escuro com a aplicação da água de fumaça (Drewes *et al.*, 1995). No presente estudo, observou-se um aumento no requerimento por luz das sementes fotoblásticas, diferente de estudos com alface. Por outro lado, a aplicação da água de fumaça permitiu um melhor ajuste na regressão linear negativa entre o tamanho das sementes e o requerimento por luz.

Entretanto, os resultados não podem ser generalizados, pois foi avaliada apenas uma concentração de água de fumaça produzida com a queima de madeira de *Cecropia* sp. Também, a

concentração aplicada (1:50) baseou-se em experimentos preliminares, utilizando a germinação e o crescimento de tomate (*Solanum lycopersicum*) como planta padrão, segundo Jain e Van Staden (2006). As espécies não apresentaram aumento significativo na taxa de germinação com a aplicação da água de fumaça (Tabela 4 e 5). Somente sementes de *Jacaranda copaia* diminuíram significativamente o tempo médio de germinação. O butenolídeo é o principal composto ativo que estimula a germinação (Flemmatti *et al.*, 2004), porém nem todas as espécies reagem da mesma forma a diferentes concentrações desse composto (Van Staden *et al.*, 2000). Desta forma, existe a possibilidade de se encontrar um efeito com a aplicação de outras concentrações nas espécies desse trabalho. Estudos em andamento indicam, que *Bellucia grossularioides* teve a sua germinação acelerada com soluções de 1:250 e 1:500 (Arruda 2008, comunicação pessoal).

Além do fotoblastismo, dormência típica das pioneiras tropicais, existem poucos trabalhos que mencionam outras dormências que podem, por exemplo, ser quebradas com choque térmico ou o termoperiodismo. A espécie *Ochroma lagopus* (Vázquez-Yanes, 1974) necessita um choque de temperatura para germinar e a necessidade de uma alternância de temperatura foi relatada para as espécies *Heliocarpus donnel-smithii* (Vázquez-Yanes e Orozco-Segovia, 1982), *Solanum hayessi*, *Guazuma ulmifolia*, *Ochroma pyramidale* e *Ceiba pentandra* (Pearson *et al.*, 2002). Nas herbáceas de zonas temperadas, que necessitam da abertura de dossel para o estabelecimento, é comum encontrar um efeito positivo da alternância de temperatura na germinação das sementes (Thompson e Grime, 1983). A variação diária de temperatura parece ser o fator mais importante na superação da impermeabilidade do tegumento à água (Baskin e Baskin, 1998).

Nenhuma das espécies desse estudo apresentou tegumento impermeável à água. A espécie *Byrsonima chrysophylla* provavelmente possui dormência mecânica por isso as sementes foram liberadas do endocarpo. O uso do termoperiodismo de 20-30 °C e 15-35 °C em comparação com a temperatura constante de 25 °C nivela pela temperatura média de 25 °C o efeito térmico desses tratamentos. Assim, o índice da Germinação Relativa ao Termoperiodismo (GRT) conseguiu detectar uma relação negativa entre a massa das sementes e a tolerância à temperatura alternada. De fato, as quatro espécies de *Piper* (*P. dilatatum*, *P. hispidum*, *P. marginatum* e *P. peltatum*), com sementes pequenas (de 0,04 a 0,15 mg), estudadas por Daws *et al.* (2002), e as três espécies estudadas por Pearson *et al.* (2002) *Cecropia insignis* (0,68 mg), *Piper peltatum* (0,04 mg) e *Piper dilatatum* (0,10 mg) se mostraram intolerantes a alternância de temperatura. O tamanho dessas sementes estão dentro dos tamanhos estudados nesse trabalho, que também não toleraram

alternância de temperatura e germinaram melhor na temperatura constante de 25 °C. No estudo de Pearson *et al.* (2002), quatro espécies tinham sementes maiores (>2 mg) e que responderam positivamente a um aumento na alternância de temperatura. Em estudo posterior, sementes de *Solanum hayessi* (2,4 mg) foram as únicas que responderam positivamente à alternância (10°C) de temperatura no escuro (Pearson *et al.*, 2003). Baseado na equação da regressão linear do GRT desse estudo (Figura 4), as sementes passariam a germinar mais em alternância de temperatura do que em condições constantes a partir de uma massa maior que 17,8 mg (GRT = 0,5).

A superação da dormência pela temperatura alternada no escuro pode ser um mecanismo de reconhecimento de abertura do dossel, para sementes cobertas por uma camada de solo ou de serapilheira. Este mecanismo somente deve trazer sucesso no estabelecimento as espécies com sementes maiores, devido à maior disponibilidade de recursos internos para superar, pelo crescimento, a barreira de solo ou serapilheira (Vázquez-Yanes e Orozco-Segovia 1992; Escudero *et al.* 2000; Pearson *et al.* 2002, 2003).

Ao contrário da irradiância, a flutuação de temperatura em áreas abertas atinge vários centímetros de profundidade no solo (Raich e Gong, 1990). Nesse sentido, para as sementes maiores, a temperatura seria um sinal de ativação da germinação mais importante do que a luz (Pearson *et al.* 2002). A resposta negativa das sementes muito pequenas à flutuação de temperatura e até mesmo das sementes maiores, quando a amplitude de variação é muito extrema, pode representar uma estratégia para evitar grandes aberturas onde o dessecamento poderia prejudicar o estabelecimento das plântulas (Pearson *et al.*, 2002). Portanto, os mecanismos que quebram a dormência das sementes das espécies pioneiras, devem ser selecionados para atuar em microsítios favoráveis à posterior emergência (Pearson *et al.*, 2002).

Os índices GRL (Milberg *et al.*, 2000) e o GRT, adaptado para esse trabalho, se mostraram ferramentas sensíveis na detecção de pequenas diferenças nos requerimentos de luz e alternância de temperatura para a germinação das sete pioneiras neotropicais freqüentes na Amazônia Central.

