



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA  
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
BOTÂNICA TROPICAL

Universidade Federal Rural  
da Amazônia  
BIBLIOTECA



MARCILENE DA SILVA PINHEIRO

POTENCIAL DE REGENERAÇÃO NATURAL DE *Virola surinamensis* (Rol. ex  
Rottb.) Warb. EM FLORESTAS INUNDADAS COM E SEM EXPLORAÇÃO  
MADEIREIRA NA AMAZÔNIA ORIENTAL

Dissertação  
583.765  
P 654 Ex: 01

583.765  
P 654  
EX: 01

Biblioteca



37700019

BELÉM-PA

2013

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA  
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
BOTÂNICA TROPICAL**



**MARCILENE DA SILVA PINHEIRO**

**POTENCIAL DE REGENERAÇÃO NATURAL DE *Virola surinamensis* (Rol. ex  
Rottb.) Warb. EM FLORESTAS INUNDADAS COM E SEM EXPLORAÇÃO  
MADEIREIRA NA AMAZÔNIA ORIENTAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia e Museu Paraense Emílio Goeldi, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas, área de concentração Botânica Tropical, para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Leandro Valle Ferreira.

**BELÉM-PA**

**2013**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA  
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
BOTÂNICA TROPICAL

MARCILENE DA SILVA PINHEIRO

Pinheiro, Marcilene da Silva

Potencial de regeneração natural de *Virola surinamensis* (Rol. ex Rottb.) Warb. em florestas inundadas com e sem exploração madeireira na Amazônia Oriental / Marcilene da Silva Pinheiro. – Belém, PA, 2013.

78 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas-Botânica Tropical) – Universidade Federal Rural da Amazônia/Museu Paraense Emílio Goeldi, 2013.

1. Virola 2. Germinação 3. Diocismo I. Título.

CDD – 583.765

Universidade Federal Rural da Amazônia  
**BIBLIOTECA**

Nº 37700019 Data 12/9/2016

BELEM-PA

2013



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA  
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
BOTÂNICA TROPICAL



**MARCILENE DA SILVA PINHEIRO**

**POTENCIAL DA REGENERAÇÃO NATURAL DE *Virola surinamensis* (Rol. ex  
Rottb.) Warb. EM FLORESTAS INUNDADAS COM E SEM EXPLORAÇÃO  
MADEIREIRA NA AMAZÔNIA ORIENTAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia e Museu Paraense Emílio Goeldi, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas, área de concentração Botânica Tropical, para obtenção do título de Mestre.

Aprovado em 27 de maio de 2013.

BANCA EXAMINADORA

**Prof. Dr. Leandro Valle Ferreira - Orientador**  
**Museu Paraense Emílio Goeldi**

**Profa. Dra. Joice Nunes Ferreira - 1º Examinador**  
**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**

**Prof. Dr. Milton Kanashiro - 2º Examinador**  
**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**

**Profa. Dra. Izildinha de Souza Miranda - 3º Examinador**  
**Universidade Federal Rural da Amazônia**



## **AGRADECIMENTOS**

A Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) e ao Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) pela formação. A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento da pesquisa.

Ao Conselho Nacional Científico e Tecnológico (CNPq) no âmbito do Programa de Pesquisas de Longa Duração (PELD) da Estação Científica Ferreira Penna, Caxiuanã e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Pará (FAPESPA) no Programa de Apoio a Núcleos de Excelência Pronex/Fapespa/CNPq pelo auxílio financeiro dessa dissertação.

Ao meu orientador Dr. Leandro Valle Ferreira, pela confiança, dedicação, paciência, ensinamentos e por ter me aceito como sua aluna.

Ao programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas – Botânica Tropical pela infraestrutura concedida para a realização desse trabalho.

Ao técnico botânico do Museu Paraense Emílio Goeldi, Sr. Luiz Carlos pelo auxílio na coleta e identificação dos espécimes de *Virola*, e aos coordenadores e funcionários da Estação Científica Ferreira Penna, Caxiuanã pelo apoio logístico dessa dissertação.

Ao Dr. Rafael de Paiva Salomão da coordenação de Botânica pela cessão de uso do Horto Botânico do Museu Paraense Emílio Goeldi para a realização dos experimentos e ao técnico Waldemar pela ajuda durante todo o período de experimentação.

Aos secretários do curso de mestrado em Ciências Biológicas – Botânica Tropical, Rosângela Rodrigues e Anderson Alves pela ajuda durante todo o período do curso.

Aos amigos da turma de pós-graduação 2011, curso de mestrado em Ciências Biológicas – Botânica Tropical, especialmente para os amigos de convívio do Laboratório de Taxonomia Vegetal.

A minha família, especialmente a minha mãe Antônia Monteiro da Silva e a minha irmã Márcia da Silva e ao meu namorado Tales Gomes.

## SUMÁRIO

	LISTA DE FIGURAS	7
	RESUMO	9
	ABSTRACT	10
1	CONTEXTUALIZAÇÃO	12
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17
2	DENSIDADE DA REGENERAÇÃO NATURAL DE <i>Virola surinamensis</i> (Rol. ex Rottb.) Warb. NA AMAZÔNIA ORIENTAL	21
	RESUMO	22
	ABSTRACT	23
2.1	INTRODUÇÃO	24
2.2	MATERIAL E MÉTODOS	26
2.2.1	ÁREA DE ESTUDO	26
2.2.1.1	DENSIDADE DE PLÂNTULAS ENTRE IGAPÓ E VÁRZEA SEM EXPLORAÇÃO	26
2.2.1.2	DENSIDADE DE PLÂNTULAS EM VÁRZEAS COM DIFERENTES NÍVEIS DE EXPLORAÇÃO MADEIREIRA	26
2.2.2	COLETA DE DADOS	27
2.2.2.1	DENSIDADE DE PLÂNTULAS ENTRE IGAPÓ E VÁRZEA SEM EXPLORAÇÃO	27
2.2.2.2	DENSIDADE DE PLÂNTULAS EM VÁRZEAS COM DIFERENTES NÍVEIS DE EXPLORAÇÃO MADEIREIRA	28
2.2.3	ANÁLISE DE DADOS	28
2.2.3.1	DENSIDADE DE PLÂNTULAS ENTRE IGAPÓ E VÁRZEA SEM EXPLORAÇÃO	28
2.2.3.2	DENSIDADE DE PLÂNTULAS EM VÁRZEAS COM DIFERENTES NÍVEIS DE EXPLORAÇÃO MADEIREIRA	29
2.3	RESULTADOS	29
2.3.1	DENSIDADE DE PLÂNTULAS ENTRE IGAPÓ E VÁRZEA SEM EXPLORAÇÃO	29
2.3.2	DENSIDADE DE PLÂNTULAS EM VÁRZEAS COM DIFERENTES EXPLORAÇÃO MADEIREIRA	30
2.4	DISCUSSÃO	31
	REFERÊNCIAS	36
3	GERMINAÇÃO, CRESCIMENTO E TOLERÂNCIA À INUNDAÇÃO DE <i>Virola surinamensis</i> (Rol. ex Rottb.) Warb. EM CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS NAS FLORESTAS DE IGAPÓ E VÁRZEA NA AMAZÔNIA ORIENTAL.	38
	RESUMO	39
	ABSTRACT	40

<b>3.1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>41</b>
<b>3.2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>43</b>
<b>3.2.1</b>	ÁREA DE ESTUDO	43
<b>3.2.2</b>	COLETA DE DADOS	45
<b>3.2.3</b>	ANÁLISE DE DADOS	49
<b>3.3</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>49</b>
<b>3.3.1</b>	PESO SECO DAS SEMENTES X TIPO DE FLORESTA	49
<b>3.3.2</b>	TAXA DE GERMINAÇÃO X QUEBRA DE DORMÊNCIA	50
<b>3.3.3</b>	CRESCIMENTO DAS PLANTAS EM RELAÇÃO AO TIPO DE VEGETAÇÃO E SOLO	52
<b>3.3.4</b>	PESO SECO DO CAULE, FOLHA E RAIZ NO EXPERIMENTO DE CRESCIMENTO	53
<b>3.3.5</b>	EFEITO DA INUNDAÇÃO NA MORTALIDADE E CRESCIMENTO DE PLANTAS	55
<b>3.3.6</b>	PESO SECO DO CAULE, FOLHA E RAIZ NO EXPERIMENTO DE INUNDAÇÃO	57
<b>3.4</b>	<b>DISCUSSÃO</b>	<b>58</b>
<b>3.4.1</b>	PESO SECO DAS SEMENTES X TIPO DE FLORESTA	58
<b>3.4.2</b>	TAXA DE GERMINAÇÃO X QUEBRA DE DORMÊNCIA	59
<b>3.4.3</b>	CRESCIMENTO DAS PLANTAS EM RELAÇÃO AO TIPO DE VEGETAÇÃO E SOLO	61
<b>3.4.4</b>	PESO SECO DO CAULE, FOLHA E RAIZ NO EXPERIMENTO DE CRESCIMENTO	61
<b>3.4.5</b>	EFEITO DA INUNDAÇÃO NA MORTALIDADE E CRESCIMENTO DE PLANTAS	62
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>66</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES GERAIS</b>	<b>70</b>
	<b>ANEXO I</b>	<b>71</b>
	<b>NORMAS DA REVISTA ACTA AMAZONICA</b>	<b>71</b>
	<b>ANEXO II</b>	<b>76</b>
	<b>NORMAS DA REVISTA ANAIS DA ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS</b>	<b>76</b>

## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo 1

**Figura 1:** Mapa do Brasil e a localização do estado do Pará, mapa do Pará e a localização da Estação Científica Ferreira Penna - Caxiuanã e a localização dos rios Curuá e da Baía de Caxiuanã onde foram implantadas as parcelas usadas no levantamento das plântulas de *Virola surinamensis*.....26

**Figura 2:** Localização do estado do Pará em relação ao Brasil, a localização da Floresta Nacional de Caxiuanã em relação ao Pará e a localização dos três locais com diferentes níveis de intensidade de exploração madeireira.....27

**Figura 3:** Média e desvio padrão da densidade de plântulas de *Virola surinamensis* entre as vegetações de igapó e várzea sem exploração madeireira.....29

**Figura 4:** Proporção da frequência e densidade total das plântulas de *Virola surinamensis* entre os três locais de amostragem.....30

**Figura 5:** Mediana das plântulas de *Virola surinamensis* entre os três locais de amostragem.....30

### Capítulo 2

**Figura 1:** Mapa do Brasil mostrando a localização do estado do Pará, mapa do Pará mostrando a localização da Estação Científica Ferreira Penna-Caxiuanã e a localização dos pontos usados para a coleta de sementes de *Virola surinamensis*.....43

**Figura 2:** Perfil da vegetação da floresta de igapó, de várzea e o interior da floresta de igapó e de várzea na Estação Científica Ferreira Penna-Caxiuanã, Pará.....44

**Figura 3:** Coleta manual de sementes de *Virola surinamensis* nas florestas inundáveis de Caxiuanã.....46

**Figura 4:** Baldes plásticos usados para a realização dos experimentos de inundação com plântulas de *Virola surinamensis*.....48

<b>Figura 5:</b> Massa das sementes de <i>Virola surinamensis</i> entre as florestas de igapó e várzea da Estação Científica Ferreira Penna, Caxiuanã, Pará.....	50
<b>Figura 6:</b> Comparação da proporção de germinação das sementes de <i>Virola surinamensis</i> com ou sem quebra de dormência.....	50
<b>Figura 7:</b> Taxa de germinação de sementes de <i>Virola surinamensis</i> com corte de tegumento em relação ao tempo.....	52
<b>Figura 8:</b> Relação do crescimento das plantas de <i>Virola surinamensis</i> em relação ao tempo divididas nos quatro tratamentos.....	53
<b>Figura 9:</b> Peso seco do caule de <i>Virola surinamensis</i> do experimento de crescimento em relação aos tratamentos.....	54
<b>Figura 10:</b> Peso seco das folhas de <i>Virola surinamensis</i> do experimento de crescimento em relação aos tratamentos.....	54
<b>Figura 11:</b> Peso seco das raízes de <i>Virola surinamensis</i> do experimento de crescimento em relação aos tratamentos.....	55
<b>Figura 12:</b> Comparação inicial e final do tamanho total e da proporção de perda de folhas de <i>Virola surinamensis</i> do experimento de inundação entre os tratamentos.....	56
<b>Figura 13:</b> Adaptações morfológicas das plantas de <i>Virola surinamensis</i> a inundação.....	57
<b>Figura 14:</b> Peso seco da raiz, folha e caule das plântulas de <i>Virola surinamensis</i> no experimento de inundação.....	57

## RESUMO

Atualmente existem diversos estudos testando o efeito da exploração madeireira e da inundação nos tipos de vegetação inundadas da Amazônia, a maioria realizada em nível de comunidades. Existem poucos estudos em níveis de população, principalmente em espécies com valor econômico. *Virola surinamensis* é uma espécie dioica típica das florestas inundadas da Amazônia com grande importância econômica, pois a madeira é extraída e usada pela indústria madeireira para diversos usos econômicos o que levou a redução drástica dos estoques naturais dessa espécie. Os objetivos desse estudo foram (1) Comparar a densidade de plântulas de *V. surinamensis* entre as florestas de várzea e igapó sem exploração madeireira; (2) Comparar a densidade de plântulas em três locais de floresta de várzea com diferentes intensidades de exploração madeireira; (3) Comparar a germinação, o crescimento de *V. surinamensis* entre florestas de várzea e igapó sem exploração madeireira e (4) Comparar a taxa de sobrevivência e produção da biomassa de plântulas de *V. surinamensis* em três condições de inundação. Os estudos foram realizados na região do estuário Amazônico no estado do Pará. Nos objetivos 1 e 2 foram estabelecidas 20 parcelas de 2 x 2 metros nas florestas de igapó e várzea não exploradas e nos três locais de florestas de várzeas com diferentes níveis de exploração madeireira, respectivamente. No objetivo 3 foram coletadas sementes de *V. surinamensis* nas florestas de igapó e várzea sem exploração madeireira. Os experimentos de germinação, crescimento foram divididos em quatro tratamentos: T1– Semente de igapó plantada em solo de igapó; T2– Semente de várzea plantada em solo de igapó; T3– Semente de várzea plantada em solo de várzea e T4– Semente de igapó plantada em solo de várzea. No objetivo 4, as plântulas de *V. surinamensis* foram divididas em três tratamentos: (1) plântulas sem alagamento (controle); (2) plântulas parcialmente submersas e (3) plântulas totalmente submersas. A densidade de plântulas de *V. surinamensis* foi significativamente menor na floresta de igapó em comparação a floresta de várzea não explorada. A densidade de plântulas foi maior na floresta de várzea não explorada em comparação com as áreas exploradas e abandonadas e áreas em exploração que não foram diferentes entre si. O peso seco de sementes foi maior nas sementes de igapó em comparação aquelas das várzeas. A taxa de germinação maior nas sementes com quebra de dormência. Não houve diferença na taxa de germinação de sementes entre os quatro tratamentos. O crescimento em altura e produção de biomassa de plântulas foram maiores nas sementes plantadas em solo de várzea. Não houve diferença na mortalidade de plântulas de virola em relação à inundação. Contudo, as plantas totalmente submersas tiveram uma diminuição

significativa no tamanho em comparação às plantas parcialmente inundadas e não inundadas. Foram observadas alterações morfológicas como a formação de lenticelas, raízes adventícias nas plantas do tratamento parcialmente inundado, clorose e senescência foliar nas plantas totalmente inundadas.

**Palavras-chave:** germinação, dioicismo, *Virola*

## ABSTRACT

Actually, there are many studies testing the effect of flood in the Amazonian floodplain forests plants. However, the majority performed in the community level. There area few studied performed in population level, mainly in plant species with economic values. The species *Virola surinamensis* is a typical dioecious tree in the Amazonian floodplain forests with great economic importance due the value of wood used by timber industry. These uses result in a drastic reduction of natural population of this species in the natural conditions. The objectives of this study are: (1) Compare to density of seedlings established between the igapo and varzea floodplain forests without human intervention; (2) Compare to density of seedling established in three locations submit the different wood extractions; (3) Compare to seed germination, the growth between the varzea and igapo floodplain forests without human intervention and (4) Compare to survival and biomass production of seedling established in three different level of inundation. All studies were carried in the estuarine floodplain forests in the Pará State, Brazil. In the objectives 1 and 2 were establish 20 plots of 2 x 2 meters in the igapo and varzea floodplain forests unexploited and also in the three locations subject to different levels of timber extractions. In the objective 3 were collected seeds of *Virola* in the igapo and varzea floodplain forests unexploited. In the germination and growth experiments were divided in four treatments: T1-Seeds of igapo planted in igapó soils; T2-Seeds of varzea planted in igapo soils; T3-Seeds of varzea planted in várzea soils and T4- Seeds of igapo planted in varzea soils. The measured data were height and diameter of plants and dry mass of leaves, stems and roots. In the flooding experiment the plants were divided in three treatments: (1) control (without food); (2) partially flood and (3) total flood. The experiment had duration of 120 days and also was measured of height of plants, the total number of



leaves and the formation of lenticels and adventitious roots. The density of seedling was significantly lower in the igapo forest in comparison to varzea. The relative frequency of seedling in the plots varied from 30% in the areas with actual timber exploration and areas exploited and abandoned to 85% in the areas without timber exploration. There is no difference in the seedling germination between the varzea and igapo soils. However, the seeds planted in the varzea soils have higher increment in height and dry biomass. The seedlings of *Virola* are tolerant to flood. The plants totally submerge had a significantly decreased in the mean height in comparison the plants partially food and the control (not flood) that grown on average 7.3% and 8%, respectively. There was no variation in biomass production in plants among the treatments. In the partially and fully submerged plants presented morphological modifications, such as, the formation of lenticels and adventitious roots and the presence of chlorosis and foliar senescence.

**Keywords:** germination, dioecism, *Virola*



## 1. CONTEXTUALIZAÇÃO

A floresta amazônica é a maior floresta tropical úmida do planeta, dos quais 5 a 10% correspondem às vegetações que são submetidas a inundações periódicas resultantes da flutuação do nível dos rios, sendo, portanto, denominado vegetações inundadas (JUNK, 1997).

A classificação desses tipos de vegetação varia de acordo com origem geológica e tipologia de suas águas (SIOLI, 1985). Prance (1980) classificou diversos tipos de vegetação periodicamente alagadas na Amazônia e destas as mais representativas são as vegetações de várzea e igapó.

Junk (1993) estimou que as várzeas e igapós ocupam cerca de 200.000 km<sup>2</sup> e 100.000 km<sup>2</sup>, respectivamente, representando a maior proporção de vegetações sujeitas a inundações periódicas do mundo. Atualmente, pelo refinamento das técnicas de sensoriamento, o tamanho ocupado pelas várzeas e igapós pode chegar a cerca de 400.000 km<sup>2</sup> da Amazônia (MELACK e HESS, 2010; JUNK *et al.*, 2011).

As áreas de várzeas são inundadas por rios com alta quantidade de sedimentos em suspensão, sendo denominada regionalmente por rios de água branca, originados na região oeste da bacia Amazônica ou nas regiões montanhosas da Cordilheira dos Andes e áreas Pré-andinas (FERREIRA *et al.*, 2010).

Os solos dessas áreas são formados por rochas sedimentares dos Períodos do Terciário e Quaternário, ainda sujeitas a intensos processos erosivos que produzem grande quantidade de sedimentos ricos em nutrientes (JUNK *et al.*, 2000).

As áreas de vegetação de igapós são inundadas por rios com baixa quantidade de sedimentos, sendo denominado regionalmente de rios de água clara ou preta. Esses rios têm origem tanto nos escudos cristalinos das Guianas e Central Brasileiro (FERREIRA *et al.*, 2010).

Já o solo das áreas de igapó é formado por rochas do Período Pré-cambriano a Terciário, bastante erodidas e aplainadas, portanto, os rios originados nessas regiões transportam poucos sedimentos em suspensão, o que confere transparência às suas águas que são pobres em nutrientes (JUNK, 1997).

As áreas de várzea e igapó em geral, proporcionam benefícios e serviços ambientais importantes para a sociedade e meio ambiente, tais como: estocagem e limpeza de água, recarga do lençol freático, regulamento do clima local, manutenção da biodiversidade, regulação dos ciclos biogeoquímicos inclusive estocagem de carbono, habitat e subsídios

para as populações humanas tradicionais, tais como pesca, agricultura de subsistência, produtos madeireiros e não madeireiros, conservação de animais e plantas, muitos animais encontram nessas áreas proteção contra predadores, locais de alimentação e sítios de reprodução (JUNK *et al.*, 2011).

Nestes tipos de vegetação os principais fatores para a manutenção da biodiversidade são os processos físicos e biológicos, dos quais os ciclos hidrológicos e de sedimentação são fundamentais (PAROLIN, 2001), pois influenciam a dinâmica da vegetação, resultando em padrões distintos de riqueza e composição das espécies (JUNK, 1997; JUNK *et al.*, 2000; FERREIRA, 2000; PAROLIN, 2009; PIEDADE *et al.*, 2010).

A periodicidade da variação do nível dos rios da Amazônia levou Junk (1989) a criar o conceito de “*Pulso de Inundação*”, que estabelece relações entre a biota e o ambiente físico, onde as flutuações (pulsões) na descarga de sedimentos fluviais atuam como a maior força controladora da biota nessas planícies inundáveis.

O pulso de inundação regularia os processos geomorfológicos, determinando uma grande sazonalidade na erosão e na sedimentação da paisagem modificando as características estruturais das florestas e habitats locais, influenciando a biota local, na diferenciação, na riqueza e distribuição das espécies e sincronização dos períodos de crescimento, migração e reprodução (JUNK, 1989).

As diferenças da qualidade do solo e do tempo de inundação influenciam a germinação e o desenvolvimento das plantas nas áreas inundadas da Amazônia (MARQUES e JOLY, 2000). Desta forma algumas plantas que vivem nesses ambientes apresentam adaptações morfológicas, anatômicas e metabólicas para sobreviver às modificações físicas resultantes do pulso de inundação (LORETO e SCHNITZLER, 2010).

Diversos estudos relatam adaptações metabólicas e morfoanatômicas, tais como a formação de raízes adventícias, de lenticelas caulinares e de aerênquima, que as espécies de áreas alagadas desenvolvem sob condições de déficit de oxigênio em decorrência do alagamento, sendo tais estruturas, uma estratégia de desintoxicar e/ou aumentar a captação de oxigênio (DENNIS, 2000; MIELKE *et al.*, 2003; FERREIRA *et al.*, 2006; BATISTA *et al.*, 2008; MAURENZA *et al.*, 2009; PAROLIN, 2009).

