



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E AMBIENTAIS
PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA GERAL/BIOPROSPECÇÃO

Mário Soares Junglos

Efeito da submersão em água na germinação e da luz na emergência e desenvolvimento inicial de *Inga vera* Wild. (Fabaceae)

**Dourados – MS
Março 2016**



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E AMBIENTAIS
PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA GERAL/BIOPROSPECÇÃO

Mário Soares Junglos

Efeito da submersão em água na germinação e da luz na emergência e desenvolvimento inicial de *Inga vera* Wild. (Fabaceae)

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Biologia Geral/Bioprospecção, para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Dr^a. Rosilda Mara Mussury Franco Silva

Coorientadora: Dr^a. Daiane Mugnol Dresch

Dourados-MS

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

J95e Junglos, Mario Soares

Efeito da submersão em água na germinação e da luz na emergência e desenvolvimento inicial de *Inga vera* Wild. (Fabaceae) / Mario Soares Junglos --
Dourados: UFGD, 2016.

0f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Rosilda Mara Mussury Franco Silva

Co-orientador: Daiane Mugnol Dresch

Dissertação (Mestrado em Biologia Geral/Bioprospecção) - Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais, Universidade Federal da Grande Dourados.

Inclui bibliografia

1. Ecofisiologia vegetal. 2. Tolerância ao alagamento. 3. Irradiância. 4. Ingazeiro. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

"EFEITO DA SUBMERSÃO EM ÁGUA NA GERMINAÇÃO E DA LUZ NA EMERGÊNCIA E DESENVOLVIMENTO INICIAL DE *Inga vera* WILD. (FABACEAE)".

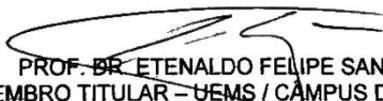
POR

MÁRIO SOARES JUNGLOS

DISSERTAÇÃO APRESENTADA À UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS (UFGD), COMO PARTE DOS REQUISITOS EXIGIDOS PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM BIOLOGIA GERAL - ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: "BIOPROSPECÇÃO".


PROF^a. DR^a ROSILDA MARA MUSSURY FRANCO SILVA
ORIENTADORA - UFGD


PROF^a. DR^a. GLÁUCIA ALMEIDA DE MORAIS
MEMBRO TITULAR - UEMS / CÂMPUS VINHEMA


PROF. DR. ETENALDO FELIPE SANTIAGO
MEMBRO TITULAR - UEMS / CÂMPUS DOURADOS

Aprovado em 29 de março de 2016.

Aos meus pais,

Ivanor Junglos e Maria Helena Soares Junglos

E minha irmã,

Fernanda Soares Junglos

DEDICO

A todos os meus professores que contribuíram para minha formação,
em especial a *Antônio Luciano da Costa Nunes* por me inspirar a ser BIÓLOGO,
a *Glaucia Almeida de Moraes* por abrir as portas da ciência em minha vida, com uma
trilha cheia de frutos para botânica e a minhas orientadoras *Mara Mussury, Daiane
Mugnot Dresch e a Silvana Scalon* pela especial paciência e incentivo que
tornaram possível a conclusão desta trabalho.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a *CAPES* pela bolsa concedida, pois assim eu pude me manter sempre focado nas atividades e desempenhar o meu máximo para atividades do mestrado. A *UFGD* e ao *PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA GERAL*, pela cedência de espaço físico e recurso financeiro para realização desta pesquisa e a *BANCA EXAMINADORA* pelas valiosas contribuições.

Agradeço a *DEUS*, por arquitetar a criação do universo e propiciar que a criação das partículas subatômicas que por interações se uniram e formaram a unidade principal da matéria - o átomo - e a partir deste tudo o que existe no universo, seja eu ou as grandes e também pequenas plantas a quem eu já dedico 6 anos da vida a conhecer e investigar seu papel dentro do ecossistema.

A minha *FAMÍLIA*, pois sem o incentivo e as broncas de cada um de vocês (Pai Mãe e Irmã) eu não estaria aqui escrevendo este breve texto para agradecê-los por mais uma grande conquista em minha vida, acho que nem todos os vocábulos da língua portuguesa juntos conseguiriam expressar meu agradecimento a vocês. Seja pela perseverança e desejo de sempre querer ir além, passado por você, meu eterno héroi e amigo: *PAI*, seja pelo grande carinho e atenção aos pequenos detalhes: *MÃE*, ou pelo aumento de meu conhecimento não só científico mas também de mundo através de nossos pontos de vista quase que sempre discordantes: *IRMÃ*. Bom, acho que o que melhor expressa meus sentimento é um **MUITO OBRIGADO** por tudo; se hoje eu sou quem sou isso se deve a vocês meus amigos, heróis, minha família!!!

Como diz Robert Maiment existem 3 maneiras de se chegar ao topo de uma árvore: Subir nela, sentar em cima da semente ou ficar amigo de grandes pássaros. Eu resolvi ficar amigo de grandes pássaros, muitas vezes vocês são todos aglomerados na forma de *et al.* como se fossem uma única pessoa, mas saibam que para mim vocês são únicos, vão muito além de um simples *et al.* vocês são:

FERNANDA SOARES JUNGLOS, aquela que sempre está “pegando no meu pé”, mas também me ajudando e mostrando que a vida tem vários caminhos e que não é a escolha de um único caminho que me levará a vitória, mas sim a escolha dos caminhos aos quais eu possa retirar o máximo e dar o máximo de mim;

GLAUCIA ALMEIDA DE MORAIS (Prof^a acho que toda vez que eu for agradecer alguma coisa eu me sinto na obrigação de citar a senhora), aquela que além de minha primeira orientadora, é a minha segunda mãe, amiga, conselheira, consultora ad hoc particular, aquela que de sua forma simples e singela fez com que minha mente se abrisse e eu entrasse nesse mundo tão nostálgico e louco que é a ciência, aquela que me fez conhecer grandes pesquisadores (eu nunca vou esquecer que eu tive a oportunidade de passar 2 semanas com os Pott^s, foi uma das minhas melhores aventuras científicas acho que nunca aprendi tanto) e passar por grandes eventos que me fizeram mudar a forma como eu enxergo a ciência, resumindo um pouco prof^a, sem a senhora eu não estaria aqui, muito obrigado;

DAIANE MUGNOL DRESCH a agrônoma mais bióloga que eu já conheci (por mais que você negue isso) aquela que me inseriu no mundo da germinação, que se tornou uma grande amiga e a melhor coorientadora de todas (vale salientar que você é a minha primeira e única coorientadora kkkkkkkkk), aquela que me mostrou que tudo na vida deve ser analisado estatisticamente e descartado caso não seja significativo, conviver com você esses 2 anos foi **ALTAMENTE SIGNIFICATIVO** ($p \leq 0,001$), aprendi muito com você, tanto sobre a germinação, ou como operar os aparelhos, mas sobretudo aprendi muito com a *DAIANE* pessoa, aquela que é mais esquentadinha e menos científica. Você sabe que eu sou de poucas palavras, mas deixo aqui registrado o meu muito obrigado por cada bronca, conselho... E por favor não quebre os backers em mim;

ROSILDA MARA MUSSURY FRANCO SILVA a prof^a **MAIS MARA**, **MARAVILHOSA** de todas!!! Obrigado por ter me “pego” como orientado, isso propiciou

algumas das coisas mais incríveis da minha vida, obrigado por ter aberto ainda mais meu leque de conhecimentos dentro da botânica. Me desculpe por qualquer coisa, eu me esforcei ao máximo para não decepcioná-la. Obrigado por esses 2 anos incríveis !!!!!;

SILVANA DE PAULA QUINTÃO SCALON a professora mais elegante da FCA, obrigado pela confiança, seja traduzindo os manuais dos aparelhos ou por disponibilizar a mais alta tecnologia em aparelhagem para execução deste trabalho;

JULIELEN ZANETTI BRANDINI, bom Juh o que dizer de você?! Minha companheira de tempos de PET, aquela que me fez lavar os tubetes de escovinha nas épocas da UEMS e que me ajudou em tudo neste mestrado. Se a Fernanda é meu braço direito, você é o meu braço esquerdo, obrigado por dedicar parte do seu tempo em me ajudar, sem dizer do que seria da minha anatomia sem você;

NATASKIA SILVA PERREIRA, obrigado Nathy, você que se tornou uma das grandes amizades que fiz durante o mestrado, valeu pelas horas de estudo na disciplina de Fisiologia Vegetal, pela ajuda na escrita dos resumos e do artigo que foi aceito!!!!!!!!!!!! Valeu pelas referências 2015 XD;

VANESSA DE MAURO BARBOSA, a última a se juntar ao Lab. de Fisiologia e que manja dos “paranauê” da fluorescência, a queridinha do fotossistema II, aquela que surfa nas nuances da curva de OJIP e que jamais tem fotoinibição em nenhum nível, aquela que “fotodisponibiliza” os conhecimentos vindos do Recursos Naturais da UEMS. Além disso, uma grande amiga e parceira nos trabalhos, valeu Vanessinha;

E por fim você *LARRISA FATARRELI BENTO*, aquela que quer fazer da Bomba de Scholander uma verdadeira bomba para selecionar os bons dos maus cientistas no Lab. de Fisiologia Vegetal. Ê Larii - minha irmã postiça - muito thank you por tudo e por aquele já conhecido: “Prof^a eu achei uma dissertação e/ou tese fodástica” kkkkkkkk (esses “achados” ajudam bastante na discussão dos trabalhos);

Não posso deixar de agradecer a todos os meus amigos pelo apoio incondicional, ressaltando a *Mirian Analy Alves* por sempre me descontrair da tensão que a ciência às vezes traz para nossa vida e por sempre me ouvir quando eu precisei desabafar - muito obrigado =*, *A Lucivânia Oliveira Barbosa*, criatura mais insuportável do universo (uma vez eu li em algum lugar que as pessoas tem carmas na vida, eu com certeza já achei o meu: VOCÊ kkkkkkkk), a minha melhor amiga, minha parceira, obrigado por sempre estar perto mesmo estando longe, muito obrigado pelo seu apoio e um beijo enorme, dedico mais essa vitória na minha vida a você!!!! E reforço todos os citados acima vocês estão no meu coração!!!

Não posso deixar de agradecer também ao *Paulo Figueiredo*, o secretário mais competente de toda UFGD e um dia do MUNDO! Paulo, obrigado pela altíssima eficiência. Para as plantas existem várias variáveis que avaliam a eficiência, por exemplo, eficiência máxima da carboxilação da rubisco, eficiência do fotossistema II, entre outras; e quanto maior essas variáveis melhor a fotossíntese. Bom, porque dizer isso?! Posso afirmar avaliando o seu desempenho que você é equivalente a cada uma destas taxas de eficiência e no fim a fotossíntese é o Programa de Pós-graduação em Biologia Geral, que sempre ganha, obrigado pela atenção e dedicação sempre!