Diante das informações levantadas pode-se descrever um quadro geral do grupo funcional das pioneiras em relação à quebra de dormência e a germinação das sementes. As pioneiras apresentam sementes pequenas, porém há uma variação de tamanho. Essa variação no tamanho pode implicar em diferenças no requerimento por luz e na tolerância a alternância de temperatura para a germinação das sementes. E isso deve levar a exigências específicas de microsítios

adequados à germinação conforme o tamanho das sementes. Para sementes muito pequenas, a germinação deve ocorrer preferencialmente na temperatura constante, somente a medida em que o tamanho das sementes aumenta existe a possibilidade de tolerar alternância de temperatura. Devido à restrita disponibilidade de recursos, as sementes muito pequenas podem somente emergir perto da superfície e, conseqüentemente, devem ser são mais sensíveis à intensidade, qualidade e duração da luz para a germinação do que as sementes maiores (Pearson *et al.*, 2002). As sementes maiores devem ser favorecidas em áreas mais abertas, onde as flutuações de temperatura são mais pronunciadas (Vázquez-Yanes e Orozco-Segovia, 1982; Pearson *et al.*, 2002); o maior tamanho possibilitaria, também, a germinação das sementes enterradas no banco do solo a profundidades nas quais a luz não penetra. As sementes pequenas seriam mais restritas a áreas com menor abertura de dossel, bordas de floretas ou em estágios mais avançadas da regeneração, porém com dossel aberto, onde a disponibilidade de luz se soma às condições de pequenas variações de temperatura (Vázquez-Yanes e Orozco-Segovia, 1982; Pearson *et al.*, 2002). Deste modo, pode-se entender que a composição de espécies em uma área pode, também, ser influenciada pelas diferentes respostas de germinação em relação aos tipos de microsítios disponíveis. Assim, pequenas variações na disponibilidade de microsítios para a germinação poderiam atuar facilitando a coexistência de espécies do mesmo grupo funcional.

## Conclusões

Nas sete espécies pioneiras, freqüentes nas matas de terra firme da região de Manaus, foi encontrada uma relação entre o tamanho das sementes, o tipo de dormência e as condições adequadas à germinação. Embora todas as sementes desse estudo terem sido consideradas fotoblásticas, baseado na relação entre a germinação na luz e no escuro pelo índice GRL (Milberg *et al.*, 2000), foi possível detectar uma diminuição no requerimento por luz com o aumento das reservas das sementes. A adaptação desse índice às condições de temperatura (GRT), detectou-se uma diminuição no requerimento por condições constantes de temperatura com o aumento das reservas das sementes. Sendo condições constantes mais adequadas para sementes pequenas e com aumento da massa, a germinação se torna mais eficiente com o termoperíodo. A aplicação da água de fumaça no substrato de germinação, além de confirmar, tornou mais evidentes as relações negativas entre o tamanho das sementes e o requerimento por luz e a tolerância ao termoperíodo. De maneira geral, parece que as sementes pequenas necessitam de luz e de temperatura constante para a germinação, a medida em que o tamanho das reservas aumenta, as sementes se tornam capazes de germinar no escuro e com alternância de temperatura.

Dissertação de mestrado no formato de artigo científico em língua portuguesa, no formato da revista

*Acta Amazonica*

**CAPÍTULO II**

**Condicionamento úmido no escuro de sementes de espécies pioneiras da  
Amazônia Central**

Fabiana Ferraz Aud<sup>1</sup>, Isolde Dorothea Kossmman Ferraz<sup>1</sup>

1 – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM, Brasil.

Autor para correspondência: Fabiana Ferraz Aud, e-mail: [fabiana\\_aud@yahoo.com.br](mailto:fabiana_aud@yahoo.com.br)

## Resumo

*O objetivo desse estudo foi avaliar os efeitos da permanência curta (máximo de 100 dias), em condições de escuro, umidade e variação diurna de temperatura, sobre a germinação de sementes de cinco espécies pioneiras da Amazônia Central; simulando dessa forma as condições que sementes enterradas no banco de sementes devem experimentar. Nos ensaios de germinação o controle foi instalado sob condições constantes de temperatura (25°C) e luz. Ao mesmo tempo iniciou-se o condicionamento das sementes no escuro na temperatura de 25°C constante e termoperíodo de 20-30°C e 15-35°C. Após estabilização da germinação do controle os tratamentos do condicionamento foram transferidos para condições de luz (25°C constante e fotoperíodo de 12 horas) semelhantes às do controle. O condicionamento durou 50 dias para Cecropia sciadophylla e Vismia cayennensis, 70 dias para Bellucia grossularioides e Jacaranda copaia e 100 dias para Isertia hypoleuca. Para cada espécie os efeitos da luz e temperatura na porcentagem e tempo médio de germinação das sementes foram analisados por uma análise de variância (ANOVA), seguida pelo teste de Tukey para comparações múltiplas, todos a 5% de probabilidade. A germinação de quatro espécies desse estudo foi mais rápida depois que passou pelo período de condicionamento úmido no escuro; independentemente da temperatura. Considerando-se que o condicionamento neste caso simulou as condições que as espécies podem experimentar no banco de sementes, podemos dizer para essas espécies, que a germinação das sementes que passam por um período curto no banco de sementes é mais eficiente do que a das sementes recém-dispersas.*

**Palavas-chave:** espécies pioneiras, condicionamento de sementes, temperatura, escuro, velocidade de geminação.

## Abstract

*The purpose of this study was to evaluate the effects of short storage (maximum of 100 days) in conditions of darkness, moisture and diurnal variation in temperature on the germination of seeds of five pioneer species from Central Amazon, thus simulating the conditions that seeds buried in the seed bank should experience. In germination experiments the control was installed under conditions of constant temperature (25 °C) and light. At the same we started the priming of seeds in darkness and constant temperature of 25 °C and alternating temperatures of 20-30 °C and 15-35 °C. After stabilisation of the germination in control the treatments in the dark were transferred to 25 °C constant with photoperiod of 12 hours, similar to control conditions. The priming lasted 50 days for Cecropia sciadophylla and Vismia cayennensis, 70 days for Bellucia grossularioides and Jacaranda copaia and 100 days for Isertia hypoleuca. For each species the effects of light and temperature in the mean time and percentage of germination of seeds were analyzed by an analysis of variance (ANOVA), followed by Tukey test for multiple comparisons, all with 5% probability. The germination of four species of this study was fastest after they passed the period of priming in the humid dark, regardless of temperature. Considering that the priming conditions simulated those that species may experience in the seed bank, we can say, for these species, that the germination of seeds that pass for a short period in the seed bank is more efficient than the newly dispersed.*

**Key words:** pioneer species, seed priming, temperature, dark, germination velocity.

## Introdução

Em florestas tropicais, os estágios iniciais de regeneração florestal são dominados por árvores e arbustos das espécies que formam o grupo funcional das pioneiras. Essas espécies são caracterizadas pela baixa sobrevivência de suas plântulas sob a sombra do dossel de florestas (Kyereh *et al.*, 1999), produzem grandes quantidades de sementes pequenas e o seu recrutamento é predominantemente através de sementes dormentes que formam o banco de sementes do solo (Lawton e Putz, 1988). Tanto luz como alternância de temperatura são conhecidos como fatores que quebram a dormência das sementes nesse grupo de espécies (Vázquez-Yanes e Pérez-García, 1976; Vázquez-Yanes, 1977; Valio e Joly, 1979; Vázquez-Yanes, 1980; Vázquez-Yanes e Orozco-Segovia 1982; Orozco-Segovia e Vázquez-Yanes 1989; Pearson *et al.*, 2002, 2003).