A capacidade das espécies vegetais em colonizar diferentes tipos de vegetação pode ser determinada pela eficiência de adaptação do comportamento fisiológico, em resposta as condições próprias da vegetação, visando garantir uma maior eficiência na aquisição de

carbono (fotossíntese), na absorção e uso de nutrientes do solo e, no sucesso reprodutivo (DE SIMONE *et al.*, 2002; DIAS-FILHO, 2005; PAROLIN, 2001, 2004, 2009).

As vegetações de igapó e várzea apresentam diferenças entre si quanto à comunidade de plantas ao longo do gradiente de inundação, diferindo em idade, fisionomia e composição de espécies (WITTMANN e JUNK, 2003).

Ferreira *et al.* (2005; 2010) determinaram uma nítida separação da composição de espécies arbóreas nas vegetações de igapó e várzea em duas regiões geográficas na Amazônia Oriental, no estado do Pará, onde menos de 25% das espécies são comuns aos dois tipos de vegetação, apesar da pequena distância desses tipos de vegetação em cada área.

Ferreira *et al.* (2012) determinaram que a separação da composição de espécies entre as vegetações de igapó e várzea ocorrem na fase de estabelecimento das plantas, eles sugerem que essa separação é resultante da intensidade do estresse provocado pela inundação, pela diferença de recursos do meio (nutrientes) e pelas características das espécies (competidoras ou tolerantes ao estresse).

*Virola surinamensis* (Rol. ex Rottb.) Warb. é uma das poucas espécies que ocorre nas vegetações de igapó e várzea na Amazônia (FERREIRA, 2005; 2010; 2012). É uma espécie dioica, de forma de vida arbórea, podendo atingir mais de 40 metros de altura e com uma ampla distribuição geográfica em todo o bioma Amazônia (RODRIGUES, 2012).

É uma das espécies mais utilizadas nas indústrias de compensado, laminado, pasta para celulose e papel na região amazônica (LORENZI, 1992). Além da madeira que tem alto valor comercial, as sementes de *Virola* produzem um produto comercial chamado de “sebo-de-ucuuba” rico em trimiristina e é vendido para a indústria de cosméticos (JARDIM e MOTA, 2007).

O sucesso da germinação e estabelecimento de uma espécie nas áreas inundadas da Amazônia depende inicialmente da estratégia de sincronização da floração (JARDIM e MOTA, 2007) a fim de atrair polinizadores e da sincronização do período de frutificação com o nível dos rios, pois a maioria das espécies tem síndromes de dispersão associados direta ou indiretamente pela água, devido à capacidade de flutuação dos frutos e sementes (FERREIRA e PAROLIN, 2007).

A eficiência na dispersão de sementes pela água é complementada pela dispersão biótica e nas vegetações inundadas da Amazônia, os principais vetores de dispersão são aves, quelônios e peixes (GOULDING *et al.*, 1996).

*Virola surinamensis* é uma planta dioica. A fenologia dos indivíduos machos e fêmeas de uma mesma área têm que estar sincronizados para promover a polinização (JARDIM e MOTA, 2007). Os frutos de *Virola* produzem um arilo vermelho bem visível, ricos em lipídios e que atrai um grande grupo de vetores terrestres de dispersão, tais como, aves e primatas. Uma vez na água as sementes podem ainda ser dispersas por vertebrados aquáticos, tais como, peixes e quelônios (FREITAS *et al.*, 2010).

Na década de 1950, a região do estuário Amazônico começou a ser explorada economicamente. O processo de exploração de *Virola* possui um histórico que passa desde o extrativismo da coleta de frutos quando eram utilizados para a fabricação de produtos farmacêuticos e cosméticos nas décadas de 60-70, alcançando o auge da sua exploração na década de 80, quando a quantidade de madeira extraída nas áreas de várzea era de 75% do volume de madeira vendida na Amazônia, sendo que a extração de *Virola* correspondia a 50% desse total (Salomão *et al.* 2007).

Nos anos 90 houve um somatório dos processos extrativistas, e o de coleta, seguido da exploração madeireira, no qual pressionaram intensamente o estoque do recurso florestal remanescente dessa espécie. A exploração econômica de *Virola surinamensis* ocorre predominantemente nas vegetações de várzea, onde os estoques de plantas com valor comercial são maiores do que nas vegetações de igapó.

A exploração madeireira tem impactos negativos para as populações de plantas, alterando a estrutura genética, a densidade populacional remanescente e a distribuição de diâmetros da população (SEBBEN, 2008). No caso específico de espécies dioicas a exploração madeireira é mais grave, pois resulta em alterações na proporção de indivíduos de sexos diferentes, alterando a sincronização da floração e pela diminuição da produção de frutos e sementes, devido à retirada de matrizes (Leandro Ferreira, comunicação pessoal) provocando uma diminuição do recrutamento de indivíduos.

A exploração madeireira de *Virola surinamensis* sem preocupações de manejo florestal e conhecimento da biologia reprodutiva compromete de maneira irreversível a manutenção de estoques naturais dessa espécie nas áreas de várzea do estuário amazônico, portanto, estudos devem ser realizados, a fim de gerar conhecimento sobre a biologia dessa espécie que será fundamental para orientar ações de manejo florestal sustentável e também a recuperação de áreas já alteradas pela exploração madeireira.

Alguns estudos técnicos foram realizados a fim de compreender a estrutura da regeneração natural das espécies de plantas, pois são uma base fundamental para a

conservação (GAMA *et al.*, 2003; SCHONGART, 2003; WITTMANN e JUNK, 2003; OLIVEIRA-WITTMANN *et al.*, 2007; ASSIS e WITTMANN, 2011).

Atualmente, informações referentes à regeneração natural das vegetações de várzea e igapó são imprescindíveis à elaboração de planos de manejo de baixo impacto (SCHONGART, 2008), e na recuperação de áreas desmatadas (FERREIRA *et al.*, 2012).

Os estudos de germinação de sementes e o crescimento de plântulas são fundamentais como subsidio tanto para uma melhor compreensão do ciclo biológico como para o entendimento da regeneração natural das espécies (GURGEL *et al.*, 2006).

O objetivo do estudo foi testar *in situ* as diferenças na densidade de plântulas de *Virola surinamensis* entre as vegetações de igapó e várzea sem exploração madeireira e nas florestas de várzea com diferentes níveis de exploração e testar *ex situ* a diferença de germinação, crescimento e tolerância à inundação de plântulas de *Virola surinamensis* nas florestas de igapó e várzea na Amazônia Oriental, Pará, Brasil.

Diante do exposto foram elaboradas as seguintes questões: Qual a diferença na densidade de plântulas de *Virola* entre o igapó e várzea sem exploração madeireira e qual impacto da extração madeireira nas florestas de várzea com diferentes níveis de exploração? Qual a diferença na germinação e no crescimento de *Virola surinamensis* entre esses ambientes com características peculiares? E quais as possíveis alterações morfológicas essa planta desenvolve como resposta a inundação?

De acordo com as questões acima foram elaboradas as seguintes hipóteses, sendo a várzea uma área mais rica em nutrientes a densidade de plântulas, a germinação de sementes e o crescimento de plântulas de *Virola* são maiores nesta área. A exploração madeireira influencia de forma negativa na densidade de plântulas nos locais com diferentes níveis de exploração.

Essa dissertação é dividida em dois capítulos, redigidos na forma de artigos de acordo com as normas da revista Acta Amazonica e Anais da Academia Brasileira de Ciências, respectivamente:

1. Densidade da regeneração natural de *Virola surinamensis* (Rol. ex Rottb.) Warb. na Amazônia Oriental.
2. Germinação, crescimento e tolerância à inundação de *Virola surinamensis* (Rol. ex Rottb.) Warb. em condições experimentais nas florestas de igapó e várzea na Amazônia oriental.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSIS, L.A.; WITTMANN, F. Forest structure and tree species composition of the understory of two central Amazonian várzea forests of contrasting flood heights. **Flora**. 2011.

BATISTA, C.U.N. *et al.* Tolerância à inundação de *Cecropia pachystachya* Trec. (Cecropiaceae): aspectos ecofisiológicos e morfoanatômicos. **Acta botanica brasílica**, v. 22, n. 1, p. 91-98. 2008.

DENNIS, E.S. Molecular strategies for improving water logging tolerance in plants. **Journal of Experimental Botany**, v. 51, n. 342, p. 89-97. 2000.

DE SIMONE, O. *et al.* Adaptations of Central Amazon tree species to prolonged flooding: Root morphology and leaf longevity. **Functional Plant Biology**, v. 29, p.1025-1035. 2002.

DIAS-FILHO, M.B. **Opções forrageiras para áreas sujeitas à inundação ou alagamento temporário.** In: Pedreira, C.G.S.; Moura, J.C. de; da Silva, S.C.; Faria, V.P. de (eds.). 22º Simpósio sobre manejo de pastagem. Teoria e prática da produção animal em pastagens. Piracicaba: FEALQ, p.71-93. 2005.

FERREIRA, L.V. Effect of flooding duration on species richness, floristic composition and forest structure in river margin habitats in Amazonian blackwater floodplain forests: Implications for future design of protected areas. **Biodiversity and Conservation**, v. 9, p. 1-14. 2000.

FERREIRA, L.V. *et al.* Riqueza e composição de espécies da floresta de igapó e várzea da Estação Científica Ferreira Penna: subsídios para o plano de Manejo da Floresta Nacional de Caxiuanã. **Pesquisas Botânica**, v. 56, p. 103-116. 2005.

FERREIRA, C.S. *et al.* Germinação de sementes e sobrevivência de plântulas de *Himatanthus sicutuba* (Spruce) Wood. em resposta ao alagamento, nas várzeas da Amazônia Central. **Acta amazonica**, v. 36, n.4, p. 413 – 418. 2006.

FERREIRA, L.V.; PAROLIN P. Tree phenology in Central Amazonian floodplain forests: effects of annual water level fluctuation at community and population level. **Pesquisas Botânica**, v. 58, p. 139-156. 2007.



FERREIRA, L.V.; PAROLIN, P.; ALMEIDA, S.S. Amazonian white and black water floodplain forests in Brazil: large differences on a small scale. **Ecotropica** (Bonn), v. 16, p. 31-41. 2010.

FERREIRA, L.V.; SILVA, A.S.; ALMEIDA, S.S. **Os tipos de vegetação de Caxiunã**. p:132-152. Plano de Manejo da Floresta Nacional de Caxiunã. Volume 1 – Diagnóstico. 462 p. 2012.

FERREIRA, L.V. *et al.* A vocação da Amazônia é florestal e a criação de novos Estados pode levar ao aumento do desflorestamento na Amazônia brasileira. **Estudos Avançados**, v. 26, n. 74, p. 1-14. 2012.

FREITAS, T.M.S. *et al.* 2010. *in press* "c". ***Auchenipterichthys longimanus* como potencial dispersor de sementes em floresta de igapó da Amazônia Oriental, Brasil**. In: FREITAS TMS. Aspectos ecológicos do cachorro-de-padre *Auchenipterichthys longimanus* (Ostariophysi: Siluriformes: Auchenipteridae) em igarapés da Amazônia Oriental, Pará, Brasil. 2010. Unpublished Mastering thesis. Universidade Federal do Pará/Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém-PA.

GAMA, J.R.V. *et al.* Estrutura e potencial futuro de utilização da regeneração natural de Floresta de várzea alta no município de Afuá, estado do Pará. **Ciência Florestal**, v. 13, n. 2, 71-82. 2003.

GOULDING, M. *et al.* **Floods of fortune: ecology and economy along the Amazon**. Columbia University Press, New York, USA. 193p. 1996.

GURGEL, E.S.C. *et al.* *Virola surinamensis* (Rol. ex. Rottb.) Warb. (Myristicaceae): aspectos morfológicos do fruto, semente, germinação e plântula. Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. **Ciências Naturais**, v. 1, n. 2, p. 37-46. 2006.

JARDIM, M.A.G; MOTA, C.G. Biologia Floral de *Virola surinamensis* (Rol.) Warb. (Myristicaceae). **Revista Árvore**, v. 31, n. 6, p. 1155-1162. 2007.

JUNK, W.J. The use of Amazonian Floodplains under Ecological Perspective. **Interciência**, v. 48, n. 6, p. 317-322. 1989.

JUNK, W.J. Wetlands of tropical South America. In: Whigham, D.; Hejny, S.; Dykyjova, D. (eds.). *Wetlands of the world I*. **Kluwer Academic Publishers**, Dordrecht, p.679-739. 1993.

JUNK, W.J. **The Central Amazon Floodplain: Ecology of a Pulsing System**. Springer, New York. 1997.

JUNK, W.J. *et al.* **The Central Amazon floodplain: Actual use and options for sustainable management**. Leiden, The Netherlands, Backhuys Publishers. p. 584, 2000.

JUNK, W.J. *et al.* A classification of major naturally-occurring Amazonian lowland wetlands. **Wetlands**, v. 31, n. 4, p. 623–640. 2011.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Ed. Plantarum Ltda, Nova Odessa. 1992.

LORETO, F.; SCHNITZLER, J.P. Abiotic stresses and induced BVOCs. **Trends in Plant Science**, v. 15, n. 3, p. 154-166. 2010.

MARQUES, M.C.M.; JOLY, C.A. Germinação e crescimento de *Calophyllum brasiliense* (Clusiaceae), uma espécie típica de florestas inundadas. **Acta botânica brasílica**, v. 14, n. 1, p. 113-120. 2000.

MAURENZA, D. *et al.* Efeito da inundação de longa duração sob o crescimento de *Pouteria glomerata* (Sapotaceae), uma arbórea da várzea da Amazônia Central. **Acta amazonica**, v. 39, n. 3, p. 519–526. 2009.

MELACK, J.M.; HESS, L.L. Remote Sensing of the Distribution and Extent of Wetlands in the Amazon Basin. In: Junk, W. J.; Piedade, M.T.F; Wittmann, F; Schöngart, J; Parolin, P. (org.) **Amazonian Floodplain Forests: Ecophysiology, Biodiversity and Sustainable Management**. Springer Verlag, 2010.

MIELKE, M.S. *et al.* Leaf gas exchange, chlorophyll fluorescence and growth responses of *Genipa americana* seedlings to soil flooding. **Environmental and Experimental Botany**, v. 50, p. 221-231. 2003.

OLIVEIRA-WITTMANN, A. *et al.* Patterns of structure and seedling diversity along a flooding and successional gradient in Amazonian floodplain forests. **Pesquisa Botânica**, v. 58, p. 199–138. 2007.

PAROLIN, P. Morphological and physiological adjustments to waterlogging and drought in seedlings of Amazonian floodplain trees. **Oecologia**, v. 128, p. 326-335. 2001.



PAROLIN, P. *et al.* Central Amazonian floodplain forests: Tree adaptations in a pulsing system. **The Botanical Review**, v. 70, n. 3, p. 357-380. 2004.

PAROLIN, P. Submerged in Darkness: Adaptations to Prolonged Submergence by Woody Species of the Amazonian Floodplains. **Annals of Botany Flooding**. Special Issue, v. 103, p. 359-376. 2009.

PIEDEDE, M.T.F. *et al.* Biochemistry of Amazonian floodplain trees. In W.J. Junk., M.T.F. Piedade., F. Wittmann., J. Schongart., P. Parolin (Eds.). Amazonian floodplain forests: Ecophysiology, biodiversity and sustainable management (Ecological Studies) Dordrecht, **Springer**, p. 123-134. 2010.

PRANCE, G.T. A terminologia dos tipos de florestas amazônicas sujeitas a inundação. **Acta amazonica**, v. 10, n. 3, p. 495-504. 1980.

RODRIGUES, W. 2012. *Myristicaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB019795>).

SCHÖNGART, J. Dendrochronologische Untersuchungen in Überschwemmungs waldern der várzea Zentralamazoniens. In: Bohnel, H.; Tiessen, H.; Weidelt, H.J. Göttinger beiträge zur land- und forstwirtschaft in den tropen und subtropen, v. 149. Erich Goltze, Gottingen. p 1–257, 2003.

SCHÖNGART, J. Growth–Orientated Logging (GOL): A new concept towards sustainable forest management in Central Amazonian várzea floodplains. **Forest Ecology and Management**, v. 256, p. 46–58. 2008.

SEBBENN, A.M. *et al.* Modelling the long-term impacts of selective logging on genetic diversity and demographic structure of four tropical tree species in the Amazon forests. **Forest Ecology and Management**, v. 254, p. 335-349. 2008.

SIOLI, H. Amazônia. 1985. **Fundamentos da ecologia da maior região de Florestas Tropicais**. Editora Vozes, Petropolis, Rio de Janeiro. 72 pp.

WITTMANN, F.; JUNK, W.J. Sapling communities in Amazonian white-water forests. **Journal of Biogeography**, v. 30, n. 10, p. 1533-1544. 2003.

## 2. Capítulo 1: Densidade da regeneração natural de *Virola surinamensis* (Rol. ex Rottb.)

Warb. na Amazônia Oriental

Marcilene da Silva PINHEIRO<sup>12\*</sup>, Leandro Valle FERREIRA<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup>Parte da dissertação do primeiro autor.

<sup>2</sup>Universidade Federal Rural da Amazônia, Av. Perimetral, 2501, 66077-901, Universitário, Belém, PA.

<sup>3</sup>Museu Paraense Emílio Goeldi, Coordenação de Botânica, Av. Perimetral, 1901, 66077-530, Terra Firme, Belém, PA, Caixa Postal 6109.

\*Autor para correspondência: cica\_floresta@yahoo.com.br

## RESUMO

Alguns estudos têm demonstrado que existe uma nítida separação na composição de espécies de plantas entre as florestas inundadas de igapó e várzea na Amazônia brasileira. Contudo, há espécies que ocorrem em ambas as florestas. Dentre estas, uma das mais importantes é *Virola surinamensis*, conhecida regionalmente como virola. Essa espécie possui alto valor econômico devido ao elevado valor de sua madeira, sendo comercialmente explorada, principalmente nas várzeas, onde sua densidade é maior do que nos igapós. Essa exploração levou a redução das populações dessa espécie a níveis críticos em muitas áreas de várzea no estuário amazônico. É uma espécie dioica, onde as flores masculinas e femininas ocorrem em indivíduos separados. Sua reprodução depende da presença de indivíduos machos e fêmeas na população em idade reprodutiva. A exploração madeireira pode alterar a razão sexual dessa espécie, alterando os padrões de floração e frutificação e reduzindo o recrutamento de indivíduos jovens. Os objetivos desse estudo são: (1) comparar a densidade de plântulas de Virola, entre as florestas de igapó e várzea não explorada na Estação Científica Ferreira Penna-Caxiuanã, localizada na Floresta Nacional de Caxiuanã, Pará e (2) comparar a densidade de plântulas de virola em três florestas de várzea submetidas a diferentes níveis de exploração madeireira: (1) em exploração; (2) explorada e abandonada há 30 anos e (3) sem exploração, no entorno da cidade de Breves na região do Arquipélago do Marajó, Pará e no entorno e interior da Floresta Nacional de Caxiuanã. O levantamento de plântulas de virola foi realizado pelo método de parcelas de área fixa de 2 x 2 metros, onde todos os indivíduos com até 30 cm de altura foram contados. A densidade e frequência de plântulas de virola foram significativamente menores nas florestas de igapós em comparação as várzeas. A frequência de plântulas de virola foi de 30% nas áreas em exploração e exploradas e abandonadas e de 85% na área sem exploração madeireira, respectivamente. A densidade de plântulas também foi menor nas áreas em exploração e áreas exploradas e abandonadas, 10% e 8%, respectivamente em comparação com as áreas sem exploração madeireira 82%. Os resultados desse estudo corroboram outros trabalhos que determinam uma maior densidade de indivíduos arbóreos de Virola nas florestas de várzeas em comparação aos igapós não explorados. A menor frequência e número de plântulas nas áreas de várzea em exploração em comparação com a área não explorada era esperada. Contudo, o resultado semelhante para a área explorada e abandonada há 30 anos é preocupante, pois implica que mesmo após um longo período de exploração, a densidade de plântulas de Virola continua semelhante à área explorada. Isto demonstra que um ciclo de corte de 30 anos, pode não ser suficiente para promover a recuperação da estrutura da população de Virola nas áreas de várzeas exploradas comercialmente. Este estudo recomenda que a exploração madeireira nas florestas de várzea deixem algumas fêmeas no campo, a fim de permitir a produção de sementes e a recomposição natural da população dessa espécie.

**Palavras-chave:** madeira, planta dioica, árvore matriz

## ABSTRACT

Some studies have shown that there is a clear separation of the floristic composition of plants between the igapo and varzea floodplain forests in the Brazilian Amazon. However, some species are common in both forests. Among them, one the most important is *Virola surinamensis* locally called Virola. This species has high economic value due to elevate price of its timber, being economically exploited in the varzeas floodplain forests in comparison to the igapos forests due the high tree density in the first forests. The great exploration provoked the reduction of natural population of this species in the varzeas of the Amazonian estuaries. Virola is a dioecious species, with flowers and fruits in separate individuals. The reproduction is dependent of presence of male and female adults. The timber exploitation can produce alterations in the sexual rates and flowering and fruiting periods of this species resulting in the reduction of germination rate and new individuals in the population. The objectives of this study are: (a) compare to seedling density of Virola between igapo and varzea floodplain forests not exploited; (b) compare to seedling density of Virola among the varzea floodplain logged forests submitted the three levels of timber exploration, i) unexploited forest; ii) exploited and abandoned forest to 30 years old and iii) actual exploited forest. All studies were carry in the estuaries floodplain forests in the Pará State. The seedling density was calculated using plots of 2 x 2 meters. Inside the plots all individuals of Virola lower than 30 cm height was count. The density and frequency of the seedling were significantly lower in the igapo forest in comparison to varzea forests. The frequency varied from 30% in the actual logged and exploited and abandoned areas to 85% in the areas unexploited. The relative density of seedlings was lower in the actual logged and exploited and abandoned areas, 8% and 10%, respectively, and 82% in the areas unexploited. Similar results were obtained by other studies with adult trees that determined the low density of trees in várzeas floodplain forest. The lower density and frequency of the seedling of Virola in the varzeas floodplain forests with actual logged was expected. However, the similar result to areas explained and abandoned to 30 years old causes concern, it shows that even after this long period the density and frequency of seedling are similar to the areas with actual logged. This result demonstrate that a cycle cutting of 30 years normally used in the exploitation projects in timber Amazon are insufficient to permit the structure population of Virola in these areas. This result can be directly related to remove from female trees by logging. This study strongly recommends that the exploitation of timber varzea floodplain forests leave a few adult females trees of Virola in the field to enable the production of seeds and the recovery of the population

**Key words:** timber, dioecism plant, matriarch trees

## 2.1 - INTRODUÇÃO

No estuário amazônico as vegetações de várzea tem grande importância econômica, social e ambiental para a população humana e a ocupação dessas áreas está diretamente associada à exploração dos recursos naturais sem nenhum controle.