E por fim, gostaria de agradecer à professora *KELY DE PICOLI SOUZA*, pois a senhora reforçou um conceito que eu aprendi com meu PAI: “Se for para fazer algo que faça bem feito”! A senhora se tornou uma inspiração para mim, quando eu crescer quero ser um profissional tão competente e comprometido quanto à senhora, MUITO OBRIGADO!

Não sou muito bom com as palavras (descrevo melhor processos biológicos), por isso espero ter demonstrado na convivência com cada um de vocês a minha **GRATIDÃO** por me ajudarem a concretizar este sonho!

“ Nós somos uma maneira de o cosmos se autoconhecer. Se somos feitos de poeira de estrelas sistematicamente organizada para formar seres dotados de consciência, então podemos dizer que somos o universo pensando sobre si próprio. ”

(Carl Sagan)

RESUMO

Inga vera Willd. (Fabaceae-Mimosoidae) é uma espécie recomendada para restauração de ambientes fluviais ou ripários em áreas com o solo permanente encharcado. Nestas áreas além da inundação a luz também varia ao longo do gradiente topográfico, sendo este fator primordial, não só por fornecer energia para a fotossíntese, mas também por fornecer sinais que estão intimamente ligados a regulação da germinação e o desenvolvimento da planta por meio de receptores sensíveis a diferentes intensidades e qualidade espectral, podendo desencadear uma extensa diversidade de respostas nos vegetais. O presente estudo objetivou avaliar o efeito de diferentes tempos de submersão em água na germinação e de diferentes níveis de sombreamento na emergência e crescimento inicial de *Inga vera* Willd. No experimento 1, sementes foram submersas por 0, 2, 4, 6, 8, 10, 20, 30, e 40 dias em um córrego (hipoxia) e em Bequers (anoxia) e ao final de cada período de submersão estas sementes foram semeadas em papel Germitest® e acondicionadas em germinador tipo B.O.D., com temperatura constante de 25° C e fotoperíodo de 12h. No experimento 2, as sementes foram semeadas em vasos e distribuídas em 3 condições de luz: pleno sol (0%), 30% e 70% de sombra para caracterizar a emergência e o desenvolvimento inicial em diferentes épocas de avaliação (30, 60, 90 e 120 dias de idade). Observou-se no experimento 1 que as sementes de *I. vera* sobrevivem em condições de hipoxia e anoxia, porém em hipoxia aspectos germinativos de crescimento e acúmulo de biomassa até aproximadamente 20 dias de submersão são favorecidos quando retirados desta condição, para a condição de anoxia estes aspectos avaliados tendem a diminuir conforme aumentam os tempo de submersão. No experimento 2 observou-se que os diferentes níveis de luz não influenciaram na porcentagem de emergência (100%) e na taxa de sobrevivência (100%) de plântulas de *I. vera*, porem as plântulas a pleno sol demorarem mais para emergirem. Sendo assim, conclui-se que *I. vera* tolera todas as condições ambientais analisadas, podendo as sementes germinarem em áreas temporariamente alagadas, sombreadas, ou abertas (pleno sol) apresentando mudas de qualidade.

Palavras-chave: Ecofisiologia vegetal, Tolerância ao alagamento, Irradiância, Ingazeiro.

ABSTRACT

Inga vera Willd. (Fabaceae-Mimosoidae) is a species recommended for restoration of fluvial or riparian environments in areas with permanent soaked soil. In these areas, besides flood, the light also varies along the topographic gradient, being this primary factor, not only to provide energy for photosynthesis, but also to provide signals that are related to the regulation of germination and development of the plant, by means of receptors sensitive to different intensities and spectral quality, and can trigger an extensive diversity of responses in plants. The present study aimed to evaluate the effect of different water immersion times on germination and on different levels of shading in the emergence and initial growth of *Inga vera* Willd. In the experiment 1, seeds were submerged by 0, 2, 4, 6, 8, 10, 20, 30 and 40 days in a stream (hypoxia) and Bequers (anoxia) and at the end of each submersion period these seeds were seeded in Germitest® paper and conditioned in germinator type BOD, with constant temperature of 25° C and photoperiod of 12h. In experiment 2, the seeds were seeded in pots and distributed in 3 light conditions: full sun (0%), 30% and 70% shade to characterize emergence and initial development at different evaluation periods (30, 60, 90 and 120 days of age). It was observed in experiment 1 that the seeds of *I. vera* survive in conditions of hypoxia and anoxia, but in hypoxia, germinative aspects of growth and accumulation of biomass until approximately 20 days of submersion are favored when removed from this condition, and for anoxia these evaluated aspects tend to decrease as the submersion time increases. In experiment 2, it was observed that the different light levels did not influence the emergence percentage (100%) and the survival rate (100%) of *I. vera* seedlings, but the seedlings in full sun took longer to emerge. Thus, it is concluded that *I. vera* tolerates all analyzed environmental conditions, and the seeds may germinate in areas temporarily flooded, shaded, or open (full sun) presenting quality seedlings.

Key words: Vegetative ecophysiology, Flood tolerance, Irradiance, Ingazeiro.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	9
REVISÃO LITERATURA	10
<i>Água e oxigênio na germinação de sementes</i>	10
<i>Influência da submersão na germinação de sementes</i>	12
<i>A influência da luz no desenvolvimento das plantas</i>	13
<i>Papel do sombreamento na produção de mudas</i>	14
<i>Características da espécie Inga vera Willd. (Fabaceae-Mimosoidae)</i>	16
OBJETIVOS	18
Objetivo Geral	18
Objetivos Específicos	18
REFERÊNCIAS	19
CAPÍTULO I: Efeito da submersão em água sobre a germinação de semente e crescimento inicial de <i>Inga vera Willd.</i>	27
Resumo	28
Introdução	29
Materiais e métodos	30
<i>Local de coleta e desenvolvimento experimental</i>	30
<i>Procedimentos de submersão</i>	30
<i>Parâmetros avaliados</i>	32
<i>Delineamento experimental e análise estatística</i>	32
Resultados	33
Discussão	36
Conclusão	37
Referências	37

CAPÍTULO II: <i>Inga Vera</i> Willd. (Fabaceae) submetidas a diferentes condições de luz: Emergência, crescimento, trocas gasosas e anatomia foliar.....	41
Resumo.....	42
Introdução.....	43
Materiais e métodos.....	43
<i>Delineamento estatístico e análise dos dados.....</i>	<i>46</i>
Resultados.....	47
Discussão.....	58
Conclusão.....	62
Referências.....	62
CONCLUSÃO GERAL.....	67
ANEXOS.....	68

INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil ocupa aproximadamente 5,7% da superfície emersa do planeta, sendo o quinto maior país do mundo (CAMPANILI; SCHAFFER, 2010). Detentor de impressionante patrimônio natural contendo 20% da diversidade biológica conhecida e a mais diversa flora arbórea do mundo (LORENZI, 2000; AMARAL et al., 2007).

Toda essa diversidade biológica está dividida em 6 grandes domínios: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pantanal e Campos Sulinos e em todos eles existe uma formação vegetal florestal, denominada floresta ciliar, que margeia os corpos d'água (KUNTSCHIK; EDUARTE; UEHARA, 2011).

No Cerrado a grande diversidade biológica desta floresta se sobressai, englobando cerca de 33% de todas as espécies de fanerógamas conhecidas para o domínio (FELFILLI et al., 2001).

As florestas ciliares apresentam uma importante função que é a de proteger os recursos bióticos e abióticos (DURIGAN; SILVEIRA, 1999), já que a vegetação ribeirinha é fundamental para manter os padrões limnológicos ideais, para a conservação do solo, controlando o fluxo de nutrientes, sedimentos e erosão provenientes de ribanceiras, evitando o assoreamento dos corpos d'água (CARDOSO-LEITE et al., 2004), além de ser de refúgio e local de forrageamento de animais de pequeno, médio e grande porte (peixes, mamíferos, répteis, anfíbios, etc.) e atuar na conexão de habitats estimulando o fluxo gênico entre as populações (ALBUQUERQUE et al., 2010).

A composição florística dessas áreas pode diferir muito da vegetação circundante devido a vários fatores ambientais, como a ação permanente de correntezas, períodos de alagamento, liberação de íons tóxicos, diferenças na exposição à luz e na fertilidade e oxigenação do solo, além da intervenção humana (BLOM; VOESENEK, 1996).

Devido a estes fatores, muitas espécies viventes em florestas ciliares apresentam respostas adaptativas que lhes permitem manter suas taxas de recrutamento em níveis que assegurem sua perpetuação nesse ambiente. Estas respostas envolvem adaptações fisiológicas, morfo-anatômicas e etológicas (comportamentais) ou combinações destas, resultando na seleção de genótipos adaptados às particularidades destas áreas (SILVA et al., 2012).

Apesar da importância das florestas ciliares, elas vêm sendo intensamente degradadas e ações de restauração tornam-se necessárias (PACHECO et al., 2013).

Todavia, para o sucesso destas ações, é essencial compreender o comportamento e as estratégias que permitem às espécies sobreviverem em ambientes sob forte estresse fisiológico (OLIVEIRA; JOLY, 2010).

Sendo assim, um dos fatores que podem comprometer o sucesso dessas espécies incluem a inundação, que impõe restrição de disponibilidade de oxigênio, e a luz, que varia ao longo do gradiente topográfico (MAURENZA et al., 2012).

Assim, duas contribuições científicas foram feitas, sendo o capítulo 1: Efeito da submersão em água sobre a germinação de semente e crescimento inicial de *Inga vera* Willd, e o capítulo 2: *Inga Vera* Willd. (Fabaceae) submetidas a diferentes condições de luz: Emergência, crescimento, trocas gasosas e anatomia foliar.

REVISÃO DE LITERATURA

Água e oxigênio na germinação de sementes

A semente é o resultado da fertilização do óvulo que se desenvolve e, é envolvida pelo fruto (ovário desenvolvido nas angiospermas), quando madura é constituída basicamente por três estruturas: Embrião, Endosperma e Tegumento (KERBAUY, 2004).

A semente depois de madura quando se desliga da planta mãe cai no ambiente onde o primeiro passo é germinar, sendo este processo dividido em três fases: I. histodiferenciação ou embriogênese; II. maturação e III. dessecação (KERBAUY, 2004). No entanto, para a maioria das sementes recalcitrantes, como as do gênero *Inga*, este processo também pode ocorrer quando as sementes estão ligadas a planta mãe (viviparidade) (CHIN et al., 1989 apud FONSECA; FREIRE, 2003), podendo haver passagem direta da fase de desenvolvimento para a germinativa, sem a dessecação (BARBEDO; MARCOS FILHO, 1998), porque normalmente estas sementes apresentam teor elevado de água após a maturação das sementes e/ou com a baixa concentração de substâncias inibidoras presentes no fruto e/ou na própria semente (CHIN et al., 1989 apud FONSECA; FREIRE, 2003).