A formação do banco de sementes depende de vários fatores, como a quantidade de sementes dispersa, a velocidade de germinação, a predação e a morte de sementes (Fenner, 2000) sendo que sementes menores são enterradas mais facilmente (Peart, 1984, Dalling *et al.*, 1998). Para que as sementes sobrevivam no solo a sua viabilidade deve ser mantida e a germinação deve ser evitada por dormência, característica da semente (envoltórios impermeáveis, embrião pouco desenvolvido, etc) que impede a germinação, ou quiescência característica do ambiente desfavorável à germinação (temperaturas muito altas ou baixas, falta de oxigênio ou água, etc) (Murdoch e Ellis, 2000).

Uma razão primária para que as sementes não germinem enquanto enterradas é que muitas delas possuem um requerimento por luz para germinar (Baskin e Baskin, 1998). No entanto sementes de algumas espécies de ambientes temperados passam por mudanças anuais no seu requerimento por luz. Algumas espécies ganham a habilidade de germinar no escuro durante o inverno mas acabam por perder essa habilidade com a chegada da primavera e do verão (Baskin e Baskin, 1980, 1981ab). No inverno o que previne a germinação dessas espécies são as temperaturas baixas. Às vezes, no começo da primavera, as condições de temperatura no solo se tornam adequada à germinação no escuro, e uma pequena porção de sementes germina. Isso leva a uma perda gradual do banco de sementes.

Outra característica bem documentada para espécies de ambientes temperados é a mudança anual no estado de dormência das sementes do solo (Baskin e Baskin, 1989). Em algumas espécies anuais de inverno as sementes se tornam não dormentes quando expostas a

temperaturas de 20 a 30°C, durante o verão, e germinam no outono se as condições de luz e umidade forem favoráveis. As sementes que não germinam no outono retornam a um estado dormente quando expostas a baixas temperaturas (1 a 5°C) e se tornam novamente não dormentes no verão seguinte (Baskin e Baskin, 1973, 1983, 1984). Da forma análoga, as sementes de espécies anuais de verão se tornam não dormentes quando expostas a baixas temperaturas (5 a 15°C) durante o inverno e germinam na primavera. As sementes que não germinaram na primavera retornam ao estado dormente ao experimentar temperaturas mais altas, no final da primavera e início do verão, e se tornam não dormentes no próximo inverno (Baskin e Baskin, 1980).

Sementes ortodoxas não dormentes apresentam umas das maiores longevidades em bancos de sementes. Nessas sementes provavelmente não há dormência primária, na qual sementes recém dispersas não germinam sob condições adequadas de temperatura, oxigênio e umidade, mas a sua germinação é prevenida pela impermeabilidade de seus tegumentos (Murdoch e Ellis, 2000). Ao contrário, sementes ortodoxas dormentes devem permanecer embebidas no solo por alguns períodos ou todo o período de sua permanência no banco de sementes. Nessas espécies a manutenção da viabilidade depende de reparações constantes dos efeitos de deterioração dos altos conteúdos de água. A menor ou maior longevidade dessas sementes dependerá da dormência primária, presente no momento da dispersão, ser perdida ou reforçada por dormência secundária, induzida por condições ambientais desfavoráveis à germinação como ausência de luz, anoxia, baixa umidade, etc (Murdoch e Ellis, 2000). Apesar de existir grande variação na longevidade das sementes das pioneiras que fazem parte do banco de sementes do solo geralmente a longevidade não excede um ano após a dispersão (Dalling *et al.*, 1997, 1998; Guariguata, 2000). Os efeitos do tempo de permanência das sementes no banco de sementes são variáveis. Algumas sementes podem permanecer viáveis após longos períodos debaixo do solo, outras podem perder a viabilidade e outras podem ser beneficiadas com o aumento na porcentagem de germinação (Perez-Nasser e Vázquez-Yanes, 1986).

Dessa forma, simulando as condições que sementes enterradas no banco de sementes vão experimentar em áreas mais fechadas (temperatura constante) e aéreas mais abertas (alternância de temperatura) o objetivo desse estudo foi avaliar os efeitos da permanência curta (máximo de 100 dias), em condições de escuro, umidade e variação diurna de temperatura, sobre a germinação de sementes de cinco espécies pioneiras da Amazônia Central.

## Material e Métodos

### *Área de estudo e espécies*

Foram coletadas sementes de cinco espécies pioneiras frequentes em áreas cerca de 80 km ao norte de Manaus (Tabela 1). O clima da região é tropical úmido do tipo *Am* segundo a classificação de Köeppen. A pluviosidade anual varia de 1.900 a 2.300 mm com estação seca de junho a outubro. A temperatura média anual é de 26 °C, com amplitude entre 19°C e 39 °C (RADAMBRASIL, 1978).

Para as espécies *Bellucia grossularioides*, e *Isertia hypoleuca* foram coletados frutos em seis áreas de capoeiras, de três árvores distantes no mínimo 60 metros entre si. Das espécies *Cecropia sciadophylla*, *Vismia cayennensis* e *Jacaranda copaia* foi possível coletar frutos somente de uma matriz. Após beneficiamento dos frutos, foi determinada a massa média das sementes sendo 10 réplicas de 100 sementes para as menores que 2mg e 100 sementes individualmente para as maiores (Tabela 1). As sementes foram armazenadas a 15 °C e o período entre coleta e início dos experimentos foi de no máximo um mês.

**Tabela 1.** Massa média, Padrão de frutificação, tipo de dispersão, área e data de coleta e massa média de sementes de cinco espécies de árvores pioneiras da Amazônia Central.

<b>Espécie</b>	<b>Família</b>	<b>Massa Média(mg)</b>	<b>Padrão de Frutificação<sup>1</sup></b>	<b>Tipo de Dispersão<sup>1</sup></b>	<b>Área de coleta</b>	<b>Data de coleta mês/ano</b>
<i>Bellucia grossularioides</i> (L.) Triana	Melastomataceae	0.1 ± 0.0	contínuo	zoocórica	BR 174 -km 80 <sup>3</sup>	julho/2007
<i>Iserfia hypoleuca</i> Benth.	Rubiaceae	0.3 ± 0.0	contínuo	zoocórica	BR 174 -km 80 <sup>3</sup>	julho/2007
<i>Vismia cayennensis</i> (Jacq.) Pers.	Clusiaceae	0.4 ± 0.0	contínuo	zoocórica	AM 010 -km 8 <sup>4</sup>	fevereiro/2008
<i>Cecropia sciadophylla</i> Mart.	Cecropiaceae	1.1 ± 0.1	anual	zoocórica	AM 010 -km 8 <sup>4</sup>	fevereiro/2008
<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D.Don.	Bignoniaceae	6.5 ± 2.9	anual <sup>2</sup>	anemocórica	Manaus (INPA) <sup>5</sup>	abril/2007