A exploração madeireira é um dos usos mais antigos, sendo *Virola surinamensis* (Rol. ex Rottb.) Warb., uma das espécies mais exploradas e processadas nas indústrias madeireiras do estuário amazônico devido ao seu alto valor comercial (Almeida *et al.* 2004). É usada na fabricação de compensado, embalagens, artigos de esporte, brinquedos, lápis, palitos, bobinas e carretéis, entre outros utensílios (Leite *et al.* 2006).

A exploração madeireira em florestas tropicais produz duas modificações principais nas populações remanescentes: o isolamento espacial e a redução no número total de indivíduos reprodutivos (Sebbenn *et al.* 2008). Podendo alterar os ciclos de polinização e frutificação das espécies exploradas (Rossetto *et al.* 2004) e mais graves em populações de espécies dioicas (Silva *et al.* 2008) resultando em alterações na produtividade e na estabilidade dessas populações nas áreas exploradas (Hawley *et al.* 2005) acarretando erosão genética e perda de alelos raros (White *et al.* 2002).

Na década de 80, a produção de madeira nas florestas de várzeas correspondia a 75% do total comercializado na Amazônia brasileira, sendo que *Virola* representava cerca de 50% do volume total de madeira extraída (Salomão *et al.* 2007).

Alguns estudos tem mostrado que as florestas de várzeas do estuário amazônico não protegidas em unidades de conservação, tem escassos estoques comerciais de *Virola* (Salomão *et al.* 2007; Jardim e Mota 2007).

Atualmente *Virola* é uma das espécies prioritárias no programa de conservação de recursos genéticos de valor econômico do Brasil (Lima *et al.* 2007) e consta nas listas de espécies da flora brasileira ameaçada de extinção em nível federal (Lista da Flora Brasileira

Ameaçada de Extinção/IBAMA (Portaria nº6, de 23/9/2008) e estadual (Lista de Espécies da Flora e da Fauna Ameaçadas no Estado do Pará/SEMA, Resolução COEMA nº54, de 24/10/2007).

Diversos estudos têm sido realizados a fim de entender o impacto da exploração de madeira na variação genética de populações e mudanças na densidade de indivíduos adultos (White *et al.* 2002; Rossetto *et al.* 2004; Silva *et al.* 2008). Entretanto, poucos estudos têm sido realizados, a fim de determinar o impacto da exploração madeireira na estrutura da população remanescente das espécies de valor comercial nas florestas de várzea da Amazônia brasileira e nenhum foi realizado em espécies dioicas, como *Virola*.

Não há critério de seleção para a exploração de indivíduos machos ou fêmeas para as espécies dioicas, pois o único critério exigido para a exploração das espécies na Instrução Normativa nº40/2010 (SEMA) é o diâmetro mínimo de 50 cm de diâmetro.

Neste contexto formularam-se as seguintes questões: Existe diferença na densidade de plântulas de *V. surinamensis* entre as florestas de igapó e várzea sem intervenção madeireira? Existe diferença na densidade de plântulas de *V. surinamensis* entre florestas de várzea em locais submetidos a diferentes níveis de exploração madeireira em florestas de várzea no estuário Amazônico, no estado do Pará? Com as seguintes hipóteses: A densidade de plântulas é maior nas florestas de várzea devido a maior quantidade de nutrientes e a densidade de plântulas é maior nas florestas de várzea sem exploração madeireira.

Este estudo teve como objetivo comparar a densidade de plântulas de *V. surinamensis* entre as florestas de igapó e várzea sem intervenção madeireira e determinar o impacto da extração madeireira na densidade de plântulas em locais submetidos a diferentes níveis de exploração madeireira em florestas de várzea no estuário Amazônico, no estado do Pará.

## 2.2 - MATERIAL E MÉTODOS

### 2.2.1. Área de estudo

#### 2.2.1.1. Densidade de plântulas entre igapós e várzeas sem exploração

Este estudo foi realizado em florestas de igapó e várzea sem exploração madeireira na Estação Científica Ferreira Penna, localizada dentro da Floresta Nacional de Caxiuanã, nos municípios de Melgaço e Portel ( $1^{\circ}13'86''\text{S}$ ;  $48^{\circ}17'41.18''\text{W}$ ), a 230 km da cidade de Belém (Figura 1).

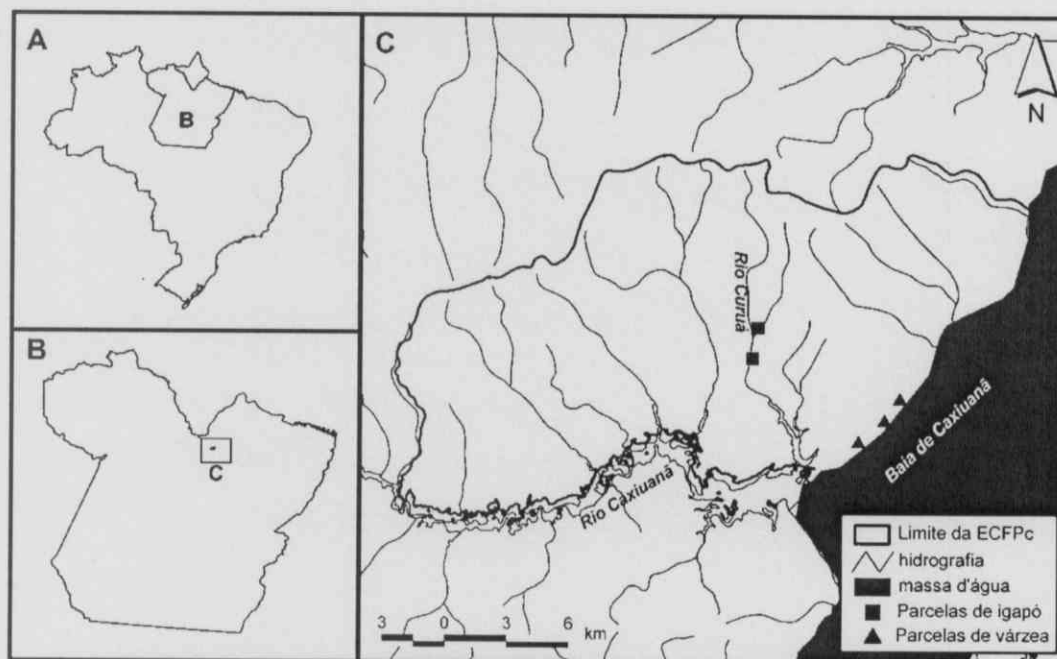


Figura 1 – Mapa do Brasil e a localização do estado do Pará (A), mapa do Pará e a localização da Estação Científica Ferreira Penna - Caxiuanã (B) e a localização dos rios Curuá (vegetação de igapó) e da Baía de Caxiuanã (vegetação de várzea) onde foram implantadas as parcelas usadas no levantamento das plântulas de *Virola surinamensis*.

#### 2.2.1.2 Densidade de plântulas em várzeas com diferentes níveis de exploração madeireira

As várzeas estão localizadas no estuário Amazônico no estado do Pará, submetidos a diferentes intensidades de extração de madeira. O 1º local é representado pela Estação Científica Ferreira Penna-Caxiuanã, localizada dentro da Floresta Nacional de Caxiuanã, uma unidade de conservação de uso sustentável, onde ocorreu sem exploração madeireira em larga



escala, somente o uso da madeira pela população residente na unidade de conservação ( $1^{\circ}44'11''\text{S}$  e  $51^{\circ}27'18''\text{W}$ ), o 2º local, representado pelo Igarapé Camuim, localiza-se; no entorno da Floresta Nacional de Caxiuanã, nesse local, houve intensa exploração madeireira, principalmente para abastecer as serrarias das cidades de Melgaço, Portel e Breves até o início da década de 80 ( $1^{\circ}37'44''\text{S}$  e  $51^{\circ}18'54''\text{W}$ ), o 3º local é representado pelas florestas de várzeas no entorno da cidade de Breves na região do Marajó, com exploração atual ( $1^{\circ}48'09''\text{S}$  e  $50^{\circ}42'57''\text{W}$ ) (Figura 2).

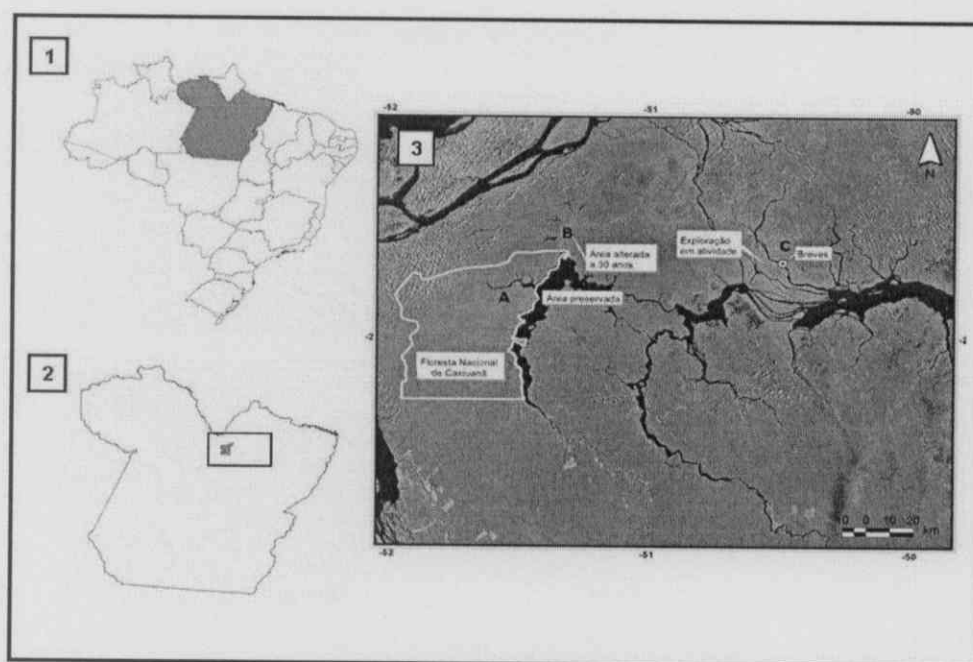


Figura 2 – Localização do estado do Pará em relação ao Brasil (1), a localização da Floresta Nacional de Caxiuanã em relação ao Pará (2) e a localização dos três locais com diferentes níveis de intensidade de exploração madeireira (3) (A= sem exploração; B=local explorado e abandonado e C = exploração atual).

## 2.2.2. Coleta de dados

### 2.2.2.1 Densidade de plântulas entre igapós e várzeas sem exploração

A amostragem de plântulas ocorreu em setembro de 2011. Foram usadas quatro parcelas permanentes do Projeto Peld-Caxiuanã, onde foram estabelecidas 40 sub-parcelas de 2 x 2 metros, 20 parcelas no igapó e 20 parcelas na várzea. Dentro de cada sub-parcela todos



os indivíduos de *Virola* com até 30 cm de altura foram contadas e identificadas. O critério de escolha das sub-parcelas foi aleatório, onde os pontos de amostragem foram distribuídos a uma distância mínima de 50 metros entre si.

A identificação dos espécimes de *Virola* no campo foi realizada por um técnico botânico com mais de 30 anos de campo e Herbário do Museu Paraense Emílio Goeldi.

#### *2.2.2.2 Densidade de plântulas em várzeas com diferentes níveis de exploração madeireira*

Em cada um dos três locais foram estabelecidas 20 sub-parcelas de 2 x 2 metros, totalizando 60 sub-parcelas. O critério de escolha das sub-parcelas foi aleatório, onde os pontos de amostragem foram distribuídos a uma distância mínima de 50 metros entre si. Dentro de cada sub-parcela todos os indivíduos de *Virola* com até 30 cm de altura foram contados.

A identificação dos espécimes de *Virola* no campo foi realizada por um técnico botânico com mais de 30 anos de campo e Herbário do Museu Paraense Emílio Goeldi.

#### *2.2.3. Análise de dados*

##### *2.2.3.1. Densidade de plântulas entre igapós e várzeas sem exploração*

A diferença da densidade de plântulas de *Virola* entre os dois tipos de florestas inundadas sem exploração madeireira foi testada com teste t de Student para amostras independentes, sendo a normalidade da distribuição das variáveis determinada com o teste Shapiro-Wilk (Zar 2010).

### 2.2.3.2. Densidade de plântulas em várzeas com diferentes níveis de exploração madeireira

A diferença da densidade de plântulas de *Virola* entre os três locais de várzea com diferentes níveis de exploração madeireira foi testada com o teste não paramétrico Kruskal-Wallis, pois os dados não obtiveram uma distribuição normal (Zar 2010).

## 2.3 - RESULTADOS

### 2.3.1. Densidade e frequência de plântulas entre igapós e várzeas sem exploração

A frequência relativa de plântulas de *Virola* nas parcelas de igapó e várzea foi de 65% e 85%, respectivamente, enquanto o número total de indivíduos nas parcelas foi de 56 e 232, respectivamente.

A densidade de plântulas de *Virola* foi significativamente menor nas áreas de igapó ( $X=4.3$ ;  $SD=1.75$ ) em comparação as várzea ( $X=15.5$ ;  $SD=6.38$ ) ( $t=-6.92$ ;  $p=0.0001$ ) (Figura 3).

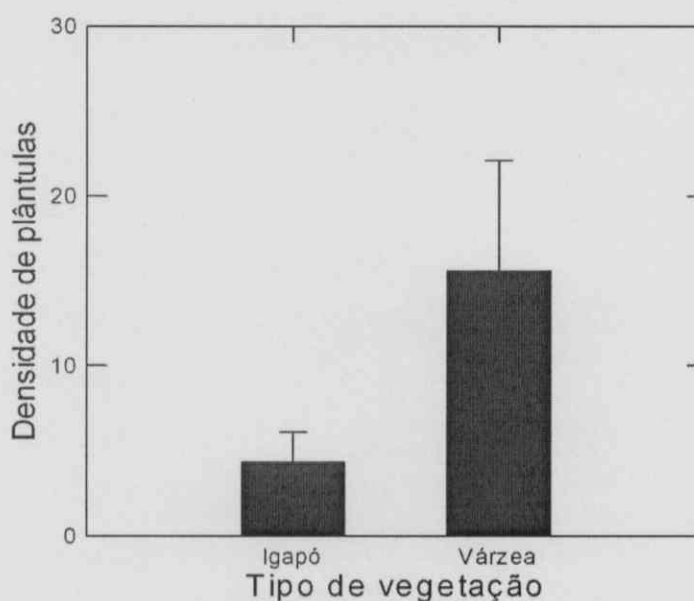


Figura 3 – Média e desvio padrão da densidade de plântulas de *Virola surinamensis* entre as vegetações de igapó e várzea sem exploração madeireira.

### 2.3.2. Densidade de plântulas em várzeas com diferentes níveis de exploração madeireira

A frequência relativa de indivíduos de *Virola* nas parcelas variou de 30% nos locais em exploração (EAT) e exploradas e abandonadas (EAB), e a 85% nos locais sem exploração (SEX) e a proporção total de indivíduos foi de 10% e 8% nos locais em exploração (EAT) e exploradas e abandonadas (EAB), respectivamente e 82% nos locais sem exploração (Figura 4).

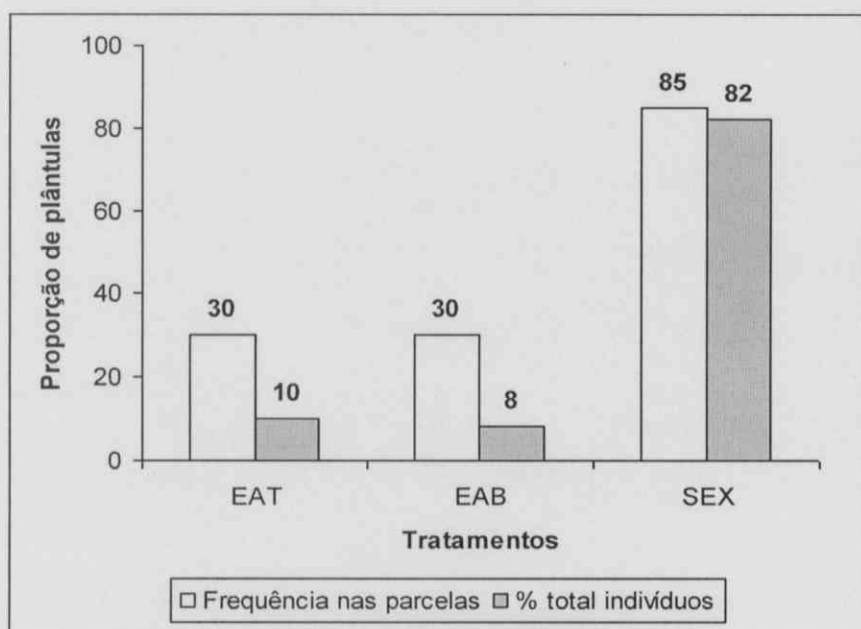


Figura 4 – Proporção da frequência e densidade total das plântulas de *Virola surinamensis* entre os três locais de amostragem (em exploração - EAT; explorado e abandonado há 30 anos – EAB e sem exploração - SEX).

A mediana das plântulas de *Virola* foi significativamente maior no local sem exploração madeireira ( $R=892$ ), em comparação ao local explorado e abandonado a mais de 30 anos ( $R=466.5$ ) e o local com exploração atual ( $R=471.5$ ) que não foram diferentes entre si ( $KW=22.715$ ;  $p=0.0001$ ) (Figura 5).

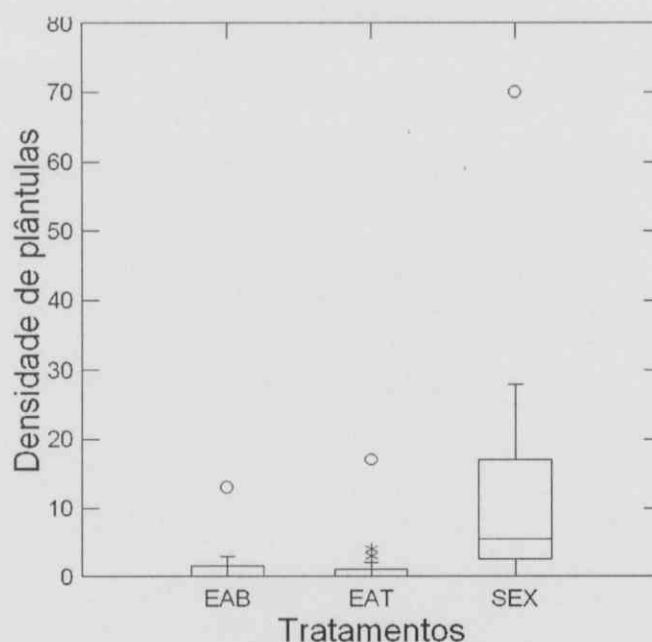


Figura 5 - Mediana das plântulas de *Virola surinamensis* entre os três locais de amostragem (em exploração - EAT; explorada e abandonada há 30 anos - EAB e sem exploração - SEX) (letras diferentes representam diferenças significativas).

## 2.4 – DISCUSSÃO

Um dos desafios da ecologia vegetal é entender quais processos determinam a distribuição das espécies nas vegetações tropicais. Nas vegetações inundadas da Amazônia, os filtros ambientais podem selecionar as espécies que irão ocorrer em um determinado local devido a condições ambientais limitantes, por exemplo, o tempo de inundação e níveis de nutrientes. Apenas as espécies que possuem atributos que lhes conferem capacidade de suportar tais condições estarão aptas a sobreviver em um determinado local.

A maior densidade de plântulas nas áreas de várzea em comparação as áreas de igapó sem exploração encontradas neste trabalho está provavelmente associado à maior proporção de nutrientes do solo nas várzeas e a maior disponibilidade de luz e o acúmulo de sementes trazidas pelas águas.

Gama *et al.* (2003) relatam que a alta densidade de plântulas nas várzeas está diretamente correlacionada com as condições edafoclimáticas e a sazonalidade das

inundações. Contudo, essa condição só ocorre em várzeas não exploradas ou em populações de espécies sem interesse comercial.

Haugassen e Peres (2006) demonstraram que as áreas de várzea do baixo rio Purus no Amazonas, têm maiores concentrações de macro-nutrientes no solo, tais como, N, P, K, Ca e Mg, em comparação as áreas de igapó.

Ferreira *et al.* (2012) demonstraram que há uma maior abertura do dossel nas áreas de várzea em comparação as de igapó no mesmo local onde foi desenvolvido esse estudo. Os autores também demonstraram que a densidade de plantas adultas com diâmetro acima de 10 cm é maior nas áreas de várzea em comparação aos igapós. Desta forma, a combinação de maior disponibilidade de luz e nutrientes nas áreas de várzea não exploradas podem ser os fatores que explicam a maior densidade de plântulas nesse tipo de vegetação em comparação as áreas de igapó.

No caso de áreas de várzeas com exploração madeireira, alguns estudos têm relatado que essa exploração reduziu drasticamente o estoque dos indivíduos adultos das espécies adultas exploradas, dais quais, *Virola* é uma das mais exploradas (Salomão *et al.* 2007 e Jardim e Mota 2007).

Ferreira *et al.* (no prelo) demonstraram que há uma drástica redução na densidade de indivíduos de *Virola* nos locais explorados em comparação aos sem exploração nas várzeas do estuário amazônico no Pará. Esse resultado confirma a hipótese de que a exploração madeireira afeta negativamente a produção de novas plântulas nas áreas de várzeas exploradas.

Os autores demonstraram que há um colapso na densidade e frequência de plântulas de *Virola* em locais com exploração madeireira atual e em locais explorados e abandonados, mostrando que a retirada dos indivíduos adultos tem impactos na produção de sementes consequentemente no estabelecimento de plântulas nesses locais.

A menor densidade de plântulas no local com exploração madeireira atual era esperada, pois a exploração madeireira de *Virola* e outras espécies de valor econômico nas várzeas do estuário amazônico, tais como, *Carapa guianensis* Aublet (andiroba) e *Hymenaea oblongifolia* Huber (jutaí-da-várzea) ocorrem desde o século passado (Gama *et al.* 2005), resultando em uma drástica redução nos estoques naturais dessas espécies (Piña-Rodrigues e Mota 2000; Salomão *et al.* 2007).