A fase I da germinação tem início com a embebição (absorção de água), sendo um processo dirigido pelo gradiente de potencial hídrico entre a semente e o ambiente onde está se encontra (BONJOVANI, 2007). É um processo puramente físico, que depende da ligação da água à matriz da semente, tal qual em qualquer outro material, vivo ou morto,

que contenha sítios de ligação ou de afinidade pela água (CASTRO; BRADFORD; HILHORST, 2004).

Na fase II há uma grande diminuição da velocidade de embebição e da intensidade respiratória (MARCOS FILHO, 2005). O potencial osmótico é o que faz com que a água continue se movendo para dentro da semente até que o potencial de turgor seja atingido (BONJOVANI, 2007). Durante esta fase, são ativados os processos metabólicos requeridos para o crescimento do embrião e a conclusão do processo germinativo (protrusão raiz primária) (CASTRO; BRADFORD; HILHORST, 2004).

E por fim, na fase III, há um aumento no conteúdo de água da semente, que acontece devido à absorção associada ao início do crescimento (CASTRO; BRADFORD; HILHORST, 2004). Uma vez iniciado o crescimento, as sementes perdem rapidamente sua tolerância à desidratação (BONJOVANI, 2007).

O início da protrusão da raiz primária marca um “ponto sem retorno” para a semente, que se encontra comprometida com a germinação e com o desenvolvimento da plântula (CASTRO; BRADFORD; HILHORST, 2004). Segundo Bewley e Black (1994), a absorção de água pelas sementes frequentemente obedece a um padrão trifásico e a tolerância das sementes à dessecação diminui gradativamente com o decorrer das fases I e II de embebição, sendo perdida no início da Fase III.

A captação de quantidade considerável de água é imprescindível para o reinício de atividades metabólicas da semente após a maturidade (MARCOS FILHO; 2005). Dessa captação resulta a intensificação da respiração e de todas as outras atividades metabólicas, que culminam com o fornecimento de energia e nutrientes necessários para a retomada de crescimento, por parte do eixo embrionário (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

A água é o fator limitante para a germinação de várias sementes não dormentes (BONJOVANI, 2007), isso está associada à mobilização de reservas e à liberação de energia através da respiração, incentivando também a atividade de enzimas e reguladores de crescimento e na diluição do protoplasma, favorecendo o metabolismo para a retomada do crescimento embrionário (CARVALHO; NAKAGAWA 1983, MARCOS FILHO, 2005).

Além da água, o oxigênio também é importante e considerado o combustível necessário para oxidação dos materiais de reserva e, embora fundamental, a maioria das espécies não exige concentrações de oxigênio superiores a 10% para que ocorra a oxidação, mas níveis inferiores podem causar problemas dependendo da fase da

germinação, visto que durante o início da embebição a energia é obtida por meio da respiração anaeróbica (MARCOS FILHO, 2005). Por outro lado, essa situação não persiste por um período prolongado, ao atingirem determinado grau de hidratação, as sementes passam a permitir a entrada do oxigênio que, dissolvido em água, se difunde pelos tecidos e a respiração se torna aeróbica (MARCOS FILHO, 2005).

Uma vez as sementes germinadas, as plântulas necessitam se estabelecer, iniciando o processo de síntese de compostos primários, que é realizado a partir da fotossíntese (MUNIZ, 2004).

Influência da submersão na germinação de sementes

Em solos encharcados ou excessivamente úmidos, o suprimento de oxigênio fica limitado para o uso do embrião, porque os espaços entre as partículas do solo estão quase totalmente preenchidos por água, limitando a difusão do oxigênio e, assim prejudicando a respiração e a produção de ATP na semente (GUALTIERI; FANTI, 2015). Pode ocorrer a paralização da germinação (MARCOS FILHO, 2005), pois o alagamento das sementes neste ambiente pode funcionar como um osmocondicionamento, sendo que a semente esta em um ambiente abundante em água, absorvendo esta e assim permitindo as atividades metabólicas das sementes durante as fases I e II, porem impedindo que a germinação seja completada (CASTRO; BRADFORD; HILHORST, 2004).

Sementes que nesta condição podem produzir mucilagem que restringem ainda mais as trocas gasosas entre embrião e o exterior, bem como propicia o aparecimento e desenvolvimento de fungos (HARTMAN; KESTER; FOX., 2009). Supõe-se que o decréscimo ou fracasso da germinação em condições de anaerobiose se dá porque a ausência ou escassez de oxigênio favorece a produção de etanol nas células e este produto é tóxico ao metabolismo normal (MARCOS FILHO, 2005).

Assim sementes de várias espécies exibem habilidades distintas para germinar sob alagamento (GUALTIERI; FANTI, 2015). A maioria das sementes tolerantes, por exemplo, são equipadas com enzimas capazes de neutralizar o potencial tóxico do etanol (CASTRO; BRADFORD; HILHORST, 2004).

Diversos estudos têm sido realizados com o intuito de elucidar estas habilidades pelos quais as plantas conseguem sobreviver nestes ambientes, entre eles são conhecidas algumas espécies cujas sementes podem suportar inundações temporárias e conseguem germinar em condições de hipoxia, como é o caso de *Inga sessilis* (Vell.) Mart., em que

40% das sementes germinam sob hipoxia, entretanto, a anoxia é letal para as sementes (OKAMOTO; JOLY, 2000). Outras espécies mantêm sua viabilidade mas não germinam em ambientes saturados hidricamente, entretanto germinam quando em contato com ambientes drenados (BARDDAL et al., 2004; LOBO, 1998, LUCAS et al., 2012). Há ainda aquelas sementes que podem melhorar as taxas de germinação, como também as que reduzem este processo (MELO et al., 2015).

Apesar destes crescentes estudos sobre a germinação de sementes para entender o comportamento das espécies e para subsidiar o manejo e restauração florestal de áreas alagáveis, ainda há grandes dúvidas a serem compreendidas, sobre o comportamento germinativo da maioria das espécies fanerogâmicas do Brasil e do mundo (LUCAS et al., 2012).

A influência da luz no desenvolvimento das plantas

A radiação solar é o fator mais importante para a produtividade primária (CONCEIÇÃO, 1997), pois a partir do processo de fotossíntese, as plantas transformam energia solar em química dando origem a uma variedade de moléculas que compõe o tecido vegetal (MUNIZ, 2004). Além de ser um dos fatores ou o fator mais impactante no disparo do “gatilho ecológico” no processo de regeneração das comunidades vegetais nas Florestas Tropicais (HUBBELL et al., 1999; REIS, et al., 2014), já que influência tanto na germinação, quanto no desenvolvimento e estabelecimento das plantas (KEELING; PHILLIPS, 2007).

O modelo mais utilizado para descrição do processo de sucessão é baseado nesta influência (BAZZAZ; PICKETT, 1998). Neste modelo, as florestas são consideradas um mosaico de áreas de diferentes idades, com uma mudança contínua na composição de espécies, onde as manchas abertas, convertem-se em manchas em fase de construção e, em seguida, manchas em fase madura (WHITMORE, 1990, LORTIE et al., 2004).

Quando uma clareira é aberta, o espectro de luz vermelha atinge o solo e faz com que as sementes das espécies pioneiras (fotoblásticas positivas) iniciem o processo germinativo, e quando o dossel começa a filtrar os espectros de luz vermelha e a proporção de vermelho longo aumenta as sementes de espécies secundárias e clímax (fotoblástica negativa) germinam (LABOURIAU, 1983), garantindo assim a estratificação do ambiente e o sucesso deste processo além da manutenção da comunidade vegetal. Pois as espécies pioneiras que crescem em clareiras são gradualmente

substituídos por espécies secundárias e clímax que dominam o dossel e a mancha madura (GANDOLFI; JOLY; RODRIGUES, 2007).

Apenas 5% da luz incidida no dossel alcança o solo das florestas tropicais úmidas (ZIPPERLEN; PRESS, 1996; KEELING; PHILLIPS, 2007), mas isso já é o suficiente para influenciar o crescimento e desenvolvimento das plantas e os processos de sucessão (SWAINE; WHITMORE, 1988), pois os espécimes arbóreos que compõe o dossel de uma floresta criam microsítios específicos sob sua copa que podem funcionar como “filtro de diversidade” para os organismos que vivem abaixo delas (seja animal ou vegetal) (GANDOLFI; JOLY; RODRIGUES, 2007).

Quanto maior a heterogeneidade de espécies que compõe o dossel, maior será a quantidade de regimes de luz dentro da floresta o que leva a diferentes respostas biológicas, afetando todas as fases da vida da planta (germinação, crescimento e produtividade) e também de toda a comunidade da floresta, podendo nas plantas levar a indução ou inibição da germinação, o estresse através da fotoinibição e fotodestruição dos pigmentos fotossintéticos, além de poder levar à produção de espécies reativas de oxigênio que são extremamente danosas às células, o que pode acarretar a morte do indivíduo e também pode levar ao aumento ou diminuição da predação, ataques de patógenos, herbivoria entre outros aspectos (NICOTRA; CHAZDON; IRIARTE, 1999; VAN OIJEN et al, 2005, GANDOLFI; JOLY; RODRIGUES, 2007, ARAÚJO; DEMINICIS, 2009).

Sendo assim as diferentes condições de luz levam à seleção de uma comunidade específica de mudas, microorganismos do solo, bactérias, micorrizas, e agentes patogênicos (ETTEMA; WARDLE, 2002; GANDOLFI; JOLY; RODRIGUES, 2007).

Papel do sombreamento na produção de mudas

Pesquisas têm sido realizadas para avaliar as respostas do crescimento de mudas às diversas intensidades de luz (DUTRA et al., 2012), pois o desenvolvimento das plantas é influenciado dentre outros fatores, pela quantidade, qualidade, presença ou ausência de luz (REGO; POSSAMAI, 2006). A luz exerce papel de destaque sobre todos os estágios do desenvolvimento vegetal (SILVA et al., 2007) e os diferentes graus de luminosidade causam, em geral, mudanças morfológicas e fisiológicas na planta, sendo que o grau de adaptação é ditado por características particulares de cada espécie em interação com seu meio (SCALON et al., 2003).

O sombreamento artificial realizado por meio do uso de telas do tipo sombrite® é um método muito utilizado no estudo das necessidades luminosas das diferentes espécies em condições de viveiro, por ser uma prática capaz de isolar e quantificar o efeito da intensidade luminosa e fornecer às parcelas experimentais condições uniformes de iluminação, quando comparadas aos estudos em condições naturais (REGO; POSSAMAI, 2006).