<sup>1</sup> Vizcarra (2006)

<sup>2</sup> Jones *et al.* (2005)

<sup>3</sup> Áreas do Projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais – PDBFF (02°34'S e 60°07'W)

<sup>4</sup> Sítio São José (02°54'51"S e 59°59'03"W)

<sup>5</sup> Estação experimental de Silvicultura Tropical – INPA (02°47'5"S e 60°11'51"W)

### *Estudos de germinação*

Nos ensaios de germinação o controle foi instalado sob condições constantes de temperatura (25 °C) e luz (fotoperíodo de 12 horas) com fluxo luminoso de aproximadamente  $70\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  P.A.R.. Ao mesmo tempo iniciou-se o condicionamento das sementes no escuro em três condições de temperatura, 25 °C constante e termoperíodo de 12 horas de 20-30 °C e 15-35 °C. Tanto na luz como no escuro, as sementes foram semeadas sobre duas folhas de papel de germinação em caixas gerbox (11x11x3,5cm) com 18 ml de água destilada para as espécies *Bellucia grossularioides*, *Isertia hypoleuca*, *Jacaranda copaia* e em placas de petri (9 cm de diâmetro) com 7 ml de água destilada para as espécies *Cecropia sciadophylla* e *Vismia cayennensis*. Os recipientes foram envoltos em sacos plásticos, para evitar dessecação excessiva, e com duas camadas de papel alumínio para criar a condição de escuro. Em cada tratamento utilizou-se 7 repetições com 50 sementes, com exceção de *Jacaranda copaia* com 7 x 25 sementes. Foram utilizados germinadores LMS® com termoperíodo e FANEM® (Mod. 347 CDG) sem termoperíodo, ambos com precisão de no máximo  $\pm 2$  °C.

Após estabilização da germinação do controle os tratamentos do condicionamento foram transferidos para condições de luz (25 °C constante e fotoperíodo de 12 horas) semelhantes às do controle. O condicionamento durou 50 dias para *Cecropia sciadophylla* e *Vismia cayennensis*, 70 dias para *Bellucia grossularioides* e *Jacaranda copaia* e 100 dias para *Isertia hypoleuca*. A germinação na luz foi acompanhada de dois em dois dias e observada somente a emissão da radícula (5 mm) até a estabilização do processo, permitindo o cálculo da porcentagem final e o tempo médio da germinação.

### *Análise dos dados*

Para cada espécie os efeitos das variáveis luz e temperatura na porcentagem e tempo médio de germinação das sementes foram analisados por uma análise de variância (ANOVA), seguida pelo teste de Tukey para comparações múltiplas, todos a 5 % de probabilidade.

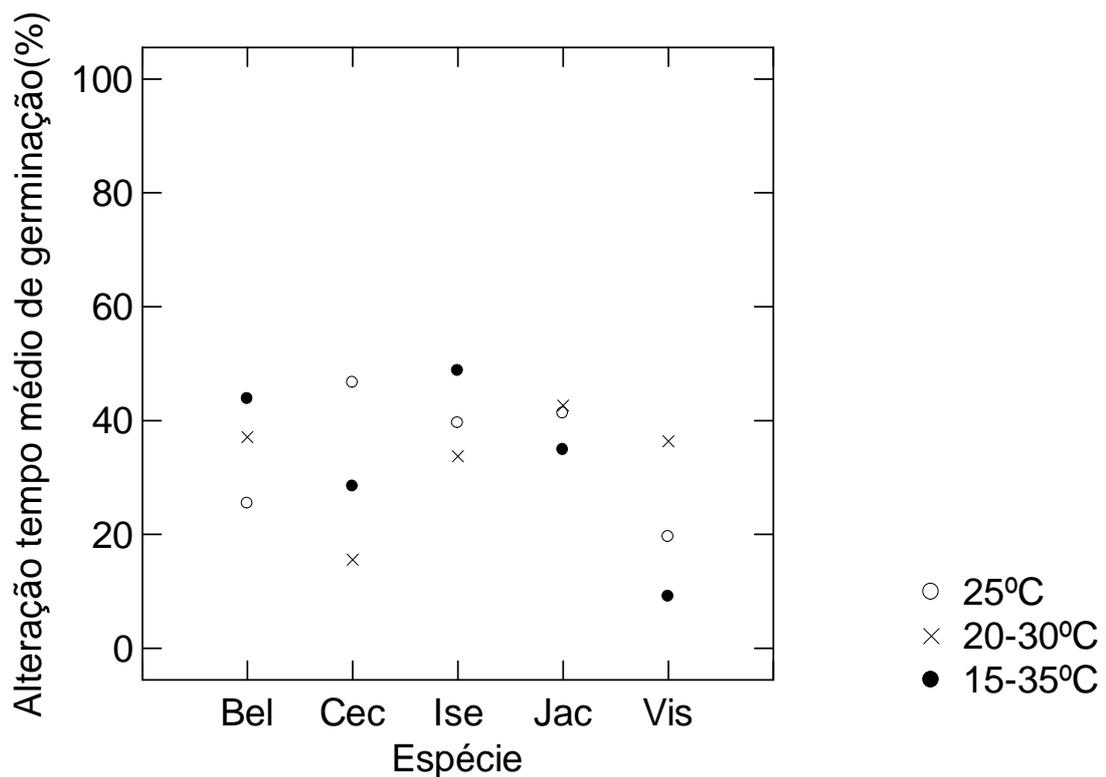
## Resultados

Após o condicionamento no escuro não foi observada germinação, confirmando a característica fotoblásticas da germinação para todas as espécies. As sementes sem condicionamento (controle) apresentaram germinação de 22,9 a 81,4 % conforme a espécie (Tabela 2). O condicionamento de 100 dias aumentou a da porcentagem de germinação das sementes da espécie *Isertia hypoleuca* de 2,5 á 44,9-56,9 % independente das três temperaturas testadas (Tabela 2). Nessa espécie o tempo de observação para esses valores de germinação foi de 40 dias; com um tempo total de observação de 100 dias a porcentagem de germinação do controle atingiu um valor parecido com os valores observados no condicionamento (em torno de 50% de germinação). Não foi observado um efeito significativo do condicionamento sobre a porcentagem de germinação das demais espécies desse estudo (Tabela 2). Porém verificou-se que o condicionamento reduziu significativamente o tempo médio de germinação de quatro espécies: *Bellucia grossularioides* de 28,3 à 15,9-21,3 dias, *Cecropia sciadophyla* de 22,5 à 12,0-19,0 dias, *Isertia hypoleuca*, de 24,0 à 12,3-15,9 dias e *Jacaranda copaia* de 21,8 à 12,5-14,2 dias. Na maioria das espécies não foi verificado efeito da temperatura constate ou alternada sobre a redução do tempo médio de germinação. A temperatura do condicionamento influenciou o tempo médio de germinação em duas espécies. Em *Bellucia grossularioides* houve efeito do termoperíodo de 15-35 °C e em *Cecropia sciadophyla* o tempo médio foi menor na temperatura constante (Tabela 2).