A maior densidade de plântulas de *Virola* no local sem exploração madeireira, na Floresta Nacional de Caxiuanã, uma unidade de conservação de uso sustentável, era esperada e demonstra a importância que as unidades de conservação e outros tipos de áreas protegidas na Amazônia têm na manutenção dos recursos naturais. O desmatamento dentro das unidades de conservação e terras indígenas na Amazônia é sempre menor do que fora delas (Ferreira *et al.* 2005).

Outras áreas, públicas ou privadas, nas várzeas do estuário amazônico ainda encontram-se em bom estado de conservação. Gama *et al.* (2005) em um inventário florestal nas várzeas não exploradas da Exportadora de Madeiras do Pará Ltda. (EMAPA), no Rio Santana, Município de Afuá, Pará, mostraram que *Virola* foi a espécie com maior valor de importância e também com maior densidade de indivíduos na regeneração natural.

Maués *et al.* (2011) em um estudo sobre a composição florística e estrutura do estrato inferior da floresta de várzea na área de proteção ambiental Ilha do Combu, mostraram que a diversidade florística foi alta nas espécies com hábito arbóreo, principalmente *Euterpe oleracea* Mart. e *Virola surinamensis*. E o maior número de indivíduos arbóreos nas primeiras classes de tamanho é indicativo de que a floresta se encontra em equilíbrio e em bom estado de conservação. Além de proteger os estoques naturais de *Virola* nas áreas protegidas, devem ser realizados esforços para identificar várzeas em bom estado de conservação que podem servir para a manutenção da população dessa espécie em condições naturais.

Um resultado inesperado desse estudo foi a menor densidade de plântulas de *Virola* no local explorado e abandonado há mais de 30 anos. Esse resultado inédito preocupa, pois demonstra que mesmo após um longo período de abandono do distúrbio, a densidade de plântulas desse local é semelhante ao local com exploração atual. Essa preocupação decorre do fato de que o uso dos recursos naturais das várzeas do estuário amazônico ocorre sem nenhuma estratégia de manejo (Jardim e Mota 2007).

Uma das explicações desse resultado é que a exploração madeireira removeu as fêmeas reprodutivas de *Virola* desse local e não houve uma recuperação no recrutamento de indivíduos de *Virola*, mesmo após 30 anos.

Deggen *et al.* (2006) desenvolveram um modelo para estudar o impacto da extração seletiva de espécies da exploração madeireira de quatro espécies: *Dicorynia guianensis* Amshoff, *Vouacapoua americana* Aubl., *Sextonia rubra* (Mez) van der Werff e *Symphonia globulifera* L.f. na Guiana Francesa.

Os autores simularam duas situações de exploração, a 1ª simulação usando como diâmetro mínimo de corte de 60 cm e um ciclo de corte de 65 anos, um padrão típico na Guiana Francesa e uma 2ª simulação, com diâmetro mínimo de 45 cm e um ciclo de corte de 30 anos, um padrão de exploração típico nas várzeas do estuário amazônico no Pará.

Na 2ª simulação, somente as populações de *Symphonia globulifera* não apresentou impacto negativo da extração madeireira na redução do tamanho populacional, que pode reduzir o número de genótipos na população explorada (Deggen *et al.* 2006).

Sendo que o paradigma da sustentação da exploração madeireira na região tropical assume que essas florestas podem ser exploradas repetitivamente em um ciclo determinado de tempo, normalmente de 30 anos na Amazônia brasileira, pois se postula que esse tempo é suficiente para que a vegetação tenha capacidade de resiliência para se recuperar dessa exploração. A redução na produção de plântulas de *Virola* no local que foi explorado e em

exploração atual, em relação ao local sem exploração madeireira, pode ser resultado da eliminação dos indivíduos fêmeas (matrizes reprodutivas) dessa espécie, pois a maior proporção de indivíduos com frutos de *Virola* (fêmeas) ocorre a partir dos 30 cm de diâmetro, exatamente aqueles de maior valor comercial (Ferreira *et al.* no prelo).

No local explorado e abandonado e no local com exploração atual, a eliminação das matrizes reprodutivas pela exploração madeireira provocou uma alteração no potencial reprodutivo da população e, conseqüentemente, uma redução na produção e recrutamento de novos indivíduos de *V. surinamensis* (Ferreira *et al.* no prelo).

Kurtz e Araujo (2000) relatam que quando a série de classes de diâmetros é interrompida ou truncada em qualquer um dos extremos, o ciclo de vida das plantas não se completa e a população geralmente não pode mais ser considerada em equilíbrio.

Sendo necessário determinar estratégias de regeneração que envolva a germinação de sementes e o crescimento de plântulas, pois estes são eventos críticos na história de vida de uma espécie (Aguiar *et al.* 1993).

Uma solução para aumentar o repovoamento das várzeas e igapós explorados é trazer sementes de *Virola*, pois isto vai acelerar o processo de recrutamento. Além disso, recomenda-se a ampliação de plantios de *Virola* e também a seleção de critérios para aumentar a produtividade econômica da espécie, diminuindo o impacto da extração de madeiras em áreas naturais de várzea (Maeda *et al.* 2001).

Desta forma, são necessários estudos "*ex situ*" sobre a germinação e o crescimento de plântulas de *Virola*, a fim de determinar a produção com o menor custo econômico, envolvendo as populações ribeirinhas das áreas de várzea e também plantios em escala comercial que podem fornecer mudas para a recuperação das áreas alteradas e diminuir a pressão nas populações naturais.



## AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pelo fornecimento da bolsa de Mestrado e ao Programa de Pesquisas de Longa Duração da Estação Científica Ferreira Penna, Caxiuanã, na Amazônia Oriental/CNPq (Peld\_Sítio 24) pelo auxílio financeiro desse trabalho. Ao técnico em botânica do Museu Paraense Emílio Goeldi Luiz Carlos B. Lobato pelo auxílio na coleta dados e na identificação dos espécimes. Aos funcionários de Caxiuanã no auxílio na coleta dados.

## REFERÊNCIAS

- Ackerly, D.D., Rankin-de-Merona, J.M.; Rodrigues, W.A. 1990. Tree densities and sex ratios in breeding populations of dioecious Central Amazonian Myristicaceae. *Journal of Tropical Ecology*, 6:239-248.
- Aguiar, I.B.; Piña-Rodrigues, F.C.M.; Figliolia, M.B. 1993. *Sementes Florestais Tropicais*. Abrates, Brasília, Distrito Federal. 350pp.
- Almeida, S.S.; Amaral, D.D.; SILVA, A.S.L. 2004. Análise florística e estrutura de florestas de Várzea no estuário amazônico. *Acta Amazônica*, 34(4): 513 – 524.
- Deggen, B.; Blanc, L.; Caron, H.; Maggia, L.; Kremer, A.; Gourlet-Fleury. 2006. Impact of selective logging on genetic composition and demographic structure of four tropical tree species. *Biological Conservation*, 131: 386-401.
- Ferreira, L.V.; Venticinque, E.; Almeida, S.S. 2005. O desmatamento na Amazônia e a importância das áreas protegidas. *Estudos Avançados*, 19 (53): 157-166.
- Ferreira, L.V.; Silva, A.S.; Almeida, S.S. 2012. *Os tipos de vegetação de Caxiuanã*. p:132-152. Plano de Manejo da Floresta Nacional de Caxiuanã. Volume 1 – Diagnóstico. 462 p.
- Gama, J.R.V.; Botelho, S.A.; Bentes-Gama, M. de M.; Scolforo, J.R.S. 2003. Estrutura potencial futuro de utilização da regeneração natural de Floresta de várzea alta no município de afuá, estado do Pará. *Ciência Florestal*, 13(2): 71-82.
- Gama, J.R.V.; Bentes-Gama, M. de M.; Scolforo, J.R.S. 2005. Manejo sustentado para floresta de várzea na Amazônia oriental. *Revista Árvore*, 29 (5): 719-729.
- Hawley, G.J.; Schaberg, P.G.; Dehayes, D.H.; Brissette, J.C. 2005. Silviculture alters the genetic structure of an eastern hemlock forest in Maine, USA. *Canadian Journal of Forest Research*, 35, 143–150.
- Haugaasen, T.; Peres, C.A. 2006. Floristic, edaphic and structural characteristics of flooded and unflooded forest in the lower Rio Purús reion of Central Amazonian, Brazil. *Acta Amazonica*, 36(1): 25-36.
- Ibama, Instrução Normativa nº 6 - 23 de setembro de 2008. Brasília. 52p. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/documentos/lista-de-especies-ameacadas-de-extincao>. Acesso em 15/10/2012.

- Jardim, M.A.G.; Mota, C.G. 2007. Biologia floral de *Virola surinamensis* (Rol.) Warb (Myristicaceae) *Revista Árvore*, 31 (6): 1155-1162.
- Kurtz, B.C.; Araújo, D.S.D. 2000. Composição florística e estrutura do componente arbóreo de um trecho de Mata Atlântica na Estação Ecológica Estadual do Paraíso, Cachoeiras de Macacu, Rio de Janeiro, Brasil. *Rodriguésia*, 51(78/79): 69-111.
- Leite, H.G.; Gama, J.R.V.; Cruz, J.P.D.; Souza, A.L.D. 2006. Função de afilamento para *Virola surinamensis* (Rol.) Warb. *Revista Árvore*, 30 (1): 99-106.
- Lima, J.D.; Silva, B.M.; Moraes, W.S. 2007. Germinação e armazenamento de sementes de *Virola surinamensis* (Rol.) Warb. (Myristicaceae). *Revista Árvore*, 31 (1): 37-42.
- Maeda, J.M.; Pires, I.E.; Borges, R.C.G.; Cruz, C.D. 2001. Critérios de seleção uni e multivariados no melhoramento genético da *Virola surinamensis* Warb. *Floresta e Ambiente*, 8(1): 61-69.
- Maués, B.A.R.; Jardim, M.A.G.; Batista, F. de J.; Medeiros, T.D.S.; Quaresma, A. da C. 2011. Composição florística e estrutura do estrato inferior da Floresta de várzea na área de proteção ambiental ilha do Combu, município de belém, estado do Pará. *Revista Árvore*, 35(3): 669-677.
- Piña-Rodrigues, F.C.M.; Mota, C.G. 2000. Análise da atividade extrativa de virola (*Virola surinamensis* (Rol.) Warb) no estuário Amazônico. *Floresta e Ambiente*, 7 (1): 40-5.
- Rossetto, M.; Jones, R.; Hunter, J. 2004. Genetic effects of rainforest fragmentation in an early successional tree (*Elaeocarpus grandis*). *Heredity*, 93: 610-618.
- Salomão, R.P.; Terezo, E.F.M.; Rosa, N.A.; Ferreira, L.V.; Matos, A.H.; Adams, M.; Amaral, D.D.; Morais, K.A.C. 2007. *Manejo florestal na várzea: caracterização, restrições e oportunidades para sua adoção*. In: Salomão, R.P.; Terezo, E.F.M.; Jardim, M.A.G. *Manejo florestal nas várzeas: oportunidades e desafios*. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi (Coleção Adolpho Ducke). p.11-138.
- Sebbenn, A. M.; Degen, B.; Azevedo, V.C.R.; Silva M.B.; Lacerda, A.; Ciampi, A. Y.; Kanashiro, M.; Carneiro, F.S.; Thompson, I.; Loveless, M. 2008. Modelling the long-term impacts of selective logging on genetic diversity and demographic structure of four tropical tree species in the Amazon forest. *Forest Ecology and Management*, 254: 335-349.
- Sema-PA. Resolução Nº 54 - 24 de outubro de 2007. Belém, Pará. Disponível em: [http://www.sema.pa.gov.br/interna.php?idconteudocoluna=2236&idcoluna=8&titulo\\_conteudocoluna=54](http://www.sema.pa.gov.br/interna.php?idconteudocoluna=2236&idcoluna=8&titulo_conteudocoluna=54). Acesso em 15/10/2012.
- Silva, M.B.; Kanashiro, M.; Ciampi, A.Y.; Thompson, I.; Sebbenn, A.M. 2008. Genetic effects of selective logging and pollen gene flow in a low-density population of the dioecious tropical tree *Bagassa guianensis* in the Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management*, 255: 1548-1558.
- White, G.M.; Boshier, D.H.; Powell, W. 2002. Increased pollen flow counteracts fragmentation in a tropical dry forest: an example from *Swietenia humilis* Zuccarini. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99: 2038-2042.
- Zar, J.H. 2010. *Biostatistical Analysis*. 5 ed. New Jersey. Prentice-Hall, Englewood Cliffs. 484 p.

**3. Capítulo 2:** Germinação, crescimento e tolerância à inundação de *Virola surinamensis* (Rol. ex Rottb.) Warb. em condições experimentais nas florestas de igapó e várzea na Amazônia oriental.

Marcilene da Silva Pinheiro<sup>12\*</sup>, Leandro Valle Ferreira<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup>Parte integrante da dissertação do primeiro autor.

<sup>2</sup>Universidade Federal Rural da Amazônia, Av. Perimetral, 2501, 66077-901, Universitário, Belém, PA.

<sup>3</sup>Museu Paraense Emílio Goeldi, Coordenação de Botânica, Av. Perimetral, 1901, 66077-530, Terra Firme, Belém, PA, Caixa Postal 6109.

\*Autor para correspondência: cica\_floresta@yahoo.com.br

## RESUMO

Existem diversos tipos de florestas sazonalmente inundadas na Amazônia. Destas, as mais representativas são as florestas de várzea, caracterizadas pela riqueza de nutrientes no solo e água dos rios e as florestas que tem solos e águas com grande pobreza de nutrientes, as florestas de igapó. A comunidade de plantas que ocorre entre essas florestas é muito distinta, pois são adaptadas as condições abióticas e bióticas diferenciadas. Contudo, algumas espécies são comuns às duas florestas, entre as quais uma das mais importantes é *Virola surinamensis* (Virola). O objetivo desse estudo foi testar a germinação de sementes, o crescimento de plântulas de Virola entre as florestas de várzea e igapó e identificar se existem estratégias adaptativas da planta em respostas à inundaç  o entre as florestas de igap  o e várzea n  o explorada na Estac  o Cient  fica Ferreira Penna-Caxiuan  , localizada na Floresta Nacional de Caxiuan  , Par  . Os experimentos de germinac  o e crescimento foram divididos em quatro tratamentos: T1– Sementes de igap  o plantadas em solo de igap  o; T2– Sementes de várzea plantadas em solo de igap  o; T3– Semente de várzea plantadas em solo de várzea e T4– Semente de igap  o plantadas em solo de várzea. Foram calculadas as taxas de germinac  o de sementes com ou sem quebra de dorm  ncia e medidas altura e biomassa das pl  ntulas. No experimento de inunda  o as pl  ntulas foram divididas em: (1) Controle (sem inunda  o), (2) Parcialmente inundado (recobrimento das ra  zes) e (3) Totalmente inundado, (recobrimento total da pl  ntula). Foram medidas semanalmente a altura, n  mero de folhas e a forma  o de adapta  es morfol  gicas e calculado a biomassa total no final do experimento. A taxa de germinac  o de sementes foi maior com a quebra de dorm  ncia. N  o houve diferen  a na propor  o de germinac  o de sementes entre os solos de várzea e igap  o. Houve maior crescimento na altura e maior produ  o de biomassa nas plantas plantadas em solos de várzea. Virola mostrou-se tolerante a inunda  o. Contudo, as pl  ntulas do tratamento totalmente inundadas tiveram uma diminu  o significativa no tamanho em compara  o aos outros tratamentos. Foram observadas altera  es morfol  gicas, tais como, a forma  o de lenticelas hipertrofiadas e ra  zes advent  cias, nas plantas parcialmente submersas, clorose e senesc  ncia foliar nas pl  ntulas totalmente submersas. Esse estudo determinou que a germinac  o de pl  ntulas de Virola    mais eficiente com a quebra da dorm  ncia e o crescimento das plantas de Virola    mais eficiente em solos de várzea. A combina  o desses resultados deve ser usada em programas de produ  o de plantas dessa esp  cie, a fim de promover a recupera  o das   reas de várzeas alteradas pela altera  o humana.

**Palavras-chave:** sementes, dorm  ncia, solos, Virola

## ABSTRACT

In the Brazilian Amazon there are many different types of floodplain vegetation. Of these the most representative are denominated locally of igapo and varzea floodplain forests. The varzeas are inundated by rivers with great amount of nutrients and the soils are fertile, while in the igapos the opposite occurs. The plant community that occurs between these floodplain forests are quite distinct. Some species occurs in both forests and *Virola surinamensis* (Virola) is an important species due to the high commercial value of the timber. The objectives of this study are: (1) Compare to difference of germination of seeds, seedling growth and biomass production between the igapo and varzea foodplain forests and (2) Compare to mortality and growth of seedling subject to different level of flood and identified morphologic adaptation of plant to food. The seeds used in the study were collected in the igapo and varzea floodplains forest unexploited of the Research Station Ferreira Penna-Caxiuanã in the Pará State. The experiment of germination was conducted in the house of the vegetation do Museu Paraense Emílio Goeldi e divided in treatments: T1-Seeds of igapo planted in igapó soils; T2-Seeds of varzea planted in igapo soils; T3-Seeds of varzea planted in várzea soils and T4- Seeds of igapo planted in varzea soils. The measured data were height and diameter of plants and dry mass of leaves, stems and roots. The flooding experiment was divided in three treatments: (1) control (without food); (2) partially flood and (3) total flood. The experiment had duration of 120 days and also was measured of height of plants, the total number of leaves and the formation of lenticels and adventitious roots. The proportion of germination was significantly lower in the seeds without break dormancy in comparison with the seeds with break dormancy. The density of seedling was significantly lower in the igapo forest in comparison to varzea. There is no difference in the seedling germination between the varzea and igapo soils. However, the seeds planted in the varzea soils have higher increment in height, diameter and dry biomass. The seedlings of Virola are tolerant to flood. The plants totally submerge had a significantly decreased in the mean height in comparison the plants partially food and the control (not flood) that grown on average 7.3% and 8%, respectively. There was no variation in biomass production in plants among the treatments. In the partially and fully submerged plants shows morphological modifications, such as, the formation of lenticels and adventitious roots and the presence of chlorosis and foliar senescence.

**Keys words:** seeds, dormancy, soils, Virola

### 3.1 - INTRODUÇÃO

As florestas inundadas da Amazônia são classificadas de acordo com as suas propriedades físico-químicas, qualidade da água e tipo de inundação em dois tipos principais, as florestas de várzea e de igapó (Ferreira et al. 2010).

As florestas de várzeas são inundadas por rios com maior carga de nutrientes e tem solos com maior fertilidade, resultando no crescimento mais rápido das plantas (Junk et al. 2011). Embora submetidos ao mesmo pulso de inundação das várzeas, as florestas de igapó são inundadas por rios com água de elevada acidez e pobreza nutricional (Junk 1997) sendo colonizados por comunidades de plantas com taxas de crescimento menores (Parolin e Ferreira 1998; Schongart et al. 2010).

Essas florestas passam por alternância entre uma fase terrestre e uma fase aquática durante o ano (Junk 1997). Nestes habitats, somente plantas que possuem eficientes estratégias adaptativas e uma alta diversidade funcional toleram a fase aquática (Parolin et al. 2004).

O estabelecimento das plantas sob inundação depende de sua capacidade de crescimento e a formação de adaptações na sua morfologia, anatomia e fisiologia a fim de suportar os períodos de alagamento anual (Bailey-Serres e Voesenek 2008).

A inundação influencia a germinação de sementes e o desenvolvimento de plântulas. A ativação dos processos fisiológicos necessários para a germinação requer suprimento adequado de oxigênio e o alagamento do solo restringe a disponibilidade de oxigênio para o embrião, impedindo a germinação ou impondo dormência nas sementes de muitas espécies (Ferreira et al. 2006).

O sucesso no estabelecimento de plantas nas áreas inundadas da Amazônia começa na fase de reprodução, pois a floração e principalmente o período de frutificação são sincronizados com o pulso de inundação (Ferreira e Parolin 2007), pois muitas espécies



dependem direta ou indiretamente da dispersão hidrocoria, associada a outras formas de dispersão como: barocoria, anemocoria, zoocoria (Gottsberger 1978; Maia et al. 2007; Lucas 2008; Oliveira-Wittmann et al. 2010).

Entre as espécies de ocorrência natural desses ambientes, podemos citar *Virola surinamensis* (Rol. ex Rottb.) Warb., espécie da família Myristicaceae, uma árvore de porte médio, até 40 metros de altura e diâmetro > 40 cm (Leite et al. 2006). Possui como domínios fitogeográficos desde a Amazônia a Caatinga, podendo ser encontrada também nas Guianas, Venezuela, Colômbia, Trinidad, Antilhas e Costa Rica. No Brasil é encontrada nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste (Lorenzi 1992; Rodrigues 2012).

Sua madeira é exportada pelo alto valor no mercado internacional, sendo usada para a fabricação de compensado, laminados, polpa para celulose e papel do tipo Kraft, embalagens, artigos de esporte, brinquedos, lápis, palitos, bobinas e carretéis, entre outros utensílios e o óleo extraído da semente tem potencial para a produção de biodiesel (Neves e Gonçalves 2002; Mota e de França 2007; Salomão et al. 2007).

Nesse contexto determinar quais as estratégias de regeneração que envolva a germinação de sementes e o estabelecimento de plântulas é fundamental, pois estes são eventos críticos na história de vida de uma espécie.

Existe diferença na germinação e crescimento de plântulas de *Virola surinamensis* em condições experimentais de florestas de igapó e várzea na Amazônia oriental, Pará, Brasil? Quais as possíveis adaptações morfológicas a espécie desenvolve como resposta à inundação periódica? Sendo as áreas de várzeas mais ricas em nutrientes a germinação, o crescimento de plântulas de *Virola surinamensis* são maiores nessas áreas.

O objetivo do estudo é testar às diferenças de germinação de sementes, crescimento e a tolerância à inundação de plântulas de *Virola surinamensis* (Rol. ex Rottb.) Warb. em condições experimentais de florestas de igapó e várzea na Amazônia oriental, Pará, Brasil.



### 3.2 - MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.2.1. Área de estudo

O estudo foi realizado na Estação Científica Ferreira Penna, Caxiuanã, uma unidade de pesquisa do Museu Paraense Emílio Goeldi localizada na Floresta Nacional de Caxiuanã ( $1^{\circ}45'27.5''\text{S}$ ;  $51^{\circ}27'33.2''\text{W}$ ) na região do Baixo Amazonas, entre os rios Xingu e Tocantins, nos municípios de Melgaço e Portel, no estado do Pará (Figura 1).