A produção de mudas em viveiros constitui uma das fases mais importantes do processo de implantação de povoamentos florestais, pois mudas de baixa qualidade podem comprometer todas as operações seguintes (COSTA et al., 2008). Mudas com padrão adequado de qualidade apresentam melhores condições de crescimento e de competição por fatores como água, luz e nutrientes (CARON et al., 2010). Tais mudas devem apresentar, no momento de serem plantadas no campo, entre outras características, sistema radicial bem formado, com raiz principal reta sem enovelamento e raízes secundárias bem distribuídas, propiciando uma maior resistência destas a fatores adversos (PAIVA; GOMES, 1995).

O sombreamento artificial é uma técnica utilizada que visa obter ganhos na qualidade das mudas minimizando a ação danosa dos raios solares, especialmente em períodos com alta disponibilidade energética, bem como contribui igualmente para amenizar a temperatura do vegetal (CARON et al., 2010)

O sombreamento artificial pode afetar positivamente a taxa de crescimento e qualidade da muda, com efeitos distintos conforme a classe ecológica da espécie, tais efeitos são diretamente relacionados com o estado hídrico e nutricional das mudas (CARON et al., 2010). Pearcy et al. (1996) destacam que o excesso de radiação solar pode causar prejuízo direto à planta, afetando a assimilação de CO₂ através da fotossíntese devido a um processo conhecido como fotoinibição.

Devido a degradação dos diferentes ecossistemas, a demanda pela recuperação e restauração ecológica dos ambientes vem crescendo nos últimos anos (PACHECO et al., 2013), sendo que o plantio de mudas de espécies nativas é o método mais utilizado (BRUEL et al., 2013). Desta forma, a demanda crescente por espécies florestais nativas para formação de reflorestamentos comerciais ou com fins conservacionistas gera cada vez mais uma necessidade de produção de mudas dessas espécies cujo sucesso depende do conhecimento prévio de suas características de desenvolvimento (CUNHA et al., 2005). Entretanto, procedimentos e recomendações técnicas para a produção de mudas de

qualidade são muito escassos, havendo apenas para aquelas que detêm maior interesse econômico (DUTRA et al., 2012).

Características da espécie Inga vera Willd. (Fabaceae-Mimosoidae)

Inga vera Willd. pertence à família das Fabaceae, a qual possui distribuição cosmopolita e grande importância econômica, inclui 650 gêneros e aproximadamente 19.000 espécies, representando uma das maiores famílias de angiospermas e a maior família em número de espécies do Brasil (2.700 espécies) (SOUZA; LORENZI, 2008).

Esta espécie, conhecida popularmente como ingá-banana ou ingá-do-brejo (Ingá vem do tupi, e significa semente ensopada), é arbórea, encontrada desde Honduras até a Argentina (CARVALHO, 2008) e, no Brasil, tem ocorrência confirmada em todas as regiões (FERNANDES, 2013), principalmente em áreas inundáveis (sazonalmente ou não). Porém, também pode se estabelecer em formações florestais com períodos longos de estiagem, mostrando a grande plasticidade adaptativa da espécie (CARVALHO, 2008).

Classificada como pioneira, semidecídua, heliófita, seletiva higrófila (SILVA; SANTANA, 2009), esta planta apresenta grande porte, podendo alcançar 30 metros de altura (ANEXO C - a) (SILVA et. al, 2012), e frutificando três a quatro anos após o plantio (FARIA et al., 2006).

As plantas desta espécie possuem caule com lenticelas e durante o alagamento desenvolvem hipertrofia lenticelar e raízes adventícias (SILVA et. al, 2012). Suas folhas são compostas, paripinadas e, como a maioria das espécies do gênero *Inga*, apresentam raque e pecíolo alados (SILVA et. al, 2012). Os folíolos são opostos, lanceolados e pontiagudos, entre os quais existem glândulas (CARVALHO, 2008) que são nectários extraflorais.

As flores são nectaríferas, pilosas, hermafroditas, tubulares, com muitos estames brancos e estendidos como hilos, estas são agrupadas em inflorescências do tipo espiga, axilar (ANEXO C - b) (CARVALHO, 2008).

O fruto, que auxilia na identificação da espécie (SILVA et. al, 2012), é indeiscente, coriáceo, tomentoso, verde-amarelado (MARTINS, 2009); mutisseminado com 1 a 8 sementes oblongas, envolvidas por um arilo branco mucilaginoso e adocicado (ANEXO C - c) consumido *in natura* por comunidades locais (PEREIRA et al., 2012) e apreciado por aves (papagaios, beija-flores, maritacas) e peixes, com destaque para o pacu

(*Collossoma mitrei*) (CARVALHO, 2008) que auxiliam na dispersão (zoocórica, ictiocórica), que também pode ocorrer pela água (hidrocórica) (SILVA et al, 2012).

As condições do ambiente, principalmente temperatura do ar e disponibilidade hídrica, podem condicionar o ciclo de maturação, o grau de maturidade dos embriões, após a dispersão dos frutos, a aquisição da tolerância à dessecação e a qualidade final das sementes de *I. vera* (LAMARCA; BARBEDO, 2015) que apresentam comportamento recalcitrante (ANEXO C - d) e curta longevidade, que não ultrapassa 15 dias de armazenamento (CARVALHO, 2008).

Apresenta germinação hipógea criptocotiledonar (ANEXO C - e) e altas porcentagens de germinação variando entorno de 80% (CARVALHO, 2008), podendo inclusive germinar dentro do próprio fruto (viviparidade) (ANDREO; NAKAGAWA; BARBEDO, 2006) ou até mesmo em condição de hipoxia (SILVA et. al, 2012).

Associa-se a *Rhizobium sp.*, formando nódulos globosos (ANEXO C - f) (CARVALHO, 2008), e a inoculação com estirpes nativas de rizóbio na produção de mudas de *I. vera* promove aumento na massa seca e teor de nitrogênio, podendo substituir parcialmente os fertilizantes químicos (MAIA; SCOTTI, 2010). Esta simbiose além de poder maximizar o crescimento, aumenta a produção fitoquímica em mudas de ingazeiro, sendo uma alternativa promissora para produção sustentável desta leguminosa (LIMA; CAMPOS; SILVA, 2015).

Devido o uso de leguminosas para melhoria da produtividade em áreas agrícolas (BRIENZA JUNIOR, 2012) apresenta potencial de exploração sustentável e, sua madeira, é considerada pouco resistente e de baixa durabilidade natural, sendo empregada em caixotarias, obras internas, produção de celulose e papel, confecção de brinquedos, lápis, entre outros (CARVALHO, 2008).

A casca é usada para curtimento de couro e preservação de artefatos de pesca (CARVALHO, 2008) e é indicada por raizeiros para cura de úlceras externas e feridas (adstringente) na forma de cataplasma ou compressas (RODRIGUES; CARVALHO, 2010). Pode ainda ser aproveitada em plantios de restauração de áreas degradadas em ambientes fluviais ou ripários, para sombrear pastagens e no paisagismo, devido seu potencial ornamental (CARVALHO, 2008).

OBJETIVOS

Objetivo geral

- Avaliar as respostas germinativas de sementes de *Inga vera* Willd. submetidas a diferentes tempos de submersão em água e de diferentes níveis de sombreamento na emergência de plântulas e crescimento inicial de plantas jovens desta espécie.

Objetivos específicos

- Obter os dados germinativos de sementes de *I. vera* sob condições de submersão em água.
- Discutir os potenciais efeitos da hipóxia/anóxia sob a germinação de *I. vera*
- Testar se a submersão de sementes interfere na germinação, formação e vigor de plântulas de *I. vera*;
- Conhecer o comportamento fisiológico e morfoanatômico de mudas de *I. vera* em diferentes níveis de luz;
- Determinar o melhor nível de luz para a emergência de *I. vera*;
- Fornecer informações sobre o melhor nível de luz para o cultivo e produção de mudas de *I. vera*.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, L. B.; ALONSO, A. M.; AQUINO, F. G.; REATTO, A.; SOUZA-SILVA, J. C.; LIMA, J. E. F. W.; SOUZA, A. C. S. A.; DOUZA, E. S. **Restauração ecológica de matas ripárias: uma questão de sustentabilidade**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010. 77p.

AMARAL, P.; VERÍSSIMO, T.; ARAÚJO, C.S; SOUZA, H. **Guia para o manejo florestal comunitário**. Belém, PA: Serviço Florestal Brasileiro, 2007. 75p.

ANDREO, Y.; NAKAGAWA, J.; BARBEDO, C. J. Mobilização de água e conservação da viabilidade de embriões de sementes recalcitrantes de ingá (*Inga vera* Willd. subsp. *affinis* (DC.) T. D. Pennington. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 29, n. 2, p. 309-318, 2006.

ARAÚJO, S.A.C.; DEMINICIS B.B. Fotoinibição da fotossíntese. **Revista brasileira de Biociências**. Porto Alegre. v. 7. n. 4, p. 463-472. 2009.

BARBEDO, C.J.; MARCOS FILHO, J. Tolerância à dessecação em sementes. **Acta Botanica Brasilica**. 12:145-164. 1998.

BARDDAL, M.L.; RODERJAN, C.V.; GALVÃO, F.; CURCIO, G.R. Caracterização florística e fitossociológica de um trecho sazonalmente inundável de floresta aluvial, em Araucária, PR. **Ciência Florestal**. v.14, p.37-50, 2004.

BAZZAZ, F.A. & PICKETT, S. T.A. Ecofisiologia de la sucesión tropical: una revision comparativa. **Crónica Forestal y del Medio Ambiente**. n.6, 1-27. 1998.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. 1994. **Seeds: physiology of development and germination**. 2ed. Plenum Press, New York.

BLOM, C. W. P.; VOESENEK, L. A. C. J. Flooding: the survival strategies of plants. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 7, n. 11, p. 290-295, 1996.

BONJOVANI R.M. Armazenamento de embriões de *inga verassp. affinis*(dc.) t.d. pennington (leguminosae) sob baixa temperatura. 2007. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Biológicas (Botânica) - Instituto de Biociências, Câmpus de Botucatu, UNESP,2007.

BRIENZA JÚNIOR, S., Enriquecimento de florestas secundárias como tecnologia de produção sustentável para a agricultura familiar. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi - Ciências Naturais**, v. 7, n. 3, p. 331-337, 2012.

BRUEL, O. B.; MARQUES, M. C. M.; BRITZ, R. M. Survival and growth of tree species under two direct seedling planting systems. **Restoration Ecology**, v. 18, n.4, p. 414-417, 2010.

CAMPANILI, M.; SCHAFFER, W.B. **Mata Atlântica: patrimônio nacional dos brasileiros**. Brasília: MMA, 2010. 408p.

CARDOSO-LEITE, E.; COVRE, T. B.; OMETTO, R. G.; CAVALCANTI, D. C.; PAGANI, M. I. Fitossociologia e caracterização sucessional de um fragmento de mata ciliar, em Rio Claro/SP, como subsídio à recuperação da área. **Revista Instituto Florestal**, v. 32, n. 3, p. 583-595. 2004.