**Tabela 2.** Efeito de três condições térmicas durante o condicionamento úmido no escuro sobre a subsequente germinação à 25 °C (fotoperíodo de 12 horas) das sementes de cinco espécies pioneiras em comparação com a germinação das sementes não submetidas ao condicionamento. Os valores seguidos de letras diferentes apresentam diferença estatística pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade em cada uma das espécies.

<b>Condicionamento</b>						
	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Período (dias)</b>	<b>Germinação (%)</b>	<b>Tempo médio (dias)</b>		
<b><i>Bellucia grossularioides</i></b>						
	Controle	0	81,4 ± 10,4	a	28,3 ± 0,8	d
	25	70	83,1 ± 11,0	a	21,1 ± 1,6	c
	20-30	70	76,6 ± 10,0	a	17,8 ± 1,1	b
	15-35	70	82,3 ± 9,1	a	15,9 ± 1,5	a
<b><i>Isertia hypoleuca</i></b>						
	Controle	0	2,6 ± 2,2	b	24,0 ± 6,5	b
	25	100	44,9 ± 14,9	a	14,5 ± 0,9	a
	20-30	100	46,3 ± 9,3	a	15,9 ± 0,7	a
	15-35	100	56,9 ± 10,8	a	12,3 ± 1,3	a
<b><i>Vismia cayennensis</i></b>						
	Controle	0	32,6 ± 9,1	a	14,3 ± 2,0	a
	25	50	34,5 ± 8,8	a	11,5 ± 2,8	a
	20-30	50	27,0 ± 6,0	a	9,1 ± 1,1	a
	15-35	50	29,7 ± 13,6	a	13,0 ± 6,7	a
<b><i>Cecropia sciadophyla</i></b>						
	Controle	0	40,3 ± 9,7	a	22,5 ± 2,3	c
	25	50	42,0 ± 5,8	a	12,0 ± 2,5	a
	20-30	50	39,4 ± 10,9	a	19,0 ± 4,5	bc
	15-35	50	50,9 ± 11,7	a	16,1 ± 4,4	ab
<b><i>Jacaranda copaia</i></b>						
	Controle	0	22,9 ± 7,2	a	21,8 ± 1,3	b
	25	70	26,3 ± 9,2	a	12,8 ± 2,4	a
	20-30	70	30,4 ± 9,4	a	12,5 ± 1,7	a
	15-35	70	22,0 ± 7,5	a	14,2 ± 3,0	a

O efeito do condicionamento na redução do tempo médio de germinação em relação ao controle pode ser verificado na Figura 1. O valor zero significa que não houve alteração em relação ao controle e o valor de 50% aponta que o tempo foi reduzido pela metade. Neste gráfico 100% representa o valor do tempo médio do controle para cada uma das espécies. Observou-se redução do tempo médio de 9,1 a 48,8 % em relação ao controle. Comparando as distâncias entre os pontos de cada espécie podemos ver que nas espécies *Bellucia grossularioides* e *Cecropia sciadophyla* o efeito do termoperíodo foi maior. Em *Bellucia grossularioides* verificaram-se reduções de 43,8% na temperatura alternada (15-35°C) a 25,4% na temperatura constante, em *Cecropia sciadophyla* as reduções na temperatura constante (46,7%) foram superiores as da temperatura alternada (15,6 % para alternância de 20-30°C e 28,4% para alternância de 15-35°C). Nas outras espécies o efeito do termoperíodo foi menos pronunciado; de 48,8 a 33,8% em *Isertia hypoleuca*, 42,7 a 34,9% em *Jacaranda copaia* e de 36,4 a 9,1% em *Vismia cayennensis*.



**Figura1.** Alteração (%) do tempo médio de germinação em três tratamentos de condicionamento térmico no escuro em relação ao tempo médio de germinação de sementes não condicionadas de cinco espécies pioneiras: *Bellucia grossularioides*, *Cecropia sciadophyla*, *Isertia hypoleuca*, *Jacaranda copaia* e *Vismia cayennensis*.

## Discussão

A germinação de quatro espécies desse estudo foi mais rápida depois que passou por um período de condicionamento úmido no escuro; independentemente da temperatura do condicionamento. Todas as sementes dessas espécies tinham o tegumento permeável à água, portanto o seu metabolismo estava ativo durante o período de condicionamento sendo sua germinação prevenida pela falta de luz. A germinação mais rápida, após condicionamento, pode indicar que essas espécies apresentavam, além da necessidade por luz, um tipo de dormência fisiológica no momento da dispersão. Segundo Baskin e Baskin (1998) a maioria das espécies que formam banco de sementes possui esse tipo de dormência. A embebição permitiu a ativação do metabolismo no escuro devido à dormência fotoblástica. Durante esse tempo pode ter ocorrido o amadurecimento do embrião (maturação pós-colheita) e as sementes podem ter superado outros impedimentos fisiológicos tornando a germinação mais rápida no momento em que se estabeleceram condições adequadas de luz.

Alternativamente, o metabolismo ativo, durante o período de condicionamento úmido, pode ter permitido o reparo de danos celulares nas sementes, culminado numa germinação mais eficiente. Essa explicação se ajusta ao princípio do condicionamento de sementes aplicado na tecnologia de sementes. O condicionamento de sementes é uma prática para aumentar o vigor de sementes armazenadas ou acelerar a pós-maturação em sementes prematuramente colhidas (Nascimento, 1998). Seu objetivo é induzir uma germinação rápida e uniforme sob um grande espectro de condições ambientais, por exemplo, condições extremas de temperatura (MacDonald, 1999). Durante o condicionamento, as sementes são parcialmente hidratadas, período em que as atividades do metabolismo pré-germinativo acontecem, sem que ocorra a protrusão da raiz primária (Nascimento, 1998). Os benefícios do condicionamento estão associados com a reparação e síntese de ácido nucléico, o aumento da produção de proteínas, a reparação de membranas que acontece no momento da pré-embebição e no aumento das atividades antioxidantes nas sementes (MacDonald, 2000, Hsu *et al.*, 2003, Wang *et al.*, 2003).