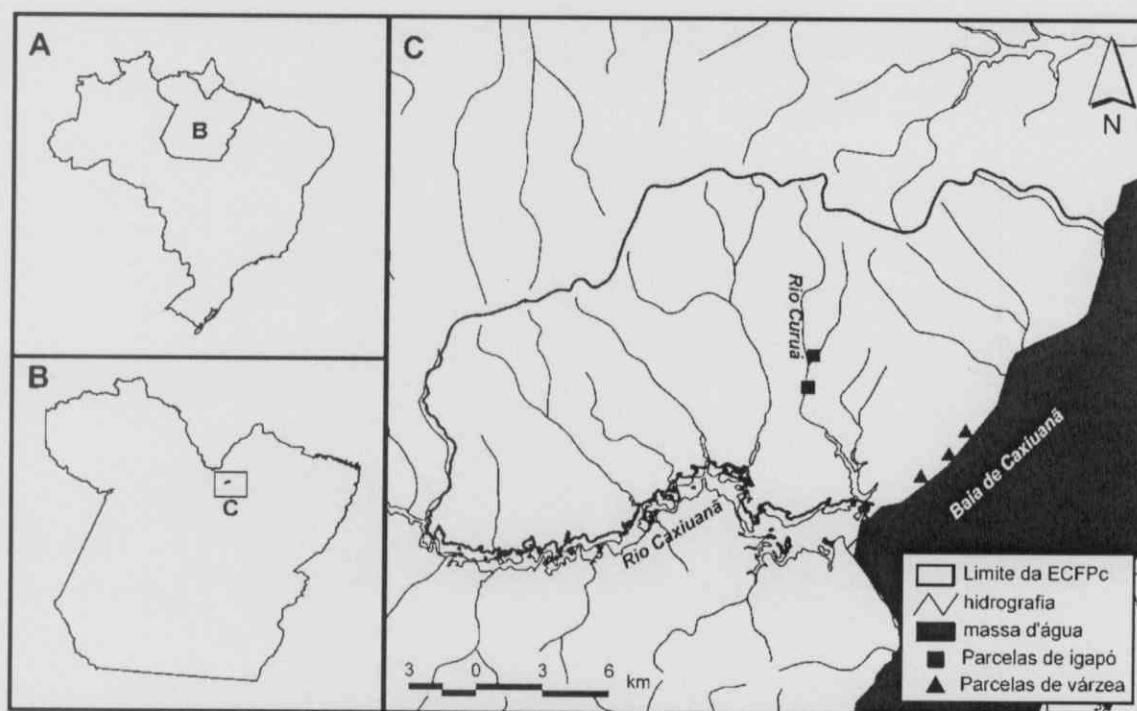


Figura 1 – Mapa do Brasil mostrando a localização do estado do Pará (A), mapa do Pará mostrando a localização da Estação Científica Ferreira Penna-Caxiuanã (B) e a localização dos pontos usados para a coleta de sementes de *Virola surinamensis* (C).

As sementes de virola foram coletadas no pico de frutificação em dois locais: (1) na floresta de igapó do rio Curuá e (2) floresta de várzea da Baía de Caxiuanã (Figura 1).

As florestas de igapó são inundadas por águas escuras, permanecendo a maior parte do ano sob inundações ou com solo saturado de água (encharcado), os solos são ácidos e de origem terciária, sendo associadas a diversos rios e igarapés na Estação (Ferreira et al. 2012) (Figura 2 A e C).

As florestas de várzea são inundadas por águas barrentas ou brancas, ocorrem em solos

hidromórficos argilosos, mais ricos em nutrientes e menos ácidos (Ferreira et al. 2012). Esse tipo de vegetação ocorre principalmente na baía de Caxiuanã onde os sedimentos do fundo e das margens indicam que o material depositado é parental àquele existente na calha do Amazonas, sugerindo ligação anterior entre os dois sistemas (Figura 2 B e D).



Figura 2. Perfil da vegetação da floresta de igapó (A) de várzea (B) e o interior da floresta de igapó (C) e de várzea (D) na Estação Científica Ferreira Penna-Caxiuanã, Pará.

O clima da região é definido como do tipo Am de KÖPPEN (Oliveira et al. 2008). A sazonalidade é bem caracterizada pela precipitação na Floresta Nacional de Caxiuanã, estando o período chuvoso compreendido entre janeiro e junho, com um total de precipitação de 1.717 mm, representando 76,3% do total anual. Durante o período menos chuvoso, que se estende

entre julho a dezembro, o total de precipitação foi de 534 mm, representando 23,7% do total anual.

Os padrões de enchente dos rios, igarapés e baías são resultantes da variação sazonal da precipitação e a variação diária do fluxo de marés. Os principais períodos de enchente ocorrem entre os meses de janeiro a maio, enquanto o principal período de vazante ocorre entre os meses de junho a julho. As variações diárias provocadas pela maré são pequenas. (Hida et al.1996) registraram oscilações diárias de 30 cm no nível das águas do rio Curuá, no trapiche da base física da Estação Científica Ferreira Penna.

### 3.2.2. Coleta de dados

As sementes foram coletadas entre os meses de fevereiro e março de 2012 e o experimento foi iniciado em maio e terminou em julho de 2012.

O beneficiamento das sementes consistiu na remoção manual do pericarpo (arilo) (Figura 3A), conforme recomendado por (Cunha et al. 1994), que permaneceram imersas em água em baldes de plásticos até serem semeadas (Figura 3B).

No período também foram coletados amostras de solos que foram usadas nos experimentos desse estudo (Figura 3C).



Figura 3 - Coleta manual de sementes de *Virola surinamensis* nas florestas inundáveis de Caxiuanã, com detalhe da semente ainda envolta com arilo vermelho (A); retirada do arilo vermelho e colocação das mesmas em baldes

com água, a fim de evitar a ressecção das sementes (B) e coleta de solo nas florestas inundáveis de Caxiuanã com auxílio de trado (C) (Fotos: Leandro Ferreira, Museu Goeldi, fevereiro 2011).

O 1º experimento foi delineado para comparar o peso seco de sementes de *Virola* entre as florestas de igapó e várzea. Foram usadas 200 sementes, 100 sementes do igapó e 100 sementes da várzea, que foram secas em estufa a 75 °C, durante 2 dias (Brasil 2009).

O 2º experimento foi delineado para comparar a taxa de germinação de sementes de *Virola* com e sem quebra mecânica de dormência. As sementes foram selecionadas pela qualidade e uniformidade de tamanho, sendo a dormência quebrada através do processo de escarificação mecânica, realizado com um corte no tegumento na extremidade oposta ao eixo embrionário.

O 3º experimento foi delineado para comparar a taxa de germinação das sementes com quebra de dormência em relação ao tipo de solo.

Nos experimentos 2 e 3 as sementes de *Virola* foram divididas em quatro tratamentos com 50 sementes cada: Tratamento 1 – Sementes de igapó plantadas em solo de igapó; Tratamento 2 – Sementes de várzea plantadas em solo de igapó; Tratamento 3 – Semente de várzea plantadas em solo de várzea e Tratamento 4 – Semente de igapó plantadas em solo de várzea.

Os experimentos 2 e 3 foram realizados na casa de vegetação do Horto Botânico no Campus de Pesquisa do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG).

As sementes de *virola* foram semeadas individualmente em sacos plásticos de polietileno de 10 x 20 cm, com substrato constituído de solos de florestas de várzea e igapó, sem controle da temperatura e umidade. A irrigação das plantas foi manual e realizada diariamente.

A germinação foi avaliada diariamente, adotando-se a protrusão da radícula como critério de germinação (Bewley e Black 1994).

O experimento foi finalizado ao constatar que todas as sementes já haviam germinado ou estavam deterioradas e inviáveis para que ocorresse a germinação.

O 4º experimento foi delineado para comparar o crescimento da altura e o diâmetro de plântulas de *Virola* em relação ao tempo. O experimento iniciou-se após 40 dias da semeadura. As medições ocorreram semanalmente por um período de seis meses. Para calcular a altura da planta, determinada a partir da distância da base do solo até a posição foliar mais alta, foi usada uma régua graduada em centímetros (Benincasa 2003).

O 5º experimento foi delineado para comparar o peso seco das raízes, caules e folhas das plantas entre os quatro tratamentos. Nesse experimento foram sorteadas 15 plantas em cada tratamento. Sendo feita uma única medição ao final do experimento. As mesmas foram cuidadosamente destorroadas, lavadas manualmente, utilizando-se jatos finos de água e peneira para a remoção do substrato e fracionadas em folhas, caule e raiz. Todo o material foi acondicionado em sacos de papel e secos em estufa de circulação forçada de ar, a 65 °C, até massa constante e posteriormente pesados com balança de precisão, modelo Gehaka BG 2000.

O 6º experimento foi delineado para testar o efeito da inundação na altura e o nº de folhas de *Virola* em relação ao nível de inundação. Nesse experimento foram utilizadas nove baldes de plástico de 62 cm de comprimento x 53 cm de largura (Figura 4).

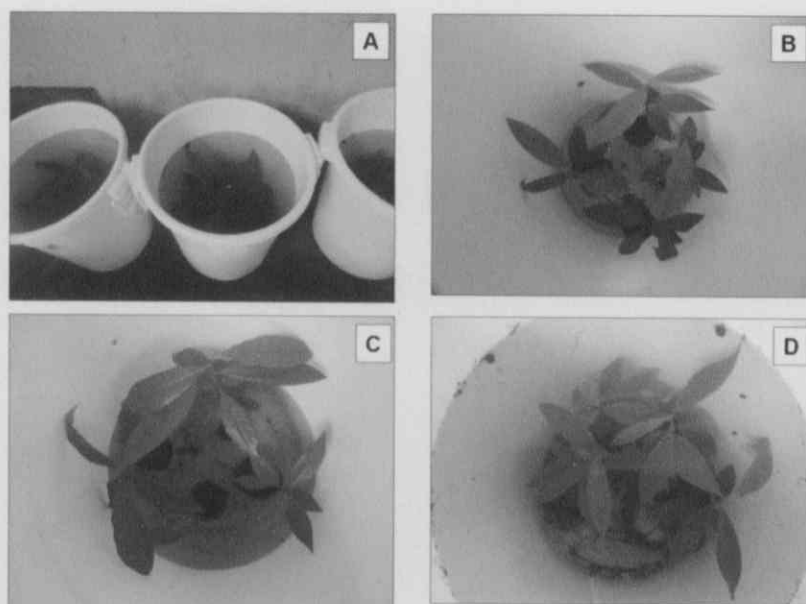


Figura 4 – Baldes plásticos usados para a realização dos experimentos de inundação (A) onde as plantas foram divididas em três tratamentos: (B) Controle (CO) sem inundação; (C) plantas parcialmente inundada (PI) e (D) plantas totalmente submersa (TI) (Fotos: Marcilene Pinheiro, Museu Goeldi, setembro de 2012).

Dentro de cada balde foram colocadas quatro plantas de *Virola*, sendo uma planta/saco em três tratamentos com três repetições, totalizando 36 plantas. Os tratamentos realizados foram: (1) controle, sem inundação (CO), com irrigação diária das plantas, (2) submersão parcial do sistema radicular e parte do caulículo alagado (PI) e (3) submersão total da planta (TI), com a troca de água sendo realizada semanalmente.

O experimento teve a duração de 120 dias e durante o período de experimentação foram avaliadas semanalmente alterações nas características morfológicas associadas à condição de alagamento. Foram feitas observações visuais e anotações da presença ou não dos seguintes sintomas: clorose nas folhas, lenticelas nos caules e formação de raízes adventícias. Ao final do experimento de inundação foi medida a massa seca das folhas, caules e raízes das plantas de *Virola*.

### 3.2.3. *Análise de dados*

Nos experimentos 1 e 2, peso seco das sementes e proporção de germinação de sementes de *Virola* com e sem quebra de dormência e em relação aos tipos de florestas inundadas, igapó ou várzea como substrato foram testados com o Test t de student para amostras independentes, sendo a normalidade dos dados testada pelo teste de Shapiro-Wilk (Zar 2010).

Nos experimentos 3, 5 e 6 a relação das variáveis dependentes em relação aos fatores foi testada com Análise de Variância simples, sendo a normalidade dos dados testada pelo teste de Shapiro-Wilk (Zar 2010).

No experimento 4, o crescimento das plantas em relação ao tempo e os tratamentos do experimento foram testados com Análise de Covariância, sendo a normalidade dos dados testada pelo teste de Shapiro-Wilk (Zar 2010).

## 3.3 - RESULTADOS

### 3.3.1 - *Massa seca das sementes x tipo de floresta*

O peso seco das sementes foi significativamente maior nas sementes oriundas das florestas de igapó ( $X=0,87$ ;  $DP=0,22$ ) em comparação as florestas de várzea ( $X=0,75$ ;  $DP=0,23$ ) ( $t=3,94$ ;  $p=0,0001$ , Figura 5).



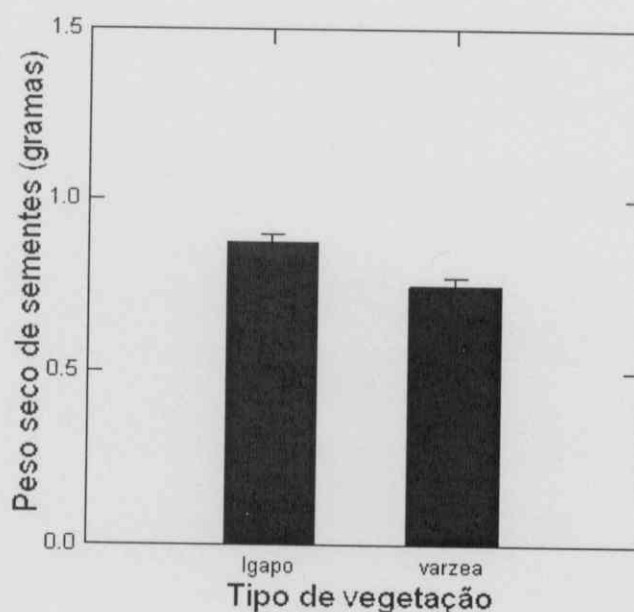


Figura 5 – Massa das sementes de *Virola surinamensis* entre as florestas de igapó e várzea da Estação Científica Ferreira Penna, Caxiuanã, Pará.

### 3.3.2 - Taxa de germinação x quebra de dormência

A proporção de germinação de sementes de *Virola surinamensis* foi significativamente maior nas sementes com quebra de dormência ( $X=78$ ;  $DP=4,32$ ) em comparação as sementes sem quebra de dormência ( $X=32$ ;  $DP=16,6$ ) ( $t=5,37$ ;  $p=0,0001$ ) (Figura 6).

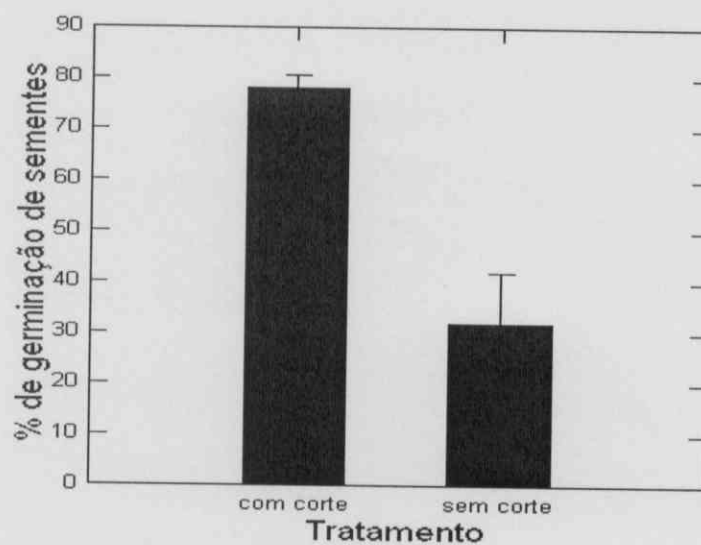


Figura 6 – Comparação da proporção de germinação das sementes de *Virola surinamensis* com ou sem quebra de dormência coletadas nas florestas de igapó e várzea da Estação Científica Ferreira Penna, Caxiuanã, Pará.

A proporção de sementes sem e com quebra de dormência, variou de 8% a 44% e 72% a 82%, respectivamente, nos 4 tratamentos (Tabela 1).

A maior diferença na proporção de germinação sem e com quebra de dormência ocorreu no tratamento 1 (sementes de igapó em solos de igapó) com 90%, enquanto a menor diferença ocorreu no tratamento 4 (sementes de igapó em solos de várzea) com 42% (Tabela 1).

Não houve diferença na porcentagem final de sementes germinadas entre os tipos de solo das florestas de igapó e várzea, mas a velocidade da germinação foi maior nas sementes oriundas das florestas de igapó (Figura 7).

Tabela 1 – Número e proporção de sementes de *Virola surinamensis* com ou sem corte de tegumento em relação aos tratamentos (T1 - Sei\_Soi = semente de igapó em solo de igapó; T2 - Sev\_Soi = semente de várzea em solo de igapó; T3 - Sev\_Sov = semente de várzea em solo de várzea e T4 - Sei\_Sov = semente de igapó em solo de várzea).

Tratamento	Sem corte de tegumento		Com corte de tegumento		Diferença da % de germinação
	N de sementes Germinadas	% de sementes germinadas	N de sementes germinadas	% de sementes germinadas	
T1-Sei_Soi	4	8	41	82	90%
T2-Sev_soi	17	34	39	78	56%
T3-Sev_Sov	22	44	40	80	45%
T4-Sei_Sov	21	42	36	72	42%

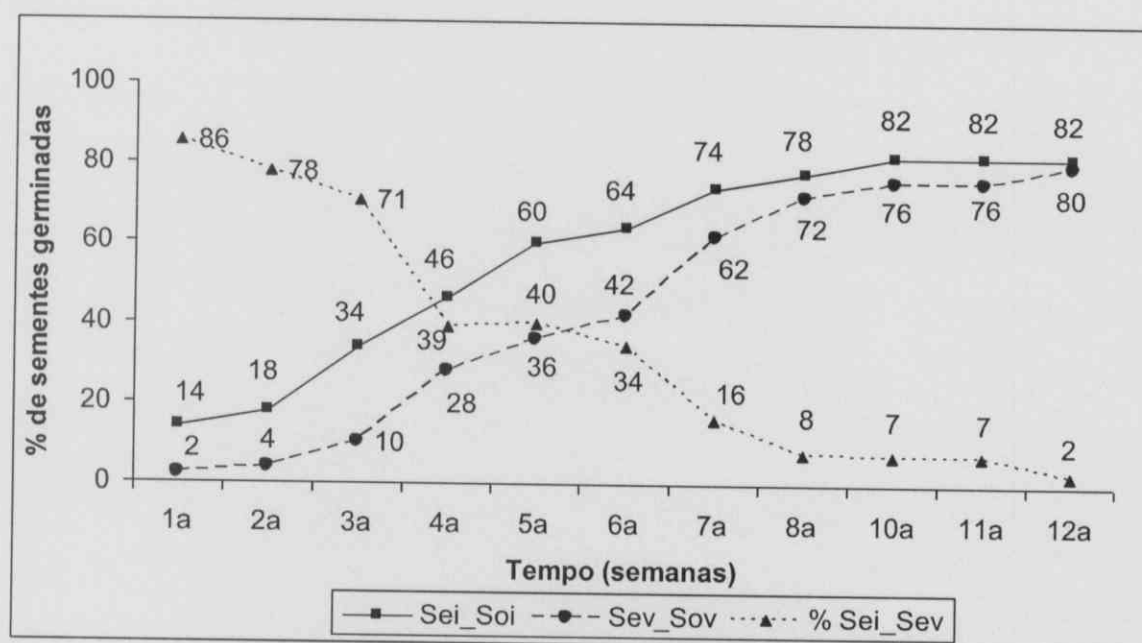


Figura 7 – Taxa de germinação de sementes de *Virola surinamensis* em relação ao tempo com corte de tegumento nos tratamentos (Sei\_Soi = semente de igapó em solo de igapó e Sev-Sov = semente de várzea em solo de várzea) e a diferença na taxa de germinação entre os tratamentos.

### 3.3.3. Crescimento das plantas em relação ao tipo de vegetação e solo

Houve uma relação significativa e positiva de crescimento das plantas de *Virola* em relação ao tempo nos quatro tratamentos realizados nesse estudo.

A análise de covariância permitiu separar as curvas de crescimento entre os tratamentos, formando três grupos: o 1º formado pelas plantas do tratamento de sementes de igapó em solo de igapó, o 2º formado pelos tratamentos de sementes de várzea em solo de igapó e semente de igapó em solo de várzea e o 3º representado pelas sementes de várzea em solo de várzea (Figura 8).

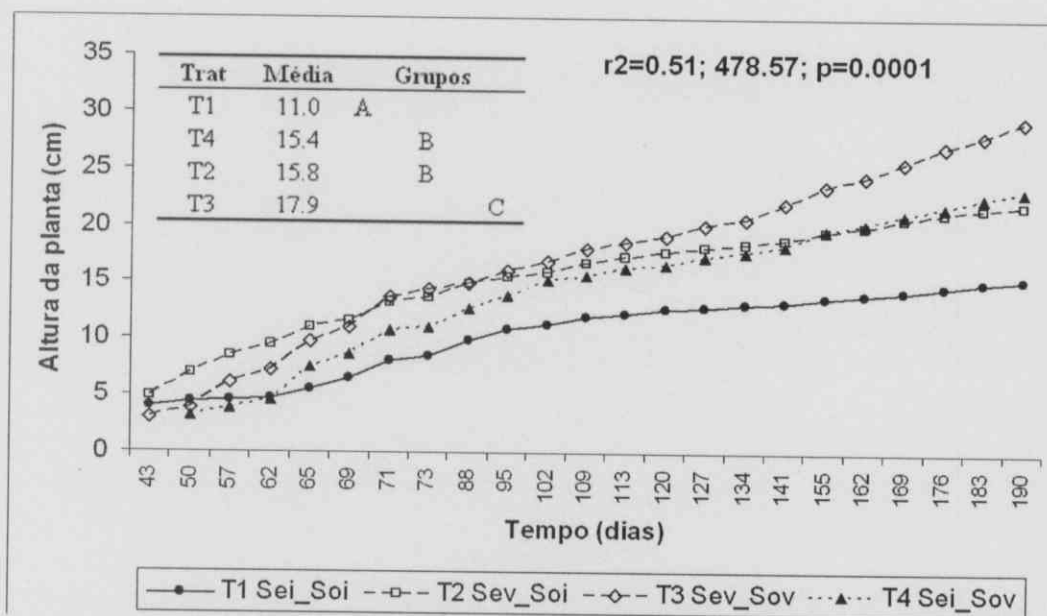


Figura 8 - Relação do crescimento das plantas de *Virola surinamensis* em relação ao tempo divididas nos quatro tratamentos (T1 - Sei\_Soi = sementes de igapó em solos de igapó; T2 - Sev\_Soi = sementes de várzea em solos de igapó; T3 - Sev-Sov = sementes de várzea em solos de várzea e T4-Sei\_Sov = sementes de igapó em solos de várzea).