CARON B.O.; SOUZA V.Q.; CANTARELLI E.B.; MANFRON P.A.; BEHLING A.; ELOY E. Crescimento em viveiro de mudas de *Schizolobium parahyba* (Vell.) S. F. Blake. submetidas a níveis de sombreamento. **Ciência Florestal**. v.20, n.4, p.683-689. 2010.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. 2000. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4.ed. Funep, Jaboticabal.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Brasília - DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo, PR: Embrapa Florestas, p. 297-303. v. 3. 2008.

CASTRO, R.D.; BRADFORD, K.J.; HILHORST, H.W.M. 2004. Desenvolvimento de sementes e conteúdo de água. In: **Germinação: do básico ao aplicado**. Ferreira A.G.; Borghetti, F. Artmed, Porto Alegre, p.51-67.

CONCEIÇÃO, P.N. Alguns aspectos ecofisiológicos de floresta tropical úmida de terra firme. **Acta Amazônica**. v7, n2, p157-178, 1997.

COSTA, E. C. et al. **Entomologia Florestal**. Santa Maria: Ed. UFSM, 2008. 240 p.

CUNHA, A. O.; ANDRADE, L.A.; BRUNO, R.L.A.; SILVA, J.A.L.; SOUZA, V.C. Efeitos de substratos e das dimensões dos recipientes na qualidade das mudas de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex D.C.) Standl. **Revista Árvore**, v. 29, n. 04, p. 507-516, 2005.

DURIGAN, G.; SILVEIRA, E. R. Recomposição de mata ciliar em domínio de cerrado, Assis, SP. **Scientia Florestalis**, v. 56, p. 135-144, 1999.

DUTRA, T.R.; GRAZZIOTTI, P.H.; SANTANA, R.C.; MASSAD, M.D. Desenvolvimento inicial de mudas de copaíba sob diferentes níveis de sombreamento e substratos. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, n.2, p.321-329, 2012.

ETTEMA, C.H.; WARDLE, D.A. Spatial soil ecology. **Trends in Ecology and Evolution**, v.17, p.177-183, 2002.

FARIA, J. M. R.; DAVIDE, L. C.; SILVA, E. A. A.; DAVIDE, A. C.; PEREIRA, R. C.; VAN LAMMEREN, A. A. M.; HILHORST, H. W. M. Physiological and cytological aspects of *Inga vera* subsp. *affinis* embryos during storage. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 18, p. 503-513, 2006.

FELFILLI, M. F.; MENDONÇA, R. C.; WALTER, B. M. T.; JÚNIOR, M. S. C.; SILVA, M. A. Flora fanerogâmica das matas de galeria e ciliares do Brasil Central. In: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L.; SOUZA-SILVA, J. C. **Cerrado - caracterização e recuperação de matas de galeria**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, v.1. 2001. p. 195-209.

FERNANDES, J. M. *Inga* in **Flora do Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB23039>>. Acesso em: 17 dez. 2016.

FONSECA, S.C.L.; FREIRE, H.B. Sementes recalcitrantes: problemas na pós-colheita. **Bragantia** 62:297-303. 2003.

GANDOLFI, S.; JOLY, C. A.; RODRIGUES, R. R. Permeability-impermeability: canopy trees as biodiversity filters. **Scientia Agricola**. v.64, n.4, 2007.

GUALTIERI, S.C.J.; FANTI, S.C. Ecofisiologia da germinação de sementes. **In:** Pina-Rodrigues, F.C.M.; Figliolia, M.B.; Silva, A. Sementes Tropicais: da ecologia a produção. Londrina. Abrates. p259-275. 2015.

HARTMANN, H.T.; KESTER, D.E.; FOX, G.A. Ecologia Vegetal. Porto alegre: Artmed, 2009. 592.p.

HUBBELL,S.P.; FOSTER, R.B; O'BRIEN S.T.; HARMS, K.E.; CONDIT,R.; WECHSLER, B.; WRIGHT, S.J.; LOO DE LAO, S. Light-gap disturbances, recruitment limitation, and tree diversity in a neotropical forest. **Science**. 283: 554-557. 1999.
Huber. **Revista Árvore**, v. 31, n. 06, p. 1019-1026, 2007.

KEELING, H. C.; PHILLIPS, O. L. Acalibration method for the crown illumination index for assessing forest light environments. **Forest Ecology and Management**. v.242. n.2/3. p.431-437. 2007.

KERBAUY, G.B. **Fisiologia Vegetal**. 1 Ed. Guanabara Koogan, 2004. 472p.

KUNTSCHIK, D. P.; EDUARTE, M.; UEHARA, T. H. K. **Matas ciliares**. São Paulo: SMA. 1 ed. 2011, 84 p.

LABOURIAU, L. G. **A germinação das sementes**. Washington: Secretaria Geral da OEA, 1983. 173 p.

LAMARCA, E. V.; BARBEDO, C. J. Sensibilidade à dessecação de embriões de *Inga vera* Willd. formados sob diferentes condições ambientais. **Revista Árvore**, v. 39, n. 6, 2015.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Rima, 550 p. 2006.

LIMA, C. S.; CAMPOS M. A. S.; SILVA, F. S. B. Mycorrhizal Fungi (AMF) increase the content of biomolecules in leaves of *Inga vera* Willd. seedlings. **Symbiosis**, v. 65, n. 3, p. 117-123. 2015.

LOBO, P.C.; JOLY, C.A. Tolerance to hypoxia and anoxia in Neotropical tree species. **Oecologia Brasiliensis**, v.4, p. 137-156, 1998.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa - SP: Editora Plantarum. v. 2, 2ª ed, 2000. 352p.

LORTIE, C.J.; BROKER, R.W.; CHOLER, P.; KIKVIDZE, Z.; MICHALET, R. PUGNAIRE, F.I.; CALLAWAY, R.M. Rethinking plant community theory. **Oikos**, v.107, p.433-438, 2004.

LUCAS, C. M.; MEKDEC, F.; NASCIMENTO, C. M. N.; HOLANDA, A. S. S.; BRAGA, J.; DIAS, S.; SOUSA, S.; ROSA, P. S.; SUEMITSU, C. Effects of short-term and prolonged saturation on seed germination of Amazonian floodplain forest species **Aquatic Botany**, p. 49-55. 2012.

MAIA, J.; SCOTTI, M. R. Growth of *Inga vera* Willd. subsp. *affinis* under rizobia inoculation. **Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal**, v.10, n.2, p.139-149, 2010.

MARCOS FILHO, J. 2005. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Fealq, Piracicaba.

MARTINS, M. V. Leguminosas arbustivas e arbóreas de fragmentos florestais remanescentes no noroeste paulista, Brasil. 2009. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biociências, Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu. 2009.

MAURENZA, D; MARENCO, R. A.; PAROLIN, P.; PIEDADE, M. T. F. Physiological responses to flooding and light in two tree species native to the Amazonian floodplains. **Aquatic Botany**, v. 96, n. 1, p. 7– 13. 2012.

MELO, R. B.; FRANCO, A. C.; SILVA, C. O.; PIEDADE, M. T. F.; FERREIRA, C. S. Seed germination and seedling development in response to submergence in tree species of the Central Amazonian floodplains. **AoB Plants**, v. 7, p. 1-12, 2015.

MUNIZ, M.R.A. Estudo do regime de luz nas quatro principais formações fitogeográficas no estado de São Paulo durante o inverno de 2003. 2003. **Dissertação** (Mestrado em Biologia Vegetal) – Instituto de Biologia, Universidade estadual de Campinas, Campinas. 2004.

NICOTRA, A.B.; CHAZDON, R.L.; IRIARTE, S.V.B. Spatial heterogeneity of light and woody seedlings regeneration in tropical wet forests. **Ecology**, v.80, p.1908-1926, 1999.

OKAMOTO, J.M.; JOLY, C.A. Ecophysiology and respiratory metabolism during the germination of *Inga sessilis* (Vell.) Mart. (Mimosaceae) seeds subjected to hypoxia and anoxia. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 23, n.1, p.51-57, 2000.

OLIVEIRA, V. C.; JOLY, C. A. Flooding tolerance of *Calophyllum brasiliense* Camb. (Clusiaceae): morphological, physiological and growth responses. **Trees**, v. 24, n. 1, p. 185-193, 2010.

PACHECO F. V., PEREIRA C. R., SILVA R. L. e ALVARENGA I. C. A. Crescimento inicial de *Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex. Benth. (Fabaceae) e *Chorosia speciosa* A.St.-Hil (Malvaceae) sob diferentes níveis de sombreamento. **Revista Árvore**, v. 37, p. 945-953, 2013.

PAIVA, H. N.; GOMES, J. M. **Viveiros florestais**. Viçosa: UFV, 1995. 56 p.

PEARCY, R. W. et al. Photosynthesis in fluctuating light environment. **In:** BAKER, N.R. (Ed.) Photosynthesis and the environment. New York: Kluwer, 1996. p.321-46.

PEREIRA, Z. V.; FERNANDES, S. S. L.; SANGALLI, A.; MUSSURY, R. M. Usos múltiplos de espécies nativas do bioma Cerrado no Assentamento Lagoa Grande, Dourados, Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 7, n. 2, p. 126-136, 2012.

REGO, G.M.; POSSAMAI, E. Efeito do sombreamento sobre o teor de clorofila e crescimento inicial do Jequitibá-rosa. Boletim de Pesquisa Florestal. n.53, p.179-194, 2006.

REIS, A.; BECHARA, F.C; TRES, D.R.; TRENTIN B.E. Nucleação: concepção biocêntrica para a restauração ecológica. 2014. **Ciência Florestal**, Santa Maria. v. 24, n. 2, p. 509-519. 2014.

RODRIGUES, V. E. G.; CARVALHO, D. A. **Plantas Medicinais nas Florestas Semidecíduais**. Lavras: UFLA, 2010. 66p.

SCALON, S. P. Q.; MUSSURY, R.M.; RIGONI, M.R.; SCALON-FILHO, H. Crescimento inicial de mudas de *Bombacopsis glabra* (Pasq.) A. Robyns sob condições de sombreamento. **Revista Árvore**, v. 27, n. 06, p. 753-758, 2003.

SCALON, S.P.Q.; ALVARENGA, A.A. Efeito do sombreamento sobre a formação de mudas de pau-pereira (*Platygyamus regnelli* Benth). **Revista Árvore**, v. 17, n. 3, p. 265-270, ago. 1993.

SILVA, A. C.; HIGUCHI, P.; VAN DEN BERG, P.; NUNES, M. H.; CARVALHO, D. A. **Florestas Inundáveis: ecologia, florística e adaptações das espécies**. Lavras – MG: UFLA, 2012. 170p.

SILVA, A. T.; SANTANA, C. A. A. **Manual de identificação e plantio de mudas de espécies florestais**. Rio de Janeiro: SMAC, 2009. 90p.