Em área de floresta tropical o condicionamento natural no banco de sementes é relatado para o arbusto *Wingandia urens*; as sementes enterradas no solo da floresta e as condicionadas em laboratório apresentaram respostas similares de um aumento na germinação, aumento na emergência e as plântulas resultantes apresentaram folhas maiores (González-Zertuch *et al.*, 2001). Sementes de *Cecropia sciadophylla* e *C. obtusa*

enterradas no solo do Suriname não perderam a viabilidade depois de 62 e 48 meses, respectivamente (Houlthuiszjen e Boerboon, 1982). As espécies *Carica papaya*, *Solanum diphyllum*, *Piper umbelatum* e *Trema micrantha*, ocorrentes em floresta tropical do México, permaneceram viáveis após período superior ou igual a dois anos de permanência no banco de sementes (Perez-Nasser e Vázquez-Yanes, 1986; Orozco-Segovia e Vázquez-Yanes, 1990). Ao contrário, apenas 1 a 20% das sementes de *Myriocarpa longipes*, *Piper auritum* e *P. hispidum* sobreviveram após dois anos soterradas (Perez-Nasser e Vázquez-Yanes, 1986). Apesar da permanência no solo sem perda de viabilidade ter sido relatada várias vezes (Perez-Nasser e Vázquez-Yanes, 1986; Orozco-Segovia e Vázquez-Yanes, 1990) o aumento na porcentagem de germinação após período de permanência de 400 dias foi relatado apenas para sementes de *Belotia campbelli* (Perez-Nasser e Vázquez-Yanes, 1986). Sementes de cinco espécies pioneiras, encontradas em banco de sementes de ambientes tropicais, permaneceram viáveis após período de sete anos de armazenagem úmida enquanto que as sementes armazenadas em ambiente seco morreram após três anos (Vázquez-Yanes e Orozco-Segovia, 1990). No presente estudo foi observado, pela primeira vez, aumento na velocidade de germinação das espécies pioneiras, *Bellucia grossularioides*, *Iseria hypoleuca*, *Cecropia sciadophyla* e *Jacaranda copaia*, após período curto (máximo de 100 dias) de condicionamento no escuro com umidade, simulando as condições existentes em camadas de solo de floresta.

É provável que as sementes de algumas espécies pioneiras devam sobreviver num estado embebido por longos períodos no solo (Daws et. al 2007) a menos que sejam atacadas por predadores ou patógenos, permitindo que a germinação ocorra em momento posterior ao da dispersão. Assim, a formação do banco de sementes pode atuar no aumento das chances de germinação em condições ótimas de luz e temperatura para o estabelecimento (Thompson, 2000) já que em florestas tropicais a formação de clareias favoráveis ao crescimento dessas espécies é imprevisível.

## **Conclusão**

O condicionamento úmido no escuro por período curto (máximo de 100 dias), em temperatura constante e temperatura alternada, tornou mais rápida a germinação de quatro espécies pioneiras freqüentes nas florestas secundárias da região de Manaus. Considerando-se que o condicionamento neste caso simulou as condições que as espécies podem experimentar no banco de sementes, podemos dizer para essas espécies, que a germinação das sementes que passam por um período curto no banco de sementes é mais eficiente do que a das sementes recém-dispersas.

## **Conclusão Geral**

As sementes das sete espécies pioneiras, freqüentes na Amazônia Central, possuem requerimento por luz para germinar. Apesar disso foi encontrada uma relação entre o tamanho das sementes, o tipo de dormência e as condições adequadas à germinação. Na medida em que as sementes se tornaram maiores o requerimento por luz diminuiu e a tolerância ao termoperíodo aumentou. Assim, sementes menores são mais dependentes da luz e de temperatura constante para germinar e as sementes maiores são menos dependentes da luz para germinar e são mais tolerantes ao termoperíodo.

A aplicação de água de fumaça confirmou as relações negativas entre o tamanho das sementes e o requerimento por luz e a tolerância ao termoperíodo. No entanto, espécies não apresentaram aumento significativo na taxa de germinação com a aplicação de água de fumaça.

De cinco espécies testadas, quatro apresentaram aumento na taxa de germinação após condicionamento úmido por períodos de 50 a 100 dias no escuro. Isso indica que no momento da dispersão as sementes dessas espécies podem apresentar algum tipo de imaturidade que pode ser superada após um período no banco de sementes; culminado em uma germinação mais eficiente.

## Referências Bibliográficas

- Baskin, C.C.; Baskin, J.M. 1998. *Seeds: ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination*. Academic Press, New York, USA. 666pp.
- Baskin, J.M.; Baskin, C.C. 1973. Delayed germination in seeds of *Phacelia dubia* var. *dubia*. *Can. J. Bot.*, 51: 2481-2486.
- Baskin, J.M.; Baskin, C.C. 1980. Ecophysiology of secondary dormancy in seeds of *Ambrosia artemisiifolia*. *Ecology*, 61: 475-480.
- Baskin, J.M.; Baskin, C.C. 1981a. Seasonal changes in the germination responses of buried *Lamium amplexicaule* seeds. *Weed Res.*, 21: 299-306.
- Baskin, J.M.; Baskin, C.C. 1981b. Seasonal changes in germination responses of buried seeds of *Verbascum thapsus* and *V. blataria* and ecological implication. *Can. J. Bot.*, 59: 1769-1775.
- Baskin, J.M.; Baskin, C.C. 1983. Seasonal changes in the germination responses of buried seeds of *Arabidopsis thaliana* and ecological interpretation. *Bot. Gaz.*, 144: 540-543.
- Baskin, J.M.; Baskin, C.C. 1989. Physiology of dormancy and germination in relation to seed bank ecology. In: Leck, M.A.; Parka, V.T.; Simpson, R.L. (Eds). *Ecology of soil seed banks*. Academic Press, San Diego, California. p. 53-66.
- Baskin, J.M.; Baskin, C.C. 1984. Role of temperature in regulating timing of germination in soil seed reserves of *Lamium purpureum* L. *Weed Res.*, 24: 341-349.
- Bond, W.J., Honing, M.; Maze, K.E. 1999. Seed size and seedling emergence: an allometric relationship and some ecological implications. *Oecologia*, 120: 132-136.
- Brokaw, N.V.L. 1987. Gap-phase regeneration of three pioneer tree species in a tropical forest. *Journal of Ecology*, 75: 9-19.
- Brown, N.A.C.; Van Staden, J. 1997. Smoke as a germination cue: a review. *Plant Growth Regulation*, 22: 115-124.
- Buschbacher, R.; Uhl, C.; Serrão, E.A.S. 1988. Abandoned pastures in eastern Amazonia. II Nutrient stocks in the soil and vegetation. *Journal of Ecology*, 76: 682-699.
- Dalling, J.W.; Hubbel, S.P.; Silveira, K. 1998b. Seed dispersal, seedling establishment and gap partitioning among tropical pioneer trees. *Journal of Ecology*, 86: 674-689.
- Dalling, J.W.; Muller-Landau, H.C.; Wright, S.J.; Hubbell, S.P. 2002. Dispersal patterns and seed bank dynamics of pioneer trees in moist tropical forest, Panama. *Journal of Ecology*, 90: 714-727.