### 3.3.4. Peso seco do caule, folha e raiz no experimento de crescimento

Houve diferença significativa do peso seco de caules de plantas de *Virola* entre os tratamentos ( $F[3,11] = 8,85; p=0,006$ ), sendo o peso seco maiores nos tratamentos T3 e T4 em comparação ao tratamento T1 e no tratamento T3 em comparação ao tratamento T2 (Figura 9A).

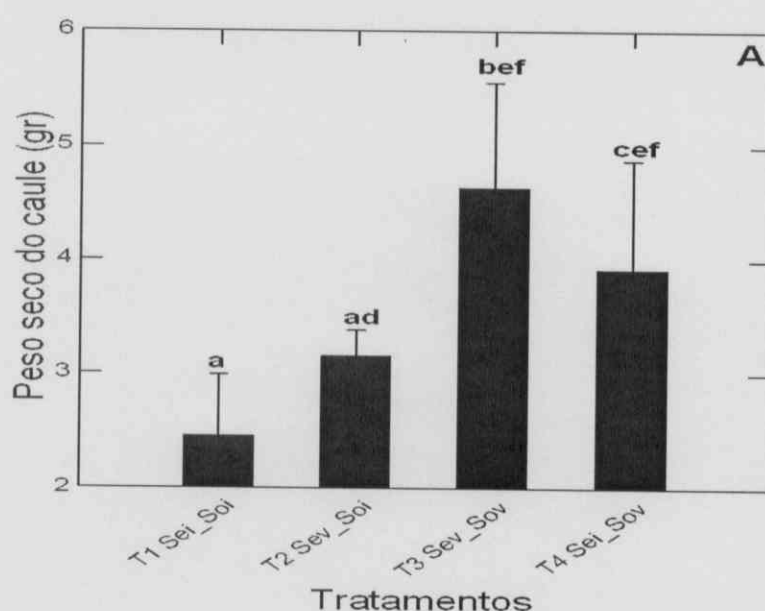


Figura 9 - Peso seco do caule de *Virola surinamensis* do experimento de crescimento em relação aos tratamentos (T1 - Sei\_Soi = sementes de igapó em solos de igapó; T2 - Sev\_Soi = sementes de várzea em solos de igapó; T3 - Sev-Sov = sementes de várzea em solos de várzea e T4-Sei\_Sov = sementes de igapó em solos de várzea).

Houve diferença significativa do peso seco das folhas de *Virola* entre os tratamentos ( $F[3,11]=30,64$ ;  $p=0,0001$ ), sendo os pesos maiores nos tratamentos T3 e T4 em comparação ao tratamento T1 e do tratamento T3 em relação aos tratamentos T2 e T4 (Figura 10A).

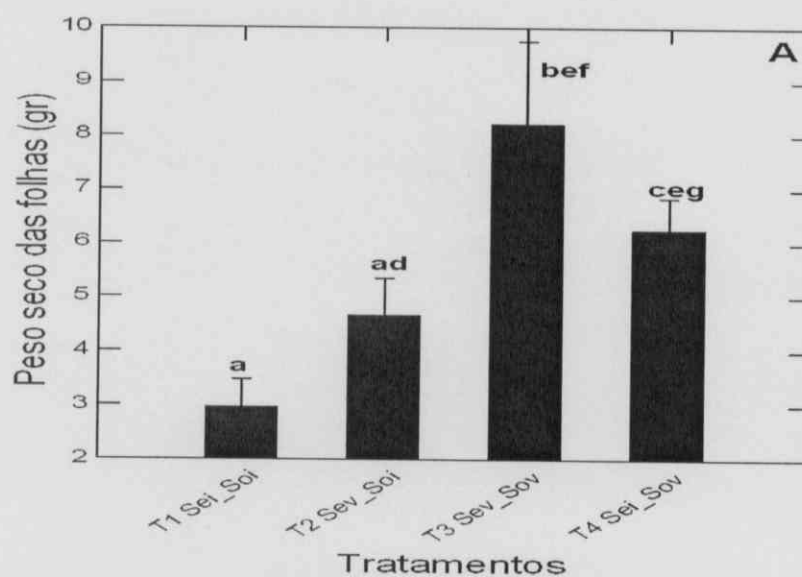


Figura 10 - Peso seco das folhas de *Virola surinamensis* do experimento de crescimento em relação aos tratamentos (T1 - Sei\_Soi = sementes de igapó em solos de igapó; T2 - Sev\_Soi = sementes de várzea em solos

de igapó; T3 - Sev-Sov = sementes de várzea em solos de várzea e T4-Sei\_Sov = sementes de igapó em solos de várzea).

Houve diferença significativa do peso seco das raízes de *Virola* entre os tratamentos ( $F_{[3,11]}=5,55$ ;  $p=0,002$ ), sendo o peso maior no tratamento T3 em comparação aos outros tratamentos que não foram significativamente diferentes entre si (Figura 11A).

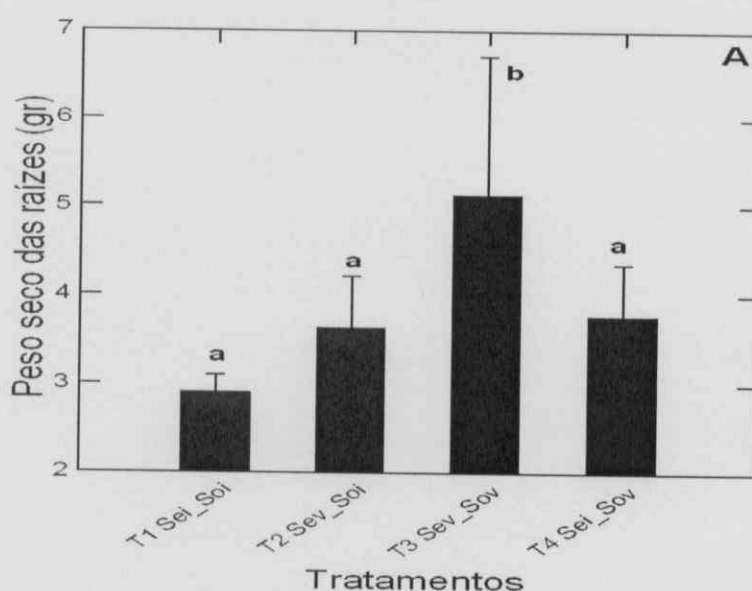


Figura 11 - Peso seco das raízes de *Virola surinamensis* do experimento de crescimento em relação aos tratamentos (T1 - Sei\_Soi = sementes de igapó em solos de igapó; T2 - Sev\_Soi = sementes de várzea em solos de igapó; T3 - Sev\_Sov = sementes de várzea em solos de várzea e T4-Sei\_Sov = sementes de igapó em solos de várzea).

### 3.3.5. O efeito da inundação na mortalidade e crescimento de plantas de *Virola*

Não houve diferença na proporção de sobrevivência das plantas de *Virola* em relação aos três tratamentos realizados nesse estudo. Somente um indivíduo, no tratamento controle morreu.

As plantas de *Virola* totalmente inundadas tiveram uma diminuição significativa no tamanho médio das plantas ( $X=-2,1\%$ ) em comparação às plantas parcialmente inundadas e não inundadas que cresceram em média 7,3% e 8%, respectivamente e não foram diferentes entre si ( $F_{[2,33]}=6,35$ ;  $p=0,005$ ) (Figura 12A).

As plantas de *Virola* totalmente inundadas tiveram uma redução significativa no número de folhas das plantas ( $X=-31\%$ ) em comparação às plantas parcialmente inundadas e controle que cresceram em média 4,1% e 3%, respectivamente e não tiveram diferenças significativas entre si ( $F_{[2,33]}=9,77$ ;  $p=0,0001$ ) (Figura 12B).

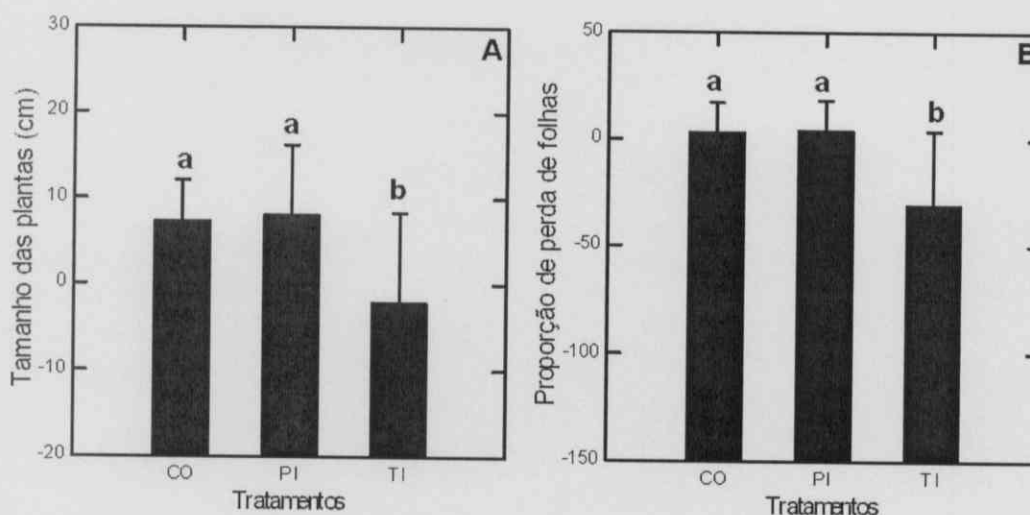


Figura 12 – Comparação inicial e final do tamanho total (A) e da proporção de perda de folhas (B) de *Virola surinamensis* do experimento de inundação entre os tratamentos (CO=Controle, sem inundação; PI = plântulas parcialmente submersas e TI= plântulas totalmente submersas).

As plantas de *Virola* submetidas à inundação parcial formaram lenticelas hipertróficas e raízes adventícias, a partir do 21º dia de experimento (Figura 13A e B). Esses caracteres morfológicos não foram presentes nas plantas do tratamento controle e plantas totalmente inundadas.

A presença de clorose nas folhas não foi evidenciada nas plantas do tratamento controle ou de submersão parcial, porém abscisão foliar foi registrada para ambos os tratamentos, sendo que para o tratamento de submersão parcial este evento foi registrado com uma semana de experimento.

As plantas de *Virola* em submersão total, não apresentaram alterações na morfologia externa do caule e tampouco formaram raízes adventícias. Neste tratamento, após uma semana de submersão ocorreu abscisão foliar e após quinze dias, as plantas demonstraram



sintomas de inibição da formação de novos primórdios foliares com a quebra da gema apical e com 57 dias de experimento as plantas apresentaram senescência e clorose nas folhas (Figura 13C).



Figura 13 – Adaptações morfológicas das plantas de *Virola surinamensis* a inundação: lenticelas caulinares (A), raízes adventícias (B) em plantas parcialmente inundada e clorose foliar (C) em plantas totalmente inundadas ao final do experimento (Foto: Marcilene Pinheiro, Museu Goeldi, dezembro de 2012).

### 3.3.6. Peso seco do caule, folha e raiz no experimento de inundação

Não houve diferença significativa no peso seco dos caules, folhas e raízes de *Virola* entre os três tratamentos do experimento de inundação (Figura 14).

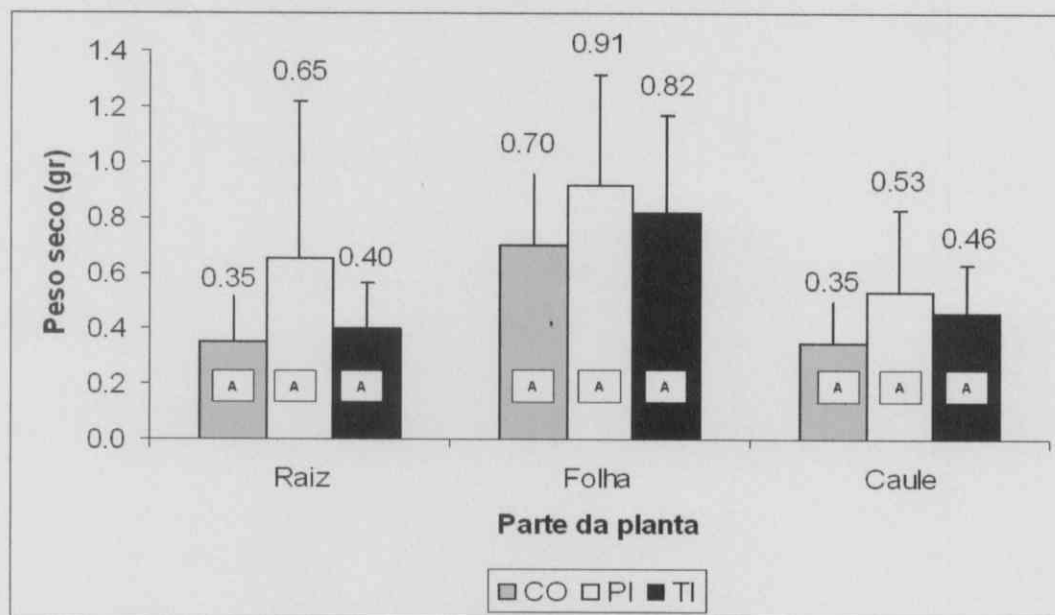


Figura 14 - Peso seco da raiz, folha e caule de *Virola surinamensis* utilizadas no experimento de inundação divididas entre os tratamentos (CO=Controle, sem inundação; PI = plântulas parcialmente submersas e TI= plântulas totalmente submersas).

### 3.4 - DISCUSSÃO

#### 3.4.1- *Peso seco das sementes x tipo de floresta*

As sementes de igapó têm maior peso seco do que as sementes de várzea, pois os solos de igapó na área de estudo tem menores teores de nutrientes em comparação aos solos de várzea. O mesmo padrão encontrado nas sementes de *Virola* nesse estudo, foi observado nos trabalhos de Parolin (2000) e Parolin et al. (2003) comparando o peso seco de sementes na comunidade de plantas entre as florestas de igapó e várzea na Amazônia Central, próximo a Manaus, determinou que o peso médio das sementes foram significativamente maiores nas florestas de igapó em comparação as florestas de várzea, 7,1 gramas e 1,2 gramas, respectivamente.

Parolin e Ferreira (1998) relatam que o peso seco de sementes maior nas florestas de igapó está associado à falta de nutrientes no solo nesse tipo de vegetação. Desta forma, a fim de permitir um rápido estabelecimento das plantas, as mesmas investem na produção de endosperma, fundamentais para o desenvolvimento do embrião.

Parolin (2000) relata que o estresse causado pela inundação nas florestas de várzea pode ser parcialmente compensado por adaptações morfológicas que são produzidas com o auxílio externo de nutrientes, os quais permitem um maior crescimento e atividade fotossintética das plantas mesmo durante o alagamento.

As espécies que vivem nas florestas de igapó, onde a disponibilidade de nutrientes é limitada, a produção dessas adaptações não pode ser compensada adequadamente por fatores externos. Desta forma, a estratégia desenvolvida pela maioria das espécies de plantas nas florestas de igapó é investir nos tecidos de reserva das sementes que permite um rápido crescimento inicial (Parolin 2000).

### 3.4.2- Taxa de germinação x quebra de dormência

Neste estudo a germinação de virola foi maior quando houve um tratamento de quebra de dormência induzida. A proporção de sementes variou de 8% a 44% e 72% a 82% entre os quatro tratamentos nas sementes sem e com quebra de dormência, respectivamente.

Resultado semelhante foi encontrado por (Cunha et al.1994) avaliando o efeito da remoção parcial e total da testa visando acelerar a germinação das sementes de virola, mostraram que a germinação da semente submetida aos dois tratamentos foi superior ao controle. A semente sem testa apresentou germinação mais alta (58%), iniciando-se 4 dias após a semeadura, antecedendo em 7 dias a germinação da semente cortada (55%) e do controle (18%).

Os tratamentos que empregaram técnicas de escarificação mecânica nas sementes de *Ormosia paraensis* Ducke, resultaram em um aumento de 15 vezes na taxa de germinação em relação ao tratamento controle (Mews et al. 2011). Aumentos expressivos na germinação também foram constatados por (Ribeiro et al. 2009), escarificando sementes de *Adenanthera pavonina* L. (aumento de 96% na taxa de germinação), por (Franco e Ferreira 2002), em sementes de *Didymopanax morototoni* (Aubl.) Decne. et Planch (aumento de 16%).

Os resultados desse estudo e os outros citados sugerem que a escarificação mecânica é eficiente na quebra da dormência tegumentar das sementes de Virola, embora os resultados possam ser diferentes em função das peculiaridades de cada espécie e das diferenças nas metodologias empregadas.

Nas áreas inundadas a quebra da dormência de sementes pode estar associada com a dispersão biótica. O sucesso no estabelecimento de uma espécie nessas áreas depende inicialmente da sua estratégia de frutificação e dispersão (Marques e Joly 2000). A dispersão coincide com o período chuvoso e a elevação do nível das águas dos rios amazônicos. Esse período contribui para a entrada de espécies de peixes nas várzeas e igapós a procura de

alimento. Desse modo estes atuam como um dos principais agentes dispersores nas florestas alagadas, juntamente com aves, macacos e tartarugas (Ferreira e Parolin 2007).

Piedade (1985) demonstrou que a quebra da dormência de sementes da palmeira *Astrocaryum jauari* L. nas florestas de igapó na Amazônia Central é química e ocorre quando as mesmas passam pelo intestino de bagres, sendo as taxas de germinação insignificantes quando plantadas diretamente sem a quebra da dormência.

Freiras et al. (2010) demonstram que a viabilidade de sementes de *Virola surinamensis* na mesma área onde esse estudo foi executado não é afetada quando ingeridas por *Auchenipterichthys longimanus* (cachorro-do-padre), obtendo 69% de germinação, comparado com os outros tratamentos, frutos coletados de árvores matrizes sem o arilo com (90%) de germinação e sementes com a presença do arilo (50%) de germinação para as sementes.

Freiras et al. (2010) consideram que *A. longimanus* pode ser um dos agentes de dispersão de *Virola* nas florestas alagadas do estuário Amazônico, dessa forma podendo atuar na quebra da dormência de *Virola*, contribuindo para ampliar a área de colonização desta espécie.

Em relação à germinação, os resultados desse trabalho mostraram que não há diferença na germinação de sementes de *Virola surinamensis* entre os solos de várzea e igapó. Parolin (2001) não encontrou diferenças na taxa de germinação de espécies de plantas entre as florestas de várzeas e igapós na Amazônia central. No entanto, em outro trabalho sobre a germinação e o estabelecimento de 31 espécies de várzea e igapó na Amazônia central, (Parolin et al. 2003) encontraram diferença na germinação entre os dois tipos de florestas, sendo as sementes da espécies de igapó com a maior proporção de germinação 52%, quando comparadas as espécies das florestas de várzea, 48%. Contudo, esses resultados devem ser vistos com cautela, pois envolve muitas espécies podendo ser resultado das diferenças das espécies e não entre os tipos de florestas.

### 3.4.3- Crescimento das plantas em relação ao tipo de vegetação e solo

O crescimento das plântulas de *Virola surinamensis* nesse estudo foi maior nas plantas produzidas em solos de várzea, como era esperado, devido a maior disponibilidade de nutrientes.

Resultados encontrados por Parolin (2001, 2003) contrastam com os resultados observados neste trabalho, registrando altura seis vezes maior para as espécies de igapó em relação às de várzea. Esta justifica que as diferenças de germinação e crescimento podem ser resposta à disponibilidade de nutrientes nos dois ecossistemas e, portanto é relacionado a diferentes estratégias de sobrevivência das espécies de várzea e igapó.

A explicação de Parolin et al. (2003) seria que a maior altura das plantas de igapó pode estar relacionada com o maior tamanho dos cotilédones das espécies desse tipo de vegetação, que permitem o rápido crescimento no primeiro período de estabelecimento. Na várzea, o ambiente fornece nutrientes suficientes para o estabelecimento das plântulas, enquanto no igapó os recursos têm de ser fornecidos pela planta-mãe.

### 3.4.4- Peso seco do caule, folha e raiz no experimento de crescimento

A maior biomassa de caules, folhas e raízes nos tratamentos 3 e 4, representados por plantas produzidas em solo de várzea, em comparação aos tratamentos 1 e 2, representados por plantas produzidas em solo de igapó, está relacionada a maior disponibilidade de nutrientes nos solos da floresta de várzea.

Os solos das florestas de igapó na área desse estudo são classificados como Gleissolos de textura siltosa, com pouca drenagem e em condições de regime de excesso de umidade permanente ou periódico, pobres em nutrientes e com alta fragilidade, enquanto os solos da floresta de várzea são classificados como Plintossolos, solos minerais formados sob condições

de restrição à percolação da água, sujeitos ao efeito temporário de excesso de umidade, mal drenados e com maior proporção de nutrientes (Piccinin e Ruivo 2012).

Parolin (2001) determinou que a massa seca das plântulas foi significativamente maior nas várzeas da Amazônia central. A formação do sistema radicular está associada à boa capacidade de aeração, drenagem, retenção de água e disponibilidade balanceada de nutrientes nos substratos.

Desta forma, as plantas de *Virola* tendem a ter um melhor crescimento radicular, como demonstrado nesse estudo, nos solos de várzea em comparação aos igapós. Os solos de várzea permitiram melhores condições de aeração, drenagem de água e maior disponibilidade de nutrientes favorecendo o maior crescimento das plantas.

#### 3.4.5. O efeito da inundação na mortalidade e crescimento de plantas de *Virola*

A inundação parcial e total nos experimentos realizados nesse estudo teve pouco efeito no crescimento de *Virola surinamensis*, resultados semelhantes também foram encontrados em plântulas de *Pouteria glomerata* (Miq.) Radlk, estas desenvolveram adaptações morfofisiológicas a inundação parcial e total, tais como, a redução das trocas gasosas do sistema fotossintético e alocação dos produtos fotoassimilados, tolerando até seis meses de inundação total (Maurenza et al. 2009).