SILVA, B. M. S. et al. Efeito da luz no crescimento de mudas de *Hymenaea parvifolia*
SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática - Guia ilustrado para a
identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em
APG II**. Nova Odessa: Plantarum, 2008. 768p.

SWAINE, M. D.; LVEITMORE, T. C. On definition of ecological species groups in
tropical rain forests. **Vegetation**, (75) 81-86, 1988.

VAN OIJEN, D.; FEIJEN, M.; HOMMEL, P.; DEN OUDEN, J.; WAAL, R. Effects of
tree species composition on within-forest distribution of understorey species. **Applied
Vegetation Science**, v.8, p.155-166, 2005.

WHITMORE, T.C. **An introduction to tropical rain forests**. Oxford: Oxford University
Press, 1990. 226p.

ZIPPERLEN, S. & PRESS, M. Photosynthesis in relation to growth and seedling ecology
of two dipterocarp rain forest tree species. **Journal of Ecology**, v .84, n.6, p.863-876,
1996.

Capítulo I

**Efeito da submersão em água sobre a germinação de semente e crescimento inicial
de *Inga vera* Willd**

Efeito da submersão em água sobre a germinação de sementes e crescimento inicial de *Inga vera* Willd

Resumo

A germinação de sementes é um processo fundamental para manutenção das comunidades vegetais ao longo do tempo, porém ainda é insuficiente o conhecimento de como os fatores ambientais afetam a germinação em *Inga vera*. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes períodos de submersão nas condições de anoxia e hipoxia na germinação e crescimento inicial de plântulas de *I. vera* Willd. As sementes foram submersas por 0, 2, 4, 6, 8, 10, 20, 30, e 40 dias para ambas as condições de submersão (hipoxia e anoxia). Ao final de cada tempo de submersão as sementes foram retiradas da água e semeadas em papel Germitest[®] e mantidas em B.O.D. com temperatura de 25°C e fotoperíodo de 12 h. A cada dois dias, avaliou-se o número de sementes germinadas e, ao final de 30 dias foram calculados a porcentagem de germinação (%G), o índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG), o comprimento da raiz, da parte aérea, o diâmetro do coleto, as massas frescas e secas de sistema subterrâneo (cotilédone + raiz) e parte aérea. Observou-se que para a condição de hipoxia, até aproximadamente 20 dias, todas as variáveis tendem a aumentar. Para a condição de anoxia, as variáveis tendem a reduzir conforme aumentam os tempo de submersão. Desta forma, conclui-se que as sementes de *I. vera* sobrevivem a ambas as condições, porém em hipoxia ocorrem os melhores valores para as variáveis estudadas.

Palavras-chave: Alagamento, Fitomassa, Anoxia, Hipoxia,

Introdução

As formações vegetacionais que ocorrem ao longo de rios, riachos e córregos estão sujeitas a alagamentos sazonais e encharcamento constante do solo, o que leva a diminuição da disponibilidade de oxigênio dissolvido, além de alterar o pH, processos de decomposição, fertilidade do solo e ainda provoca mudanças no microclima (Lobo e Joly, 2000, Medri et al., 2002;).

Estes fatores podem alterar os padrões de germinação das espécies, podendo causar a inibição da germinação fazendo com que as sementes entrem em estado de dormência secundária; inviabilidade devido as modificações do pH, levando a formação de substâncias tóxicas como o etanol, etileno e as espécies reativas de oxigênio que acabam por deteriorar o embrião causando o apodrecimento da semente; aumento nas taxas de germinação devido a embebição, ou ainda as sementes podem germinar enquanto estão submersas ou flutuando o que pode levar a um aumento nas taxas de recrutamento, pois ao fim da estação de cheia as plântulas já estão desenvolvidas e prontas para se estabelecerem no ambiente (Parolin, 2009).

Apesar da importância da germinação de sementes para o estabelecimento das comunidades vegetais e para o manejo e restauração florestal, pouco se sabe sobre o comportamento germinativo da maioria das espécies fanerogâmicas de áreas alagadas do Brasil e do mundo (Lucas et al., 2012).

Estas espécies podem apresentar diferentes respostas, neste ambiente como adaptações fisiológicas, morfoanatômicas e etológicas (comportamentais) ou combinações destas (Silva et. al., 2012). As condições de inundações sazonais, encharcamento do solo e as baixas taxas de oxigênio dissolvido podem atuar como filtros evolutivos selecionando, ao longo do tempo, as espécies mais adaptadas a sobreviver nestes ambientes (Lobo e Joly, 2000). Assim, informações sobre o comportamento das espécies às condições de inundação são importantes para avaliar as estratégias que favorecem a germinação das sementes e estabelecimento de plântulas.

Inga vera Willd. é uma espécie arbórea pioneira, encontrada desde Honduras até a Argentina, sendo uma espécie frequentemente associada a áreas inundáveis (sazonalmente ou não), porém, também ocorre em formações florestais com baixa precipitação e períodos longos de estiagem, mostrando a grande plasticidade adaptativa da espécie (Carvalho, 2008). As sementes apresentam comportamento recalcitrante, sendo estas envolvidas por um arilo esbranquiçado de sabor levemente adocicado que é

consumido por aves, peixes e alguns mamíferos, apresentam germinação hipógea criptocotiledonar e altas porcentagens de germinação, variando entorno de 80% (Carvalho, 2008).

Em ambientes ripários suas sementes podem ser expostas a condições de anoxia e/ou hipóxia quando liberadas da planta mãe. Visto que, sementes de espécies de mata ciliar podem cair em poças d'água (Kissmann e Habermann, 2013), no rio (Ayres, 2006) que corta está mata e em solos encharcados. Ficando expostas a diferentes concentrações de oxigênio durante o alagamento (Okamoto e Joly, 2000).

Diante dessas informações, algumas hipóteses foram levantadas: sementes de *Inga vera* são afetadas por diferentes períodos de submersão em água? A redução na demanda de oxigênio afeta a germinação e crescimento de plântulas de *Inga vera*?

Deste modo, visando a restauração de áreas de florestas ciliares com *Inga vera* objetivou-se avaliar a resposta das sementes as condições de anoxia e hipoxia.

Materiais e métodos

Local de coleta e desenvolvimento experimental

No mês de fevereiro 2015 os frutos de *I. vera* foram coletados de 10 matrizes localizadas em fragmentos florestais ciliares no município de Ivinhema/MS, quando atingiram estágio final de maturação e/ou quando ocorreu a queda espontânea como recomendado por Carvalho (2008).

As sementes extraídas dos frutos foram misturadas formando conjunto único de amostra composta e foram selecionadas quanto a cor e tamanho, sendo utilizadas para o experimento 3600 sementes. Após o processamento, as sementes utilizadas foram esterilizadas com hipoclorito de sódio a 2% por 5 minutos e lavadas em água corrente por 3 minutos.

Procedimentos de submersão

No mês de fevereiro de 2015, em laboratório, 200 sementes foram colocadas em cada um dos oito béqueres de 1000 mL contendo 500 mL de água destilada cada, os quais foram selados com plástico filme. Na condição de campo 200 sementes foram colocados em 8 embalagens confeccionadas com tecido voal (ANEXO D - a, b) e depositadas em uma caixa confeccionada com tela Sombrite® (ANEXO D - c) e submersas em água corrente no córrego do Zezão (ANEXO D - d) (22°15'56.81"S; 53°52'55.38"W),

localizado no município de Ivinhema-MS. Em ambas as condições as sementes ficaram submersas por períodos de 0, 2, 4, 6, 8, 10, 20, 30 e 40 dias.

Foram realizadas medições referente a quantidade de oxigênio dissolvido (OD) (Hanna HI9146 Portable Dissolved Oxygen Meter) durante as primeiras 12 horas para condição de laboratório ao final de cada tempo de submersão em ambas as condições (Laboratório e rio), afim de determinar as condições de anoxia e hipoxia.

Com base nos valores de oxigênio dissolvidos medidos durante o experimento verificou-se queda nas 12 primeiras horas na água mantida nos béqueres (Figura 1A), posterior a isto manteve uma média de 0,4 mg/L ($\pm 0,3$) durante o período experimental, enquanto a água do rio apresentou em média 4,5 mg/L ($\pm 0,07$) (Figura 1B). Stroo e Ward (2010) consideram anoxia valores de oxigênio dissolvido menor ou igual a 0,5 mg/L porém neste trabalho adotou-se com anoxia a condição que demonstrou valores menores que 0,9 mg/L (laboratório) e para hipóxia foi considerado a condição que obteve valores ≥ 1 (rio).

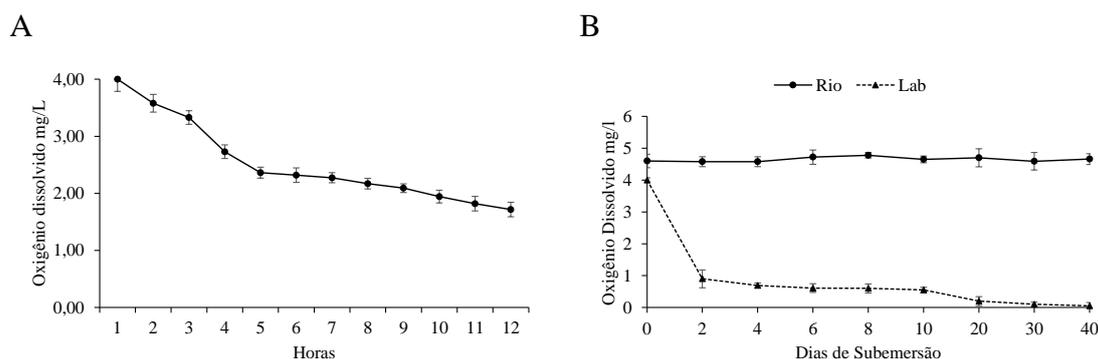


Figura 1. Concentração de oxigênio dissolvido durante as 12 primeiras horas nos béqueres (A) e concentração de oxigênio dissolvido ao final de cada período de submersão(B).

Ao final de cada período de submersão, as sementes foram retiradas de seu respectivo Bequer e embalagem de tecido voal e colocadas em papel Germitest® previamente umedecido conforme as Regras de Análises de Sementes (RAS) (Brasil, 2009), e posteriormente submetidas a incubação por 30 dias em câmara de germinação do tipo B.O.D. (Biochemical Oxygen Demand), com fotoperíodo de 12 horas e temperatura constante de 25°C.