- Dalling, J.W.; Swaine, M.D.; Garwood, N.C. 1997. Soil seed bank community dynamics in seasonally moist lowland tropical forest, Panama. *Journal of Tropical Ecology*, 13: 659-680.
- Dalling, J.W.; Swaine, M.D.; Garwood, N.C. 1998a. Dispersal patterns and seed bank dynamics of pioneer trees in moist tropical forest, Panama. *Ecology*, 79: 564-578.
- 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.
- Drewes, F.E.; Smith, M.T.; Van Staden, J. 1995. The effect of plant-derived smoke extract on the germination of light-sensitive lettuce seed. *Plant Growth Regulation*, 16: 205-209.
- Engelbrecht, B.M.J.; Dalling, J.W.; Pearson, T.R.H.; Wolf, R.L.; Galvez, D.A.; Koehler, T.; Ruiz, M.C.; Kursar, T.A. 2006. Short dry spells in the wet season increase mortality of tropical pioneer seedlings. *Oecologia*, 148: 258-269.
- Escudero, A.; Núñez, Y.; Pérez-García, F. 2000. Is fire a selective force of seed size in pine species? *Acta Oecologia*, 21: 245-256.
- Farley, G.J. 2005. The implications of a reproducible method for making smoke water on seed dormancy studies. In: 8<sup>th</sup> International Workshop on Seeds Germinating New Ideas. *Abstracts*. Brisbane/Queensland Australia. p. 130.
- Fenner, M. 2000. *Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities*, 2 ed. CABI Publishing, New York. 410pp.
- Flematti, G.R.; Ghisalberti, E.L.; Dixon, K.E.; Trengove, R.D. 2004. A Compound from smoke that promotes seed germination. *Science*, 305: 977.
- Guariguata, M.R.; Ostertag. 2001. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. *Forest Ecology and Management*, 148: 185-206.
- Guariguata, M.R. 2000. Seed and seedling ecology of tree species in neotropical secondary forests: management implications. *Ecol. Appl.*, 10: 145-154.
- Holtheuizen e Boerboom. 1982. The *Cecropia* seedbanks in the Surinam lowland rain forest. *Biotropica*, 14: 62-68.
- Huston, M. 1979. A general hypothesis of species diversity. *American Naturalist*, 113: 81-101.
- Jäger, A.K.; Light, M.E.; Van Staden, J. 1996. Effects of source of plant material and temperature on the production of smoke extracts that promote germination of light-sensitive lettuce seeds. *Environmental and Experimental Botany*, 36(4): 421-429.

- Jain, N.; Van Staden, J. 2006. A smoke-derived butenolide improves early growth of tomato seedling. *Plant Growth Regulation*, 50: 139-148.
- Jankowska-Blaszczuk, M.; Daws, M.I. 2007. Impact of red:far red ratios on germination of temperate forest herbs in relation to shade tolerance, seed mass and persistence in the soil. *Functional Ecology*, 21: 1055-1062.
- Jones, F.A.; Chen, J.; Weng, G.J.; Hubbell, S.P. 2005. A genetic evaluation of seed dispersal in the neotropical tree *Jacaranda copaia* (Bignoniaceae). *The American Naturalist*, 166: 000-000.
- Keeley, J.E.; Fotheringham, C.J. 1998. Mechanism of smoke-induced seed germination in a post-fire chaparral annual. *Journal of Ecology*, 86: 27-36.
- Keeley, J.E.; Fotheringham, C.J. 2000. Role of fire in regeneration from seed. In: Fenner, M. (Ed.). *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities*. CABI Publishing, New York, USA. p. 311-330.
- Kennedy, D. K.; Swaine, M.D. 1992. Germination and growth of colonizing species in artificial gaps of different sizes in dipterocarp rain forest. *Philosophical Transactions of the Royal Society Series B*, 335: 357-367.
- Kyereh, B.; Swaine, M.D.; Thompson, J. 1999. Effect of light on the germination of forest trees in Ghana. *Journal of Ecology*, 87: 772-783.
- Lawton, R.O.; Putz, F.E. 1998. Natural disturbance and gap-phase regeneration in a wind exposed tropical cloud forest. *Ecology*, 69: 764-772.
- Li, M.; Lieberman, M.; Lieberman, D. 1996. Seedling demography in undisturbed tropical wet forest in Costa Rica. In: Swaine, M.D. (Ed.). *Ecology of Tropical Forest Tree Seedlings*. UNESCO-Parthenon. p. 285-314.
- Luis, M. D.; Raventós, J.; González-Hidalgo, J.C. 2005. Factors controlling germination alter fire in Mediterranean gorse shrublands. Implications for fire prescription. *Journal of Environmental Management*, 76: 159-166.
- Melo, A.C.G.; Durigan, G.; Gorenstein, M.R. 2007. Efeito do fogo sobre o banco de sementes em faixa de borda de Floresta Estacional Semidecidual, SP, Brasil. *Acta bot. Bras.*, 21: 927-934.
- Mesquita, R.C.G.; Ickes, K.; Ganade, G.; Williamson, G.B. 2001. Alternative successional pathways in the Amazon Basin. *Journal of Ecology*, 89: 528-537.
- Metcalf, D.J.; Grubb, P.J. 1996. Seed mass and light requirements for regeneration in South-east Asian rain forest. *Canadian Journal of Botany*, 73: 817-826.