Maurenza et al. (2009) observaram para plantas de *Pouteria glomerata* maiores valores de altura e número de folhas, com maior incorporação de biomassa, nos indivíduos controles em comparação as plantas sob tratamento de inundação. Para *Virola* nesse estudo a altura e o número de folhas foram maiores para as plantas submetidas aos tratamentos controle e parcialmente inundada.

Para a espécie *Senna reticulata* (Willd.) H. S. Irwin & Barneby (Parolin 2001) as plântulas têm como estratégia de sobrevivência o crescimento rápido, pois não suportam a

submersão, mas para isto necessitam estocar e mobilizar reservas com grande eficiência de forma a suprir a alta demanda energética e de nutrientes para altas taxas de crescimento.

Há, também, espécies de plantas que sobrevivem quando estão completamente submersas, como, *Himatanthus suluuba* (Spruce ex Muell. Arg.) Woodson (Ferreira et al. 2006). Essa espécie tem como estratégia a promoção da respiração anaeróbica e a sua manutenção em níveis altos ao longo do tempo e o aparecimento de adaptações morfológicas e anatômicas, tais como, lenticelas caulinares e raízes adventícias que facilitaram a difusão do oxigênio para as raízes, sugerem a existência de mecanismos que promovem a desintoxicação da planta, propiciando a grande tolerância da espécie ao alagamento (Ferreira et al. 2010).

As plantas de *Virola surinamensis* submetidas à inundação parcial desenvolveram raízes adventícias e também lenticelas caulinares o que demonstra uma alta adaptação para suportar os ciclos de inundação que ocorre nas florestas inundadas da Amazônia Oriental.

Tais estruturas favorecem a sobrevivência da planta durante períodos de hipoxia no solo, por contribuir com a liberação de compostos potencialmente tóxicos, tais como o etanol, produzidos em decorrência da hipoxia (Parolin 2012).

Outra adaptação morfológica apresentada por *Virola*, à formação de raízes adventícias, é uma estratégia usada para a manutenção do metabolismo de planta durante o período de enchente das florestas alagadas da Amazônia.

A produção de raízes adventícias nas plantas de *Virola* que foram inundadas parcialmente tem grande importância na estratégia de sobrevivência durante o ciclo de inundação, onde as mesmas podem ficar recobertas pela água durante muitos dias, pois essas raízes promovem a entrada de oxigênio e nutrientes necessários para as folhas e para a raiz primária.



Este comportamento é reportado para outras espécies de áreas alagáveis, tais como, *Lepidium latifolium* L., (Armbrüster et al. 2004); *Alchornea castaneifolia* (Wittmann e Parolin 2005) e *Laetia corymbulosa* Spruce ex Benth. (Oliveira-Wittmann et al. 2006).

As raízes adventícias são formadas durante as condições de hipoxia, são mais ramificadas, superficiais e possuem mais aerênquima do que raízes laterais primárias. Desta forma são mais eficientes no transporte de água, oxigênio (Visser e Voeseek 2004).

Os resultados deste estudo não corroboram com o trabalho de Botelho et al. (1998) que comparou as plantas de *Viola surinamensis* em experimentos de alagamento e não detectaram qualquer adaptação estrutural, como forma de minimizar o estresse ocasionado pela inundação.

Lopez e Kursar (1999) relatam que as espécies tolerantes a submersão na região da barragem de Barro Colorado-Panamá, registraram a formação de lenticelas hipertrofiadas em plantas de *Viola surinamensis* após quinze dias de experimento, porém não houve formação de raízes adventícias.

Nas plântulas de *Viola surinamensis*, submetidas à inundação total, a formação de lenticelas caulinares e raízes adventícias não foram observados. O mesmo padrão foi encontrado em plântulas de *Himatanthus sucuuba* (Ferreira et al. 2006) e de *Pouteria glomerata* (Maurenza et al. 2009).

Uma explicação para a ausência desses caracteres morfológicos nas plantas totalmente submersas é a perda de funções das lenticelas e das raízes adventícias na inundação total, pois as trocas gasosas com o meio externo aerado não ocorreriam em condições de submersão total da plântula (Mielke et al. 2003).

A clorose seguida de abscisão de algumas folhas nas plantas de *Viola surinamensis* submetidas à inundação total sugere uma redução da taxa fotossintética o que pode levar a uma redução do crescimento total da planta.

A soma de todas estas respostas morfológicas ocorridas durante o alagamento, deve possibilitar que as plantas de *Viola surinamensis*, mesmo sob condições hipóxicas, mantenham um considerável nível de respiração aeróbica nas raízes e consequentemente de produção energética (Martinez et al. 2011).

É importante destacar que variações nos aspectos morfológicos em resposta ao alagamento não permite uma determinação de tolerância baseada somente nestas características, uma vez que, neste estudo ocorreram indivíduos que não tiveram modificações morfológicas dentro do mesmo tratamento. Desta forma, modificações anatômicas e fisiológicas são fatores importantes para explicar a tolerância de *Viola surinamensis* a inundação parcial ou total.

Para a espécie em estudo não houve diferença na massa seca nas partes da planta entre os tratamentos. Na inundação total ocorreu maior perda de massa seca das plantas de *Viola surinamensis* comparado às plantas dos tratamentos controle e de inundação parcial.

Estes resultados refletem variadas respostas das plantas ao alagamento, que podem estar associadas às condições nutricionais, fatores ambientais como luz e temperatura, a intensidade, o tempo de duração do estresse, ou mesmo o potencial genético das espécies testadas, sugerindo cuidado nas interpretações de respostas ao alagamento ao nível de espécie.

Os principais resultados desse estudo, mostrando o maior peso seco de sementes de *Viola surinamensis* nas florestas de igapó em comparação as florestas de várzea; a presença de dormência de sementes; as diferenças na germinação de sementes e crescimento de plantas maiores nos solos mais férteis de várzea e a tolerância da planta a inundação parcial, onde ocorre menor perda de biomassa são importantes contribuições para o conhecimento dos processos de germinação e estabelecimento dessa espécie.

Esses resultados podem ser usados em políticas públicas na construção de projetos de produção de plantas de *Viola surinamensis* com menor custo e tempo, permitindo que as

plantas produzidas sejam usadas no repovoamento das áreas de florestas de várzea do estuário amazônico exploradas e abandonas, onde o recrutamento é prejudicado pela remoção das árvores matrizes pela exploração madeireira.

## AGRADECIMENTOS

Ao técnico botânico Luiz Carlos Batista Lobato pelo auxílio na coleta e identificação das espécies, aos coordenadores e funcionários da Estação Científica Ferreira Penna, Caxiuanã pelo apoio logístico. Ao Conselho Científico e Tecnológico (CNPq) no âmbito do Programa de Pesquisas de Longa Duração (PELD) e a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Pará (FAPESPA) no âmbito do Programa de Apoio a Núcleos de Excelência (Pronex/CNPq) pelo auxílio financeiro desse estudo.

## REFERÊNCIAS

- ARMBRÜSTER N, MÜLLER E E PAROLIN P. 2004. Constricting responses of two Amazonian floodplain trees to hidrological changes. *Ecotropica*. 10(2): 73-84.
- BAILEY-SERRES J E VOESENEK LACJ. 2008. Flooding stress: aclimations and genetic diversity. *Ann. rev. plant biol.* 59: 313-339.
- BENINCASA MMP. Análise de crescimento de plantas (Noções Básicas). 2 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.
- BEWLEY JD.; BLACK, M. 1994. Seeds: physiology of development and germination. New York: Plenum Press, 445p.
- BOTELHO MN, OLIVEIRA LEM, OLIVEIRA ML E CARVALHO CJR. 1998. Adaptação morfo-anatômica de plantas jovens de *Inga vera* Willd. e *Virola surinamensis* (Rolland. ex Rottb.) Warb. à submersão. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi, série Botânica* 14:93-107.
- BRASIL 2009. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para a análise de sementes. Brasília – DF: Mapa: ACS 365.
- CUNHA RD, PEREIRA TS E CARDOSO, MA. 1994. Dados preliminares sobre a germinação de sementes de ucuúba 1: 1- 2.
- FERREIRA CS, PIEDADE MTF E BONATES LC. 2006. Germinação de sementes e sobrevivência de plântulas de *Himatanthus siccuba* (Spruce) Wood. em resposta ao alagamento, nas várzeas da Amazônia Central. *Acta amaz.* 36(4): 413 – 418.

- FERREIRA LV E PAROLIN P. 2007. Tree phenology in central amazonian floodplain forests: effects of water level fluctuation and precipitation at community and population level. *Pesquisas Botânica* 58: 139-156.
- FERREIRA CS, PIEDADE MTF, WITTMANN ADO E FRANCO, AC. 2010. Plant reproduction in the Central Amazonian floodplains: challenges and adaptations. *AoB PLANTS*.
- FERREIRA LV, PAROLIN P E ALMEIDA SS. 2010. Amazonian white- and black water floodplain forests in Brazil: large differences on a small scale. *Ecotropica* (Bonn), 16: 31-41.
- FERREIRA LV, SILVA AS E ALMEIDA SS. Os tipos de vegetação de Caxiunã. p:132-152. Plano de Manejo da Floresta Nacional de Caxiunã. Volume 1 – Diagnóstico. 462 p. 2012.
- FRANCO ETH E FERREIRA AG. 2002. Tratamentos pré-germinativos em sementes de *Didymopanax morototoni* (Aubl.) Decne. et Planch. *Ci. Fl.* 12(1): 1-10.
- FREITAS TMS, ALMEIDA VHC, MONTAG LFA. 2010. *in press "c"*. *Auchenipterichthys longimanus* como potencial dispersor de sementes em floresta de igapó da Amazônia Oriental, Brasil. In: FREITAS TMS. Aspectos ecológicos do cachorro-de-padre *Auchenipterichthys longimanus* (Ostariophysi: Siluriformes: Auchenipteridae) em igarapés da Amazônia Oriental, Pará, Brasil. 2010. Unpublished Mastering thesis. Universidade Federal do Pará/Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém-PA.
- GOTTSBERGER G. 1978. Seed dispersal by fish in the inundated regions of Humaitá, Amazonia. *Biotropica* 10: 170-183.
- HIDA N, MAIA JG, HIRAOKA, SHIMMI O E MIZATAN, N. 1997. Notes os Annual and Daily Water Level Changes at Breves and Caxiunã, Amazon Estuary. pp: 97-103. Os Sedimentos de Fundo da Baía de Caxiunã. Em Caxiunã;. Ed: Pedro L.B. Lisboa. Museu Paraense Emílio Goeldi. 442p.
- JUNK WJ, PIEDADE MTF, SCHONGART J, COHN-HAFT M, ADENEY JM E WITTMANN F. 2011. A classification of major naturally-occurring Amazonian lowland wetlands. *Wetlands* 31(4): 623-640.
- LEITE HG, GAMA JRV, CRUZ JPD E SOUZA ALD. 2006. Função de afilamento para *Virola surinamensis* (ROLL.) WARB. Sociedade de Investigações Florestais. *Rev. Árvore* 30(1): 99-106.
- LOPEZ OR E KURSAR TA. 1999. Flood tolerance of four tropical tree species. *Tree Physiol.* 19: 925-932.
- LORENZI H. 1992. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Ed. Plantarum Ltda, Nova Odessa.
- LUCAS CM. 2008. Within flood season variation in fruit consumption and seed dispersal by two characin fishes of the Amazon. *Biotropica* 40: 581-589.
- MAIA L, SANTOS L E PAROLIN P. 2007. Germinação de sementes de *Bothriospora corymbosa* (Rubiaceae) recuperadas do trato digestório de *Triportheus angulatus* (sardinha) no lago Camaleão, Amazônia Central. *Acta Amaz.* 37: 321-326.
- MARQUES MCM E JOLY CA. 2000. Germinação e crescimento de *Calophyllum brasiliense* (Clusiaceae), uma espécie típica de florestas inundadas. *Acta bot. bras.* 14(1): 113-120.

- MARTINEZ GB, MOURÃO M E JUNIOR SB. 2011. Respostas morfofisiológicas de plantas de açacu (*Hura crepitans* L.) provenientes de várzeas do rio Amazonas: efeito da anoxia do solo. *Rev. Árvore*. 35(6): 1155-1164.
- MAURENZA D, MARENCO RA E PIEDADE MTF. 2009. Efeito da inundação de longa duração sob o crescimento de *Pouteria glomerata* (Sapotaceae), uma arbórea da várzea da Amazônia Central. *Acta amaz.* 39(3): 519 – 526.
- MEWS CL, SILVÉRIO DV, MEWS HA E CURY RTDS. 2012. Efeito do substrato e de diferentes tratamentos pré-germinativos na germinação de sementes de Tendo-*Ormosia paraensis* Ducke (Fabaceae). *Biotemas*. 25(1):11-16.
- MIELKE MS, ALMEIDA AF, GOMES FB, AGUILAR MAG E MANGABEIRA PAO. 2003. Leaf gas exchange, chlorophyll fluorescence and growth responses of *Genipa Americana* seedlings to soil flooding. *Environ. Exp. Bot.* 50: 221-231.
- MOTA RV E DE FRANÇA LF. 2007. Estudo das características da ucuuba (*Viola urinamensis*) e do inajá (*Maximiliana regia*) com vistas à produção de biodiesel. *Revista Científica da UFPA* 06(01).
- NEVES EJM E GONÇALVES EM. 2002. *Viola surinamensis*: Silvicultura e usos. Colombo: Embrapa Florestas p. 27.
- OLIVEIRA LL, COSTA RF, SOUSA FAS, COSTA ACL E BRAGA AP. 2008. Precipitação efetiva e interceptação em Caxiuanã, na Amazônia Oriental. *Acta Amaz.* 38(4): 723-732.
- OLIVEIRA-WITTMANN A, PIEDADE MT, PAROLIN P E WITTMANN F. 2006. Germination in four low-várzea tree species of Central Amazonia. *Aquat. Bot.* 86: 197–203.
- OLIVEIRA-WITTMANN A, LOPES A, CONSERVA AS E PIEDADE MTF. 2010. Germination and plant establishment in floodplain forests. In: Junk WJ, Piedade MTF, Parolin P, Wittmann F, Schongart J, eds. *Central Amazonian floodplain forests: ecophysiology, biodiversity and sustainable management*. Ecological Studies, Vol. 210. Heidelberg: Springer, in press.
- PAROLIN P E FERREIRA LV. 1998. Are there differences in specific wood gravities between trees in várzea and igapó (central amazonia)? *Ecotropica*. 1-19.
- PAROLIN P. 2000. Seed mass in Amazonian floodplain forests with contrasting nutrient supplies. *J. Trop. Ecol.* 16: 417-428.
- PAROLIN P. 2001. Growth, productivity, and physiological adjustments to water logging and drought in seedlings of Amazonian floodplain trees. *Oecologia* 128: 326-335.
- PAROLIN P, FERREIRA LV E JUNK WJ. 2003. Germination characteristics and establishment of trees from central Amazonian flood plains. *J. Trop. Ecol.* 44(2):157-169.
- PAROLIN P, DE SIMONE O, HAASE K, WALDHOFF D, ROTTENBERGER S, KUHN U, KESSELMEIER J, SCHMIDT W, PIEDADE MTF E JUNK WJ. 2004. Central Amazon floodplain forests: tree survival in a pulsing system. *Bot. Rev.* 70(3):357-380.
- PAROLIN P. 2012. Diversity of adaptations to flooding in trees of Amazonian floodplains. *Pesquisas Botânica*, 63:7-28.

- PICCININ J E RUIVO ML. 2012. Os solos da Floresta Nacional de Caxiuanã. p:120-127. Plano de Manejo da Floresta Nacional de Caxiuanã. Volume 1 – Diagnóstico. 406 p.
- PIEDADE MTF. 1985. Ecologia e biologia reprodutiva de *Astrocaryum jauari* Mart. (Palmae) como exemplo de população adaptada as áreas inundáveis do rio Negro. Master Thesis, INPA Manaus, Brasil. 184 p.
- RIBEIRO VV, BRAZ MSS E BRITO NM. 2009. Tratamentos para superar a dormência de sementes de Tenta. Biotemas. 22(4): 25-32.
- RODRIGUES W. 2012. Myristicaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB019795>).
- SALOMÃO RDP, TEREZO EFM, ROSA NA, FERREIRA LV, MATOS AH, ADAMS M, AMARAL DD E MORAIS KAC. 2007. Manejo florestal na várzea: caracterização, restrições e oportunidades para a sua adoção. In: JARDIM MAG, SALOMÃO RDP, TEREZO EFM. (Org.). Manejo florestal nas várzeas: oportunidades e desafios. Coleção Adolpho Ducke: MPEG, Belém, p. 11-138.
- SCHONGART J, WITTMANN F E WORBES M. 2010. Biomass and NPP of Central Amazonian floodplain forests. In: JUNK WJ, PIEDADE MTF, WITTMANN F, SCHÖNGART J AND PAROLIN P. (Eds.). Amazonian floodplain forests: Ecophysiology, biodiversity and sustainable management. Ecological Studies, Springer Verlag, Dordrecht, Heidelberg, London, New York. p. 347–388.
- VISSER EJW E VOESENEK LACJ. 2004. Acclimation to soil flooding - sensing and signal-transduction. Plant Soil. 254:197-214.
- WITTMANN F E PAROLIN P. 2005. Aboveground roots in Amazonian floodplain trees. Biotropica 37: 609–619.
- ZAR JH. 2010. Biostatistical Analysis. New Jersey: Prentice-Hall, Englewood Cliffs. 5 ed., 944 p.



#### 4. CONCLUSÕES GERAIS

Houve uma densidade menor de plântulas de *Viola surinamensis* nas florestas de igapó em comparação as florestas de várzea, sendo está associada às diferenças de nutrientes entre os dois tipos de florestas.

A maior densidade de plântulas de *Viola surinamensis* na Estação Científica Ferreira Penna, Caxiuanã em comparação com as áreas exploradas indica a boa qualidade da vegetação nesse local.

A menor densidade de plântulas de *Viola surinamensis* no local explorado e abandonado há 30 anos demonstra que esse período de pousio após a exploração não é suficiente para a recomposição da regeneração natural.

A taxa de germinação de sementes *Viola surinamensis* foi maior no tratamento de quebra mecânica da dormência.

O crescimento das plantas de *Viola surinamensis* foi maior quando as sementes de várzea foram semeadas em solo de várzea.

As plantas de *Viola surinamensis* são tolerantes a inundação parcial e total.

Na inundação total das plantas de *Viola surinamensis* ocorre perda de biomassa.

Em condições parcialmente inundadas as plantas de *Viola surinamensis* produzem lenticelas hipertrofiadas no caule e raízes adventícias.



## ANEXO I

## Normas da revista Acta Amazonica

**Diretrizes para Autores  
SUBMISSÃO DE MANUSCRITOS**

Como parte do processo de submissão, os autores devem verificar a conformidade da submissão em relação a todos os itens listados a seguir. Submissões que não estejam de acordo com as normas são devolvidas aos autores.

1. O tamanho máximo de um arquivo individual deve ser 2 MB.
2. O manuscrito deve ser acompanhado de uma carta de submissão indicando que: a) os dados contidos no trabalho são originais e precisos; b) que todos os autores participaram do trabalho de forma substancial e estão preparados para assumir responsabilidade pública pelo seu conteúdo; c) a contribuição apresentada à Revista não foi previamente publicada e nem está em processo de publicação, no todo ou em parte em outro veículo de divulgação. A carta de submissão deve ser carregada no sistema da Acta Amazonica como "documento suplementar".
3. Os manuscritos são aceitos em português, espanhol e inglês, mas encorajam-se contribuições em inglês. A veracidade das informações contidas numa submissão é de responsabilidade exclusiva dos autores.
4. A extensão máxima para artigos e revisões é de 30 páginas (ou 7500 palavras, excluindo a folha de rosto), dez páginas (2500 palavras) para Notas Científicas e cinco páginas para outros tipos de contribuições.
5. Os manuscritos formatados conforme as Instruções aos Autores são enviados aos editores associados para pré-avaliação. Neste primeiro julgamento são levados em consideração a relevância científica, a inteligibilidade do manuscrito e o escopo no contexto amazônico. Nesta fase, contribuições fora do escopo da Revista ou de pouca relevância científica são rejeitadas. Manuscritos aprovados na pré-avaliação são enviados para revisores (pelo menos dois), especialistas de instituições diferentes daquelas dos autores, para uma análise mais detalhada.
6. Uma contribuição pode ser considerada para publicação, se tiver recebido pelo menos dois pareceres favoráveis no processo de avaliação. A aprovação dos manuscritos está fundamentada no conteúdo científico e na sua apresentação conforme as Normas da Revista.
7. Os manuscritos que necessitam correções são encaminhados aos autores para revisão. A versão corrigida deve ser encaminhada ao Editor, via sistema da Revista, no prazo de DUAS semanas. Uma carta de encaminhamento deve ser também carregada no sistema da Revista, detalhando as correções efetuadas. Nessa carta, recomendações não incorporadas ao manuscrito devem ser explicadas. Todo o processo de avaliação pode ser acompanhado no endereço, <http://mc04.manuscriptcentral.com/aa-scielo>.
8. Seguir estas instruções para preparar e carregar o manuscrito:
  - a. Folha de rosto (Title page): Esta página deve conter o título, nomes (com último sobrenome em maiúscula), endereços institucionais completos e endereços eletrônicos dos autores. Os nomes das instituições não devem ser abreviados. Usar um asterisco (\*) para indicar o autor correspondente.

**Carregar este arquivo selecionando a opção: "Title page"**

- b. Corpo do manuscrito (main document). O corpo do manuscrito deve ser organizado da seguinte forma: Título, Resumo, Palavras-Chave, Introdução, Material e Métodos, Resultados, Discussão, Agradecimentos, Bibliografia Citada, Legendas de figuras e Tabelas. Para submissões em português ou espanhol incluir: título, resumo e palavras-chave em inglês.

**Carregar este arquivo como "Main document".**

c. Figuras. São limitadas a sete em artigos. Cada figura deve ser carregada em arquivo separado e estar em formato gráfico (JPG ou TIFF). Deve ser em alta qualidade e com resolução de 200 a 300 dpi. Para ilustrações em bitmap, utilizar 600 dpi.

**Carregar cada um destes arquivos como "Figure".**

d. Tabelas. São permitidas até cinco tabelas por artigo. Utilizar espaço simples e a função "tabela" para digitar a tabela. As tabelas podem ser carregadas como arquivos separados OU inseridas no corpo do manuscrito (main document) após as legendas das figuras.