Parâmetros avaliados

A cada dois dias a partir do início de cada teste de germinação, foi avaliado o número de sementes germinadas e ao final de 30 dias foi calculado a porcentagem de germinação (%G) sendo que foram consideradas germinadas as sementes que possuíam protrusão da raiz primária maior que 2 mm e os resultados expressos em porcentagem (%); o Índice de velocidade de germinação (IVG), calculado pelo somatório do número de sementes germinadas a cada dia, dividido pelo número de dias decorridos entre a semeadura e a germinação de sementes de acordo com a fórmula de Maguire (1962): $IVG = (G1/N1) + (G2/N2) + (G3/N3) + \dots + (En/Nn)$, onde: IVG = índice de velocidade de germinação, G1, G2, G3,..., En = número de sementes germinadas computados na primeira, segunda, terceira e última contagem; N1, N2, N3,..., Nn = número de dias da semeadura à primeira, segunda, terceira e última contagem; e o Tempo médio de germinação (TMG), calculado conforme Silva e Nakagawa (1995), com base no número de sementes germinadas em cada avaliação multiplicado pelo respectivo tempo, dividido o resultado pelo número total de sementes germinadas ao final do teste;

Para avaliar os efeitos da submersão no crescimento inicial das plântulas, após o encerramento de cada teste de germinação, foram retiradas 10 plântulas de cada repetição e de cada período de submersão para serem mensurados o diâmetro do coleto (DC/mm), comprimento de raiz (CR/cm) e comprimento de parte aérea (CPA/cm), todos com auxílio de um paquímetro digital de 150 mm (Starret®). Também foi realizado a contagem do número de folhas das plântulas.

Com auxílio de uma balança digital analítica (Bel Engineering®) foi aferida a massa fresca do sistema subterrâneo (cotilédone + raiz - (MFSS/g) e massa fresca da parte aérea (MFPA/g). Após a secagem das plântulas em estufa de circulação forçada de ar a 80°C, até o peso constante, foram determinadas as massas secas do sistema subterrâneo (MSSS/g) e da parte aérea (MSPA/g).

Delineamento experimental e análise estatística

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial com 9 períodos de submersão (0, 2, 4, 6, 8, 10, 20, 30 e 40 dias) x 2 ambientes (anóxico e hipóxico) com 4 repetições de 50 sementes para as variáveis de germinação e de 10 plântulas para as avaliações de crescimento e acúmulo de biomassa. Os dados foram submetidos a análise de variância (Anova) a 5% de probabilidade e havendo efeito significativo as médias foram submetidas ao teste *t* para o fator ambiente e

ajustadas por equações de regressão ($R^2 \geq 0,50$) para o fator períodos de submersão e sua interação com os ambientes.

Resultados

Para a variável germinação foi observada interação entre períodos de submersão e ambiente (ANEXO F - Tabela 1), sendo que para a submersão em condição de hipoxia (campo) apresentaram a curva com comportamento quadrático indicando que os valores máximos de germinação e de IVG foram aos 14 (100%) e 16 (28) dias de submersão (Figura 2A e 2B), entretanto, para o TMG foram observados valores mínimos aos 19 (0,6 dias) dias (Figura 2C).

Na condição de anoxia (laboratório), a velocidade de germinação reduziu linearmente ao longo dos dias de submersão (Figura 2B). Para a %G e TMG foram observadas respostas quadráticas, sendo que a %G reduziu gradativamente com o aumento dos dias de submersão (Figura 2A e 2B) e para o TMG o ponto de mínima foi aos 22 dias de submersão (Figura 2C).

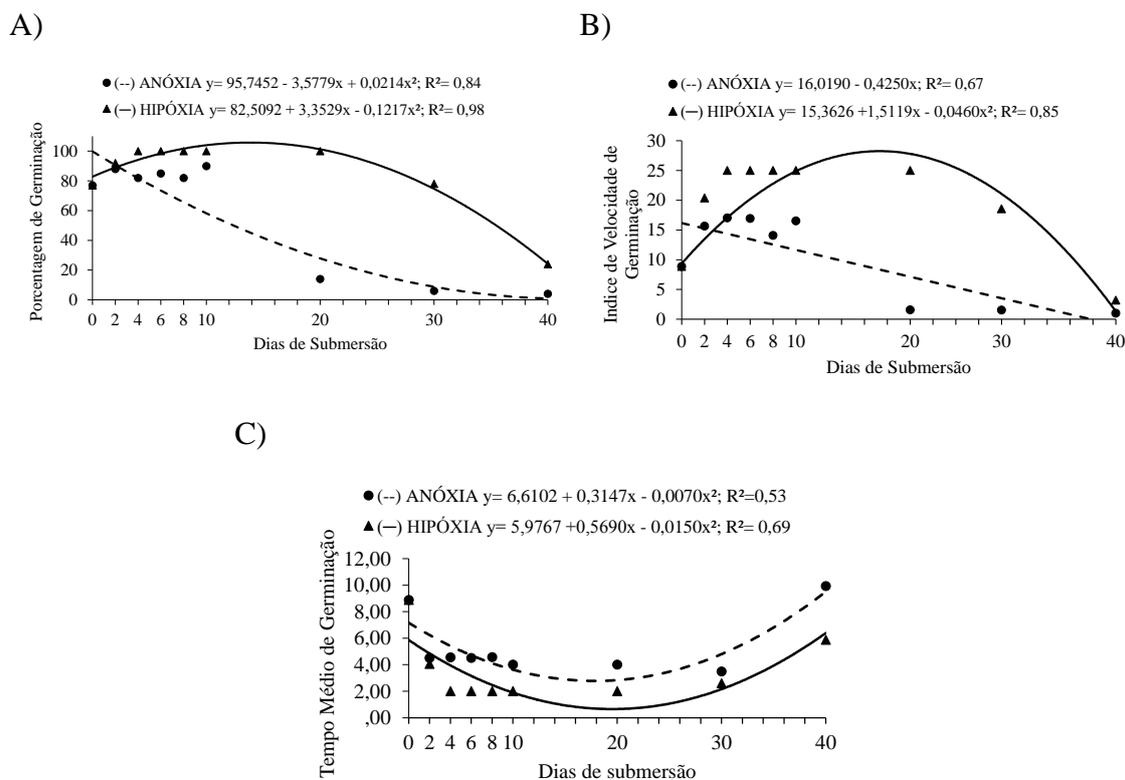


Figura 2. Porcentagem de germinação (%) (A), índice de velocidade de germinação (IVG) (B) e tempo médio de germinação (TMG) (C) de sementes de *Inga vera* submetidas a diferentes períodos de submersão.

O desenvolvimento de folhas nas plântulas não foi verificado em nenhum dos tratamentos avaliados. Para as variáveis de crescimento das plântulas (CR, CPA, DC) houve interação entre os períodos de submersão e ambiente (ANEXO F – Tabela 1), sendo que para a hipoxia os maiores valores foram observados aos 24 (20cm), 20 (7cm) e 20 (2,3cm) dias, respectivamente (Figura 3A, 3B, 3C). Sendo que para hipoxia as variáveis seguem o mesmo padrão da germinação, ou seja, crescem até atingirem o ponto de máxima por volta dos 20 dias e a partir daí o crescimento começa a ser afetado pela submersão, pois as plântulas apresentam um crescimento vertical (CR e CPA) e horizontal (DC) menor.

Para a condição de anoxia, o maior crescimento da raiz foi observado aos 20 dias (15cm) (Figura 3B). Em relação ao diâmetro do coleto, e comprimento da parte aérea os valores decresceram conforme o aumento dos períodos de submersão na condição de anoxia (Figura 3A e 3C).

A massa fresca da parte aérea apresentou significância apenas para o fator ambiente de submersão (ANEXO F- TABELA 1), sendo que a condição de hipoxia proporcionou maior acúmulo de biomassa (Figura 3D). Para o acúmulo de biomassa no sistema subterrâneo foi observada interação significativa entre os fatores, de modo que os menores valores ocorrem quando aumentam os dias de submersão (Figura 3E).

Na massa seca do sistema subterrâneo foi observada diferenças apenas nos fatores isolados, sendo os maiores acúmulos de matéria seca constatados aos 12 dias de submersão (0,065 g) (Figura 3F) e na condição de hipoxia (0,05g) (Figura 3G). Para massa seca da parte aérea não houve interação significativa entre os fatores e na forma isolada, apresentando média geral de 0,0189g.

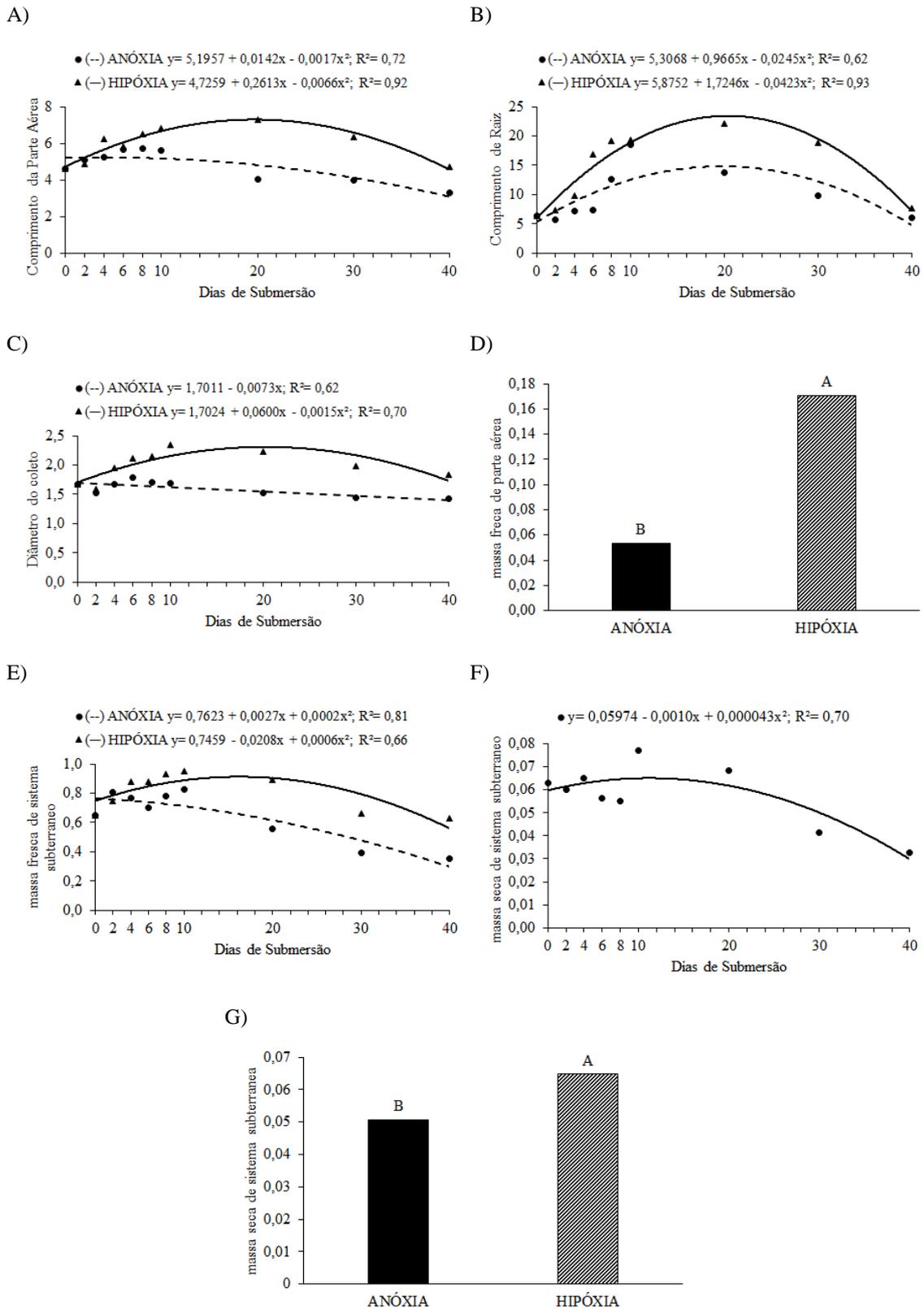


Figura 3. Comprimento da parte aérea (cm) (A), comprimento de raiz (cm) (B), diâmetro do coleto (mm) (C), massa fresca de parte aérea (g) (D), massa fresca de sistema subterrâneo (g) (E), e massa seca de sistema subterrâneo (g) (F e G) de plântulas de *Inga vera* provenientes de sementes submetidas a submersão e incubadas em BOD. foram verificados aos 18 dias (0,92 g) para a hipoxia e para anoxia os valores reduziram.