- Milberg, P.; Andersson, L.; Thompson, K. 2000. Large seeded species are less dependent on light for germination than small seeded ones. *Seed Science Research*, 10: 99-104.
- Murdoch, A.J.; Ellis, R.H. 2000. Dormancy, viability and longevity. In: Fenner, M. (Ed.). *Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities*. CABI Publishing, New York. p.183-214.
- Orozco-Segovia, A.; Vázquez-Yanes, C. 1989. Light effect on seed germination in *Piper L.* *Acta Oecologia Plantarum*, 10: 125-146.
- Orozco-Segovia, A.; Vázquez-Yanes, C. 1990. Effects of moisture on longevity in seeds of some rain forest species. *Biotropica*, 22: 215-216.
- Pearson, T.H.R.; Burslem, D.F.R.P.; Mullins, C.E.; Dalling, J.W. 2002. Germination Ecology of neotropical pioneers: interacting effects of environmental conditions and seed size. *Ecology*, 83: 2798-2807.
- Pearson, T.H.R.; Burslem, D.F.R.P.; Mullins, C.E.; Dalling, J.W. 2003. Functional significance of photoblastic germination in neotropical pioneer trees: a seeds eye view. *Functional Ecology*, 17: 394-402.
- Peart, M.H. 1984. The effects of morphology, orientation and position of grass diaspores on seedling survival. *Journal of Ecology*, 72: 437-453.
- Perez-Nasser, N.; Vázquez-Yanes, C. 1986. Longevity of buried seeds from some tropical rain forest trees and shrubs of Veracruz, Mexico. *The Malaysian Forester*, 49: 352-356.
- Pons, T. L. 2000. Seed responses to light. In: Fenner, M. (Ed.). *Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities*. CABI Publishing, New York. p.237-260.
- Prado-Oliveira, M.C. 2003. *A longevidade e a perda da dormência de diásporos de espécies florestais tropicais em áreas com diferentes graus de alteração*. Tese de Doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia / Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas. 221pp.
- RADAMBRASIL. 1978. *Levantamento de Recursos Naturais*. Folha AS 20, Manaus, AM. Ministério de Minas e Energia, Departamento Nacional de Produção Mineral, Rio de Janeiro. p.261.
- Raich, J.W.; Gong, W.K. 1990. Effects of canopy opening on tree seed germination in a Malaysian dipterocarp forest. *Journal of Tropical Ecology*, 6: 203-217.
- Souza, R.P.; Válio, I.F.M. 2001. Seed size, seed germination and seedling survival of brazilian tropical tree species differing in successional status. *Biotropica*, 33: 447-457.
- Swaine, M.D.; Whitmore, T.C. 1988. On the definition of ecological species groups in tropical rain forest. *Vegetatio*, 75: 81-86.

- Taylor, C.J. 1960. *Synecology and Silviculture in Ghana*. Thomas Nelson, Edinburgh, UK.
- Tester, M.; Morris, C. 1987. The penetration of light through soil. *Plant, cell and environment*, 10: 281-286.
- Thomas, P.B.; Morris, E.C.; Auld, T.D. 2003. Interactive effects of heat shock and smoke on germination of nine species forming soil seed banks within the Sydney region. *Austral Ecology*, 28: 674-683.
- Thomas, P.B.; Morris, E.C.; Auld, T.D. 2007. Response surfaces for the combined effects of heat shock and smoke on germination of 16 species forming soil seed banks in south-east Australia. *Austral Ecology*, 32:605-616.
- Thompson, K.; Grime, J.P. 1983. A comparative study of germination responses to diurnally-fluctuating temperatures. *Journal of Applied Ecology*, 20: 141-156.
- Thompson, K. 2000. The functional ecology of soil seed banks. In: Fenner, M. (Ed.). *Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities*. CABI Publishing, New York. p.215-235.
- Todorovic, S.; Zlatko, G.; Zivkovic, S.; Grubisic, D.; Konjevic, R. 2005. Stimulation of empress tree seed germination by liquid smoke. *Plant Growth Regulation*, 47: 141-148.
- Uhl, C.; Jordan, C.F. 1984. Succession and nutrient dynamics following forest cutting and burning in Amazonia. *Ecology*, 65: 1476-1490.
- Uhl, C. 1987. Factors controlling succession following slash and burn agriculture in Amazonia. *The Journal of Ecology*, 69: 631-649.
- Uhl, C.; Clark, K.; Clark, H.; Murphy, P. 1981. Early succession after cutting and burning in the upper Rio Negro Region of the Amazon Basin. *The Journal of Ecology*, 69: 631-649.
- Valio, J.F.M.; Joly C.A. 1979. Light sensitivity of the seeds on the distribution of *Cecropia glaziovii* Snethlage (*Moraceae*). *Zeitschrift für Pflanzenphysiologie Bd.*, 91: 371-376.
- Van Staden, J.; Brown, N.C.A.; Jäger, A.; Johnson, T.A. 2000. Smoke as a germination cue. *Plant Spec. Biol.*, 15: 167-178.
- Vázquez-Yanes, C. 1974. Studies on the germination of seeds of *Ochroma lagopus* Swartz. *Turrialba*, 24(2): 176-179.
- Vázquez-Yanes, C. 1977. Germination of a pioneer tree, *Trema guianeensis* Fichalo from Equatorial Africa. *Turrialba*, 27: 301-302.
- Vázquez-Yanes, C. 1979. Notas sobre la ecofisiología de la germinación de *Cecropia obtusifolia* Bertol. *Turrialba*, 29: 147-149.
- Vázquez-Yanes, C. 1980. Light quality and seed germination in *Cecropia obtusifolia* and *Piper auritum* from a tropical rainforest in Mexico. *Phyton.*, 38: 33-35.

- Vázquez-Yanes, C.; Orozco-Segovia, A. 1982. Seed germination of a tropical rainforest tree *Heliocarpus donnell-smithii* in response to diurnal fluctuations of temperature. *Physiologia Plantarum*, 56: 295-298.
- Vázquez-Yanes, C.; Orozco-Segovia, A. 1990. Ecological significances of light controlled seed germination in two contrasting tropical habitats. *Oecologia*, 83: 171-175.
- Vázquez-Yanes, C.; Orozco-Segovia, A. 1992. Effect of litter from a tropical rain forest on tree seed germination and establishment under controlled conditions. *Tree Physiology*, 11: 391-400.
- Vázquez-Yanes, C.; Pérez-García, B. 1976. Notas sobre la morfología y la anatomía de la testa de las semillas de *Ochroma lagopus* Sw. *Turrialba*, 26: 310-311.
- Vázquez-Yanes, C.; Smith, H. 1982. Phytochrome control of seed germination in the tropical rain forest pioneer trees, *Cecropia obtusifolia* and *Piper auritum*, and its ecological significance. *New Phytologist*, 92: 477-485.
- Vázquez-Yanes, C.; Orozco-Segovia, A.; Rincón, E.; Sanchez-Coronado, M.E.; Huante, R.; Toledo, J.R.; Barradas, U.L. 1990. Light beneath the litter in a tropical rain forest: effect on seed germination. *Ecology*, 71: 1952-1958.
- Vizcarra, T. B. 2006. Estratégias reprodutivas de espécies pioneiras na Amazônia Central: fenologia e sucesso no estabelecimento de plantas. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia / Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas. 76pp.
- Willis, A.J.; Mckay, R.; Vranjic, J.A.; Kilby, M.J.; Groves, R.H. 2003. Comparative seed ecology of the endangered shrub, *Pimelea spicata* and a threatening weed, Bridal Creeper: smoke, heat and other fire-related germination cues. *Ecological Management e Restoration*, 4: 55-65.