9. As Notas Científicas são redigidas separando os tópicos (i.e. Introdução, Material e Métodos, Resultados, Discussão) em parágrafos, mas sem incluir os títulos das seções. Notas Científicas, como no caso do artigo, também devem conter: Título, Nomes e endereços institucionais e eletrônicos dos autores, Resumo, Palavras-Chave e os tópicos do artigo completo incluindo título em inglês, abstract e keywords. São permitidas até três figuras e duas tabelas. Carregar as diferentes partes do manuscrito como descrito no Item 8.

10. Nomes dos autores e endereço institucional completo, incluindo endereço eletrônico DEVEM ser cadastrados no sistema da Revista no ato da submissão.

11. IMPORTANTE: Os manuscritos não formatados conforme as Normas da Revista NÃO são aceitos para publicação.

#### **FORMATO E ESTILO**

12. Os manuscritos devem ser preparados usando editor de texto (e.g. doc ou docx), utilizando fonte "Times New Roman", tamanho 12 pt, espaçamento duplo, com margens de 3 cm. As páginas e as linhas devem ser numeradas de forma contínua. Para tabelas ver Item 8d.

13. Título. Justificado à esquerda, com a primeira letra maiúscula. O título deve ser conciso evitando-se o uso de nomes científicos.

14. Resumo. Deve conter até 250 palavras (150 palavras no caso de Notas Científicas), deve conter de forma sucinta, o objetivo, a metodologia, os resultados e as conclusões enfatizando aspectos importantes do estudo. O resumo deve ser autossuficiente para a sua compreensão. Os nomes científicos das espécies e demais termos em latim devem ser escritos em itálico. Siglas devem ser evitadas nesta seção; porém, se necessárias, o significado deve ser incluído. Não utilizar referências bibliográficas no resumo.

15. Palavras-chave. Devem ser em número de três a cinco. Cada palavra-chave pode conter dois ou mais termos. Porém, não devem ser repetidas palavras utilizadas no título.

16. Introdução. Enfatizar o propósito do trabalho e fornecer, de forma sucinta, o estado do conhecimento sobre o tema em estudo. Especificar claramente os objetivos ou hipóteses a serem testados. Esta seção não deve exceder de 35 linhas. Não incluir resultados ou conclusões e não utilizar subtítulos na Introdução.

17. Material e Métodos. Esta seção deve ser organizada cronologicamente e explicar os procedimentos realizados, de tal modo que outros pesquisadores possam repetir o estudo. O procedimento estatístico utilizado deve ser descrito nesta seção. O tipo de análise estatística aplicada aos dados deve ser descrita. Procedimentos-padrão devem ser apenas referenciados. As unidades de medidas e as suas abreviações devem seguir o Sistema Internacional e, quando necessário, deve constar uma lista com as abreviaturas utilizadas. Equipamento específico utilizado no estudo deve ser descrito (modelo, fabricante, cidade e país de fabricação, entre parênteses). Por exemplo: "A fotossíntese foi determinada usando um sistema portátil de trocas gasosas (Li-6400, Li-Cor, Lincoln, NE, USA)". Material testemunho (amostra para referência futura) deve ser depositado em uma ou mais coleções científicas e informado no manuscrito. NÃO utilizar sub-subtítulos nesta seção. Utilizar negrito, porém não itálico ou letras maiúsculas para os subtítulos.

18. Aspectos éticos e legais. Para estudos que exigem autorizações especiais (e.g. Comitê de Ética/Comissão Nacional de Ética em Pesquisa - CONEP, IBAMA, CNTBio, INCRA/FUNAI, EIA/RIMA, outros) informar o número do protocolo e a data de aprovação. É responsabilidade dos autores o cumprimento da legislação específica relacionada a estes aspectos.

19. Resultados. Os resultados devem apresentar os dados obtidos com o mínimo julgamento pessoal. Não repetir no texto toda a informação contida em tabelas e figuras. Algarismos devem estar separados de unidades. Por exemplo, 60 °C e NÃO 60° C, exceto para percentagem (e.g., 5% e NÃO 5 %). Utilizar unidades e símbolos do Sistema Internacional e simbologia exponencial. Por exemplo, cmol kg<sup>-1</sup> em vez de meq/100g. Não apresentar a mesma informação (dados) em tabelas e figuras simultaneamente. Não utilizar sub-subtítulos nesta seção.

20. Discussão. A discussão deve ter como alvo os resultados obtidos. Evitar mera especulação. Entretanto, hipóteses bem fundamentadas podem ser incorporadas. Apenas referências relevantes devem ser incluídas. As conclusões devem conter uma interpretação sucinta dos resultados e uma mensagem final que destaque as implicações científicas do trabalho. As conclusões podem ser apresentadas como um tópico separado ou incluídas no final da seção Discussão.

21. Agradecimentos devem ser breves e concisos. **Incluir agência(s)** de fomento. NÃO abreviar nomes de instituições.

22. Bibliografia Citada. Pelo menos 70% das referências devem ser artigos de periódicos científicos. As referências devem ser preferencialmente dos últimos 10 anos, evitando-se exceder 40 citações. Esta seção deve ser organizada em ordem alfabética e deve incluir apenas citações mencionadas no manuscrito. Para referências com mais de dez autores, relacionar os seis primeiros seguido de *et al.* Nesta seção, o título do periódico NÃO deve ser abreviado. Observar os exemplos abaixo:

**a) Artigos de periódicos:**

Walker, I. 2009. Omnivory and resource - sharing in nutrient - deficient Rio Negro waters: Stabilization of biodiversity? *Acta Amazonica*, 39: 617-626.

Alvarenga, L.D.P.; Lisboa, R.C.L. 2009. Contribuição para o conhecimento da taxonomia, ecologia e fitogeografia de briófitas da Amazônia Oriental. *Acta Amazonica*, 39: 495-504.

**b) Dissertações e teses:**

Ribeiro, M.C.L.B. 1983. *As migrações dos jaraquis (Pisces: Prochilodontidae) no rio Negro, Amazonas, Brasil*. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/ Fundação Universidade do Amazonas, Manaus, Amazonas. 192p.

**c) Livros:**

Steel, R.G.D.; Torrie, J.H. 1980. *Principles and procedures of statistics: a biometrical approach*. 2da ed. McGraw-Hill, New York, 1980, 633p.

**d) Capítulos de livros:**

Absy, M.L. 1993. Mudanças da vegetação e clima da Amazônia durante o Quaternário. In: Ferreira, E.J.G.; Santos, G.M.; Leão, E.L.M.; Oliveira, L.A. (Ed.). *Bases científicas para estratégias de preservação e desenvolvimento da Amazônia*. v.2. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas, p.3-10.

**e) Citação de fonte eletrônica:**

CPTEC, 1999. Climanalise, 14: 1-2 ([www.cptec.inpe.br/products/climanalise](http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise)). Acesso em 19/05/1999.

**f) Citações com mais de dez autores:**

Tseng, Y.-H.; Kokkotou, E.; Schulz, T.J.; Huang, T.L.; Winnay, J.N.; Taniguchi, C.M.; *et al.* 2008. New role of bone morphogenetic protein 7 in brown adipogenesis and energy expenditure. *Nature*, 454:1000-1004.

23. Citações de referências no texto. As referências devem seguir ordem cronológica. Para duas ou mais referências do mesmo ano citar conforme a ordem alfabética. Exemplos:

**a) Um autor:**

Pereira (1995) ou (Pereira 1995).

**b) Dois autores:**

Oliveira e Souza (2003) ou (Oliveira e Souza 2003).

**c) Três ou mais autores:**

Rezende *et al.* (2002) ou (Rezende *et al.* 2002).

**d) Citações de anos diferentes (ordem cronológica):**

Silva (1991), Castro (1998) e Alves (2010) ou (Silva 1991; Castro 1998; Alves 2010).

**e) Citações no mesmo ano (ordem alfabética):**

Ferreira *et al.* (2001) e Fonseca *et al.* (2001); ou (Ferreira *et al.* 2001; Fonseca *et al.* 2001).

## FIGURAS

24. Fotografias, desenhos e gráficos devem ser de alta resolução, em preto e branco com alto contraste, numerados sequencialmente em algarismos arábicos. NÃO usar tonalidades de cinza em gráficos de dispersão (linhas ou símbolos) ou gráficos de barra. Em gráfico de dispersão usar símbolos abertos ou sólidos (círculos, quadrados, triângulos, ou losangos) e linhas em preto (contínuas, pontilhadas ou tracejadas). Para gráfico de barra, usar barras pretas, bordas pretas, barras listradas ou pontilhadas. Na borda da área de plotagem utilizar uma linha contínua e fina, porém NÃO usar uma linha de borda na área do gráfico. Em figuras compostas cada uma das imagens individuais deve ser identificada com uma letra maiúscula posicionada no canto superior direito, dentro da área de plotagem.

25. Evitar legendas desnecessárias na área de plotagem. Nos títulos dos eixos ou na área de plotagem NÃO usar letras muito pequenas (< tamanho 10 pt). Nos eixos usar marcas de escala internas. NÃO usar linhas de grade horizontais ou verticais, exceto em mapas ou ilustrações similares. O significado das siglas utilizadas deve ser descrito na legenda da figura. Cada eixo do gráfico deve ter o seu título e a unidade. Evitar muitas subdivisões nos eixos (cinco a seis seriam suficientes). Em mapas incluir escala e pelo menos um ponto cardeal.

26. As figuras devem ser elaboradas de forma compatível com as dimensões da Revista, ou seja, largura de uma coluna (8 cm) ou de uma página 17 cm e permitir espaço para a legenda. As ilustrações podem ser redimensionadas durante o processo de produção para adequação ao espaço da Revista. Na figura, quando for o caso, a escala deve ser indicada por uma barra (horizontal) e, se necessário, referenciadas na legenda da figura. Por exemplo, barra = 1 mm.

27. Citação de figuras no texto. As figuras devem ser citadas com letra inicial maiúscula, na forma direta ou indireta (entre parêntesis). Por exemplo: Figura 1 ou (Figura 1). Na legenda, a figura deve ser numerada seguida de ponto antes do título. Por exemplo: "Figura 1. Análise...". Definir na legenda o significado de símbolos e siglas usados. Figuras devem ser autoexplicativas.

28. Figuras de outras autorias. Para figuras de outras autorias ou publicadas anteriormente, os autores devem informar explicitamente no manuscrito que a permissão para reprodução foi concedida. Carregar no sistema da

Revista (não para revisão), como documento suplementar, o comprovante outorgado pelo detentor dos direitos autorais.

29. Adicionalmente às figuras inseridas no sistema em formato TIFF ou JPG, os gráficos preparados usando Excel ou SigmaPlot podem ser carregados como arquivos suplementares (selecione a opção Not for review).

30. Ilustrações coloridas. Fotografias e outras ilustrações devem ser preferencialmente em preto e branco. Ilustrações coloridas são aceitas, mas o custo de impressão é por conta dos autores. Sem custo para os autores, podem ser usadas ilustrações em preto e branco na versão impressa e coloridas na versão eletrônica. Nesse caso, isso deve ser informado na legenda da figura. Por exemplo, adicionando a sentença: "Esta figura é colorida na versão eletrônica". Esta última informação é para os leitores da versão impressa.

31. Os autores podem ser convidados a enviar uma fotografia colorida, para ilustrar a capa da Revista. Nesse caso, não há custos para os autores.

## TABELAS

32. As tabelas devem ser organizadas e numeradas sequencialmente com algarismos arábicos. A numeração e o título (legenda) devem estar em posição superior à tabela. A tabela pode ter notas de rodapé. O significado das siglas e dos símbolos utilizados na tabela (cabeçalhos, etc.) devem ser descritos no título. Usar linhas horizontais acima e abaixo da tabela e para separar o cabeçalho do corpo da tabela. Não usar linhas verticais.

33. As tabelas devem ser elaboradas em editor de texto (e.g. doc ou docx) e não devem ser inseridas no texto como imagem (e.g. no formato JPG).

34. A citação das tabelas no texto pode ser na forma direta ou indireta (entre parêntesis), por extenso, com a letra inicial maiúscula. Por exemplo: Tabela 1 ou (Tabela 1). Na legenda, a tabela deve ser numerada seguida de ponto antes do título: Por exemplo: "Tabela 1. Análise...". Tabelas devem ser autoexplicativas.

## INFORMAÇÕES

### ADICIONAIS

1. A Acta Amazonica pode efetuar alterações de formatação e correções gramaticais no manuscrito para ajustá-lo ao padrão editorial e linguístico. As provas finais são enviadas aos autores para a verificação. Nesta fase, apenas os erros tipográficos e ortográficos podem ser corrigidos. Nessa etapa, NENHUMA alteração de conteúdo pode ser feita no manuscrito. Se isso for necessário o manuscrito deve retornar ao processo de avaliação.

2. A Acta Amazonica não cobra taxas para publicação. Informações adicionais podem ser obtidas por e-mail [acta@inpa.gov.br](mailto:acta@inpa.gov.br). Para informações sobre um determinado manuscrito, deve-se fornecer o número de submissão.

3. As assinaturas da Acta Amazonica podem ser pagas com cheque ou vale postal. Para o exterior, a assinatura institucional custa US\$ 100,00 e a assinatura individual US\$ 75,00. Para contato: [acta@inpa.gov.br](mailto:acta@inpa.gov.br). Tel.: (55 92) 3643-3643 ou fax: (55 92) 3643-3029.



## ANEXO II

## Normas da revista Anais da Academia Brasileira de Ciências

A revista **ANAIS DA ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS** encoraja fortemente as submissões online. Uma vez o artigo preparado de acordo com as instruções abaixo, visite o site de submissão online (<http://aabcc.org.br>).

As instruções devem ser lidas cuidadosamente e seguidas integralmente. Desta forma, a avaliação e publicação de seu artigo poderão ser feitas com mais eficiência e rapidez. Os editores reservam-se o direito de devolver artigos que não estejam de acordo com estas instruções. Os artigos devem ser escritos em inglês claro e conciso.

**OBJETIVO E POLÍTICA EDITORIAL**

Todos os artigos submetidos devem conter pesquisa original e ainda não publicada ou submetida para publicação. O primeiro critério para aceitação é a qualidade científica. O uso excessivo de abreviaturas ou jargões deve ser evitado, e os artigos devem ser compreensíveis para uma audiência tão vasta quanto possível. Atenção especial deve ser dada ao Abstract, Introdução e Discussão, que devem nitidamente chamar a atenção para a novidade e importância dos dados relatados. A não observância desta recomendação poderá resultar em demora na publicação ou na recusa do artigo.

Os textos podem ser publicados como uma revisão, um artigo ou como uma breve comunicação. A revista é trimestral, sendo publicada nos meses de março, junho, setembro e dezembro.

**TIPOS DE TRABALHOS**

**Revisões.** Revisões são publicadas somente a convite. Entretanto, uma revisão pode ser submetida na forma de breve carta ao Editor a qualquer tempo. A carta deve informar os tópicos e autores da revisão proposta e declarar a razão do interesse particular do assunto para a área.

**Artigos.** Sempre que possível, os artigos devem ser subdivididos nas seguintes partes: 1. Página de rosto; 2. Abstract (escrito em página separada, 200 palavras ou menos, sem abreviações); 3. Introdução; 4. Materiais e Métodos; 5. Resultados; 6. Discussão; 7. Agradecimentos quando necessário; 8. Resumo e palavras-chave (em português - os autores estrangeiros receberão assistência); 9. Referências. Artigos de algumas áreas como Ciências Matemáticas, devem observar seu formato usual. Em certos casos pode ser aconselhável omitir a parte (4) e reunir as partes (5) e (6). Onde se aplicar, a parte de Materiais e Métodos deve indicar o Comitê de Ética que avaliou os procedimentos para estudos em humanos ou as normas seguidas para a manutenção e os tratamentos experimentais em animais.

Breves comunicações

Breves comunicações devem ser enviadas em espaço duplo. Depois da aprovação não serão permitidas alterações no artigo, a fim de que somente correções de erros tipográficos sejam feitas nas provas. Os autores devem enviar seus artigos somente em versão eletrônica.

**Preparação de originais****PREPARO DOS ARTIGOS**

Os artigos devem ser preparados em espaço duplo. Depois de aceitos nenhuma modificação será realizada, para que nas provas haja somente correção de erros tipográficos.

**Tamanho dos artigos.** Embora os artigos possam ter o tamanho necessário para a apresentação concisa e discussão dos dados, artigos sucintos e cuidadosamente preparados têm preferência tanto em termos de impacto quando na sua facilidade de leitura.

**Tabelas e ilustrações.** Somente ilustrações de alta qualidade serão aceitas. Todas as ilustrações serão consideradas como figuras, inclusive desenhos, gráficos, mapas, fotografias e tabelas com mais de 12 colunas ou mais de 24 linhas (máximo de figuras gratuitas: cinco figuras). A localização provável das figuras no artigo deve ser indicada.

**Figuras digitalizadas.** As figuras devem ser enviadas de acordo com as seguintes especificações: 1. Desenhos e ilustrações devem ser em formato .PS/.EPS ou .CDR (Postscript ou Corel Draw) e nunca inseridas no texto; 2. Imagens ou figuras em meio tom devem ser no formato .TIF e nunca inseridas no texto; 3. Cada figura deve ser enviada em arquivo separado; 4. Em princípio, as figuras devem ser submetidas no tamanho em que devem aparecer na revista, i.e., largura de 8 cm (uma coluna) ou 12,6 cm (duas colunas) e com altura máxima para cada figura menor ou igual a 22 cm. As legendas das figuras devem ser enviadas em espaço duplo e em folha separada. Cada dimensão linear das menores letras e símbolos não deve ser menor que 2 mm depois da redução. Somente figuras em preto e branco serão aceitas. 5. Artigos de Matemática, Física ou Química podem ser digitados em Tex, AMS-Tex ou Latex; 6. Artigos sem fórmulas matemáticas podem ser enviados em RTF ou em WORD para Windows.

**Página de rosto.** A página de rosto deve conter os seguintes itens: 1. Título do artigo (o título deve ser curto, específico e informativo); 2. Nome (s) completo (s) do (s) autor (es); 3. Endereço profissional de cada autor; 4. Palavras-chave (4 a 6 palavras, em ordem alfabética); 5. Título abreviado (até 50 letras); 6. Seção da Academia na qual se enquadra o artigo; 7. Indicação do nome, endereço, números de fax, telefone e endereço eletrônico do autor a quem deve ser endereçada toda correspondência e prova do artigo.

**Agradecimentos.** Devem ser inseridos no final do texto. Agradecimentos pessoais devem preceder os agradecimentos a instituições ou agências. Notas de rodapé devem ser evitadas; quando necessário, devem ser numeradas. Agradecimentos a auxílios ou bolsas, assim como agradecimentos à colaboração de colegas, bem como menção à origem de um artigo (e.g. teses) devem ser indicados nesta seção.

**Abreviaturas.** As abreviaturas devem ser definidas em sua primeira ocorrência no texto, exceto no caso de abreviaturas padrão e oficial. Unidades e seus símbolos devem estar de acordo com os aprovados pela ABNT ou pelo Bureau International des Poids et Mesures (SI).

**Referências.** Os autores são responsáveis pela exatidão das referências. Artigos publicados e aceitos para publicação (no prelo) podem ser incluídos. Comunicações pessoais devem ser autorizadas por escrito pelas pessoas envolvidas. Referências a teses, abstracts de reuniões, simpósios (não publicados em revistas indexadas) e artigos em preparo ou submetidos mas ainda não aceitos, podem ser citados no texto como (Smith et al. unpublished data) e não devem ser incluídos na lista de referências.

As referências devem ser citadas no texto como, por exemplo, (Smith 2004), (Smith and Wesson 2005) ou, para três ou mais autores, (Smith et al. 2006). Dois ou mais artigos do mesmo autor no mesmo ano devem ser distinguidos por letras, e.g. (Smith 2004a), (Smith 2004b) etc. Artigos com três ou mais autores com o mesmo primeiro autor e ano de publicação também devem ser distinguidos por letras.

As referências devem ser listadas em ordem alfabética do primeiro autor sempre na ordem do sobrenome XY no qual X e Y são as iniciais. Se houver mais de 10 autores, use o primeiro seguido de et al. As referências devem ter o nome do artigo. Os nomes das revistas devem ser abreviados. Para as abreviações corretas, consultar a listagem de base de dados na qual a revista é indexada ou consulte a World List of Scientific Periodicals. A abreviatura para os Anais da Academia Brasileira de Ciências é An Acad Bras Cienc. Os seguintes exemplos são considerados como guia geral para as referências.

#### *Artigos*

ALBE-FESSARD D, CONDES-LARA M, SANDERSON P AND LEVANTE A. 1984a. Tentative explanation of the special role played by the áreas of paleospinothalamic projection in patients with deafferentation pain syndromes. *Adv Pain Res Ther* 6: 167-182.

ALBE-FESSARD D, SANDERSON P, CONDES-LARA M, DELANDSHEER E, GIUFFRIDA R AND CESARO P. 1984b. Utilisation de la depression envahissante de León pour l'étude de relations entre structures centrales. *An Acad Bras Cienc* 56: 371-383.



KNOWLES RG AND MONCADA S. 1994. Nitric oxide synthases in mammals. *Biochem J* 298: 249-258.

PINTO ID AND SANGUINETTI YT. 1984. Mesozoic Ostracode Genus *Theriosynoecum* Branson, 1936 and validity of related Genera. *An Acad Bras Cienc* 56: 207-215.

*Livros e Capítulos de Livros*

DAVIES M. 1947. An outline of the development of Science, Athinker's Library, n. 120. London: Watts, 214 p.

PREHN RT. 1964. Role of immunity in biology of cancer. In: NATIONAL CANCER CONFERENCE, 5, Philadelphia Proceedings ....., Philadelphia: J.B. Lippincott, p. 97-104.

UYTENBOGAARDT W AND BURKE EAJ. 1971. Tables for microscopic identification of minerals, 2nd ed., Amsterdam: Elsevier, 430 p.

WOODY RW. 1974. Studies of theoretical circular dichroism of Polipeptides: contributions of B-turns. In: BLOUTS ER ET AL. (Eds), Peptides, polypeptides and proteins, New York: J Wiley & Sons, New York, USA, p. 338-350.

*Outras Publicações*

INTERNATIONAL KIMBERLITE CONFERENCE, 5, 1991. Araxá, Brazil. Proceedings ... Rio de Janeiro: CPRM, 1994, 495 p.

SIATYCKI J. 1985. Dynamics of Classical Fields. University of Calgary, Department of Mathematics and Statistics, 55 p. Preprint n. 600.