Discussão

As sementes de *I. vera* não germinaram durante o período de submersão, sendo essa característica comum para algumas espécies de áreas alagadas (Parolin, 2009; Lucas et al. 2012; Melo et al. 2015). De acordo com Middleton (2000) e Stella et al. (2006), algumas espécies nestas condições só iniciam o seu processo germinativo após a inundação, quando o solo fica menos saturado em água, como ocorreu com as sementes de *I. vera* por que as sementes de *I. vera* só germinaram após a retirada destas da água.

As condições de hipoxia e a anoxia induzidas pela inundação podem ser o principal fator para a ausência de germinação em sementes submersas (Ferreira e Ribeiro, 2001). A condição de hipoxia de até 20 dias de submersão, favoreceu a germinação, o crescimento e o acúmulo de biomassa das plântulas *I. vera*. De acordo com Lucas et al. (2012), independentemente do mecanismo pelo qual o alagamento suprime a germinação, algumas espécies tem seu poder germinativo aumentado quando retiradas da submersão. Entretanto, para outras espécies como o *Inga sessilis* (Vell.) Mart., o potencial germinativo pode ser parcialmente inibido (Okamoto e Joly, 2000).

As sementes que possuem germinação do tipo fanerocotiledonar epígea, possuem uma vantagem adaptativa, pois estas emergem mais rápido, ajudando na captura de luz e CO₂ em um período mais curto, garantindo assim o desenvolvimento da planta (Baraloto e Forget, 2007), isso é especialmente relevante para as áreas inundadas onde há um curto período de tempo para que as sementes germinem e se estabeleçam (Melo et al., 2015). Apesar das sementes de *I. vera* possuírem germinação criptocotiledonar hipógea, estas tem seu IVG aumentado e seu TMG diminuído, além de apresentarem um crescimento vertical maior quando submetidas a inundações em condição de hipoxia por períodos curtos, garantindo a mesma possibilidade a esta espécie de germinar e se estabelecer rapidamente no ambiente após este período de submersão.

As sementes em condições de anoxia apresentaram tendência de queda para %G, IVG e TMG, possivelmente por estar relacionado com a falta de oxigênio durante o período de submersão, pois a redução de oxigênio e o aumento de gás carbônico reduzem significativamente a germinação da maioria das espécies (Bonacin et al., 2006). Em sementes de *Inga sessilis* (Vell.) Mart., a ausência de oxigênio proporcionou a perda da viabilidade das sementes provavelmente pelo aumento do lactato (Okamoto e Joly, 2000).

As sementes de *I. vera* conseguiram tolerar longos períodos (40 dias) de submersão, entretanto apresentaram baixa germinação resultando na redução da

velocidade de germinação (6 dias para hipoxia e 10 dias para anoxia). Esse comportamento pode favorecer a espécie em condições naturais, visto que mesmo em número reduzido, há sementes que permanecem viáveis por um determinado período, possibilitando, o estabelecimento das plântulas desta espécie quando o ambiente esteja menos saturado em água e adequado para o estabelecimento da espécie. Afinal, os períodos de alternância entre cheia e seca em áreas úmidas sazonalmente inundados são os principais fatores determinantes para recrutamento de plântulas (Lopez, 2001).

Melo et al. (2015) estudando o comportamento de oito espécies arbóreas típicas das Várzeas Amazônicas, observaram que as sementes de *Eugenia inundata* DC., *Pseudobombax munguba* (Mart.) Dugand e *Simaba guianensis* Aubl. atrasaram a germinação quando submersas em água. Segundo os autores, isso poderia estar relacionado aos polissacarídeos de reserva na parede celular (PRPCs), que controlam a embebição das sementes e a mobilização de reserva para o embrião após a germinação, desempenhando um papel importante no fornecimento carbono e energia para o crescimento das plântulas. Durante as fases críticas da formação da plântula, a importância das reservas acumuladas pela semente tornam-se mais claras, por exemplo os PRPC podem exercer a função de controlar a embebição e protrusão da raiz (Buckeridge et al., 2000;. Buckeridge et al., 2010).

Para as sementes de *I. vera* pode ter ocorrido o mesmo processo sendo este um mecanismo de adaptação a condição adversa, pois só iniciaram o processo germinativo após serem retiradas da água.

As características de germinação, crescimento e acúmulo de biomassa expressaram aumento significativo para periodos curtos de submersão em hipoxia. Esta estratégia colabora para que as plantas se estabeleçam no ambiente o mais rápido possível, aproveitando as condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento (Rodrigues et al., 2007).

Conclusão

As sementes de *Inga vera* toleram períodos de até 10 dias de submersão em anoxia, e de aproximadamente 20 dias para hipoxia, sendo que na condição de hipoxia de curto prazo as sementes expressam todo seu potencial genético (valores muito acima do controle) e para anoxia de curto prazo apesar de as sementes tolerarem esta condição algumas características estudadas tendem a reduzir conforme aumentam os dias de

submersão, mas os valores observados ainda são expressivos (a germinação ainda chega a 90%).

Para os períodos longos de anoxia (20,30 e 40 dias) e hipoxia (30 e 40 dias) a submersão afeta negativamente a germinação e o crescimento das plântulas de *I. vera*.

Referências

Ayres, J. M. As matas de várzea do Mamirauá. Belém: Sociedade Civil Mamirauá, 2006. 123 p.

Baraloto, C., Forget, P.M. 2007. Seed size, seedling morphology, and response to deep shade and damage in neotropical rain forest trees. *American Journal of Botany*. 94, 901-911.

Bonacin, G.A., Rodrigues, T.J.D., Fernandes, A.C., Rodrigues, L.R.A. 2006. Germinação de sementes de alfafa submetidas a períodos de imersão em água. *Científica*, 34, 150-154.

Brasil. 2009. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. Regras para análise de sementes. Brasília: SNDA/DNPV/CLAV, 185 p.

Buckeridge M.S., Lima D.U., Dietrich S.M.C. 2000. Galactomannans as the reserve carbohydrate in legume seeds. In: Gupta AK, Kaur N, eds. *Synthesis and regulation of a range of carbohydrate reserves in plants of commercial value*. London: Elsevier, 283-315.

Buckeridge M.S. 2010. Seed cell wall storage polysaccharides: models to understand cell wall biosynthesis and degradation. *Plant Physiology*. 154, 1017-1023.

Carvalho, P. E. R. 2008. *Espécies Arbóreas Brasileiras*. Brasília - DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo, PR: Embrapa Florestas. p. 297-303.

Ferreira, J. N.; Ribeiro, J. F. 2001. Ecologia da inundação em Matas de Galeria. In: Ribeiro, J. F.; Fonseca, C. E. L.; Sousa-Silva, J. C (Eds), *Cerrado - Caracterização e recuperação de Matas de Galeria*, vol. 1, Planaltina: Embrapa Cerrados. p. 425-451.

- Kissmann, C.; Habermann, G. Seed germination performances of *Styrax* species help understand their distribution in Cerrado areas in Brazil. *Bragantia* 72,199-207. 2013.
- Lobo, P. C., Joly, C. A. 2000. Aspectos ecofisiológicos da vegetação de mata ciliar do sudeste do Brasil. Pp. 143-157. In R. R. Rodrigues & H. F. Leitão-Filho (eds.). *Florestas ciliares: conservação e recuperação*. Edusp/Fapesp, São Paulo.
- Lopez, O.R., 2001. Seed flotation and post flooding germination in tropical terra firme and seasonally flooded forest species. *Functional Ecology* 15, 763–771
- Lucas, C.M., Mekdec, F., Nascimento, C. M.N., Holanda, A. S. S., Braga, J., Dias, S., Sousa, S., Rosa, P. S., Suemitsu, C. 2012. Effects of short-term and prolonged saturation on seed germination of Amazonian floodplain forest species. *Aquatic Botany* 99, 49-55.
- Maguire, J.D. 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Sci* 2,176-177.
- Medri, M. E., Bianchini, E., Pimenta, J. A., Colli, S., Müller, C. Estudos sobre a tolerância ao alagamento em espécies arbóreas nativas da bacia do Rio Tibagi. In: Medri, M. E.; Bianchini, E.; Shibatta, O. A.; Pimenta, J. A. (Eds.). *A bacia do Rio Tibagi*. Edição dos editores, Londrina, 2002, p.133-172.
- Melo R.B., Franco AC, Silva C.O., Piedade M.T.F., Ferreira C.S. 2015. Seed germination and seedling development in response to submergence in tree species of the Central Amazonian floodplains. *AoB PLANTS*. 7, 1-12.
- Middleton, B. 2000. Hydrochory, seed banks, and regeneration dynamics along the landscape boundaries of a forested wetland. *Plant Ecology* 146, 169-184.
- Okamoto, J.M., Joly, C.A. 2000. Ecophysiology and respiratory metabolism during the germination of *Inga sessilis* (Vell.) Mart. seeds subjected to hipoxia and anoxia. *Revista Brasileira de Botânica* 23, 51-57.

Parolin, P. 2009. Submerged in darkness: adaptations to prolonged submergence by woody species of the Amazonian floodplains. *Annals of Botany* 103, 359-376.

Rodrigues, E. R., Cullen Jr, L., Beltrame, T. P., Moscolliato, A. V., Silva, I. C. Avaliação econômica de sistemas agroflorestais implantados para a recuperação de Reserva Legal no Pontal do Paranapanema, São Paulo. *Revista Árvore* 31, 941-948, 2007.

Silva, A.C., Higuchi, P., Van Den Berg, P., Nunes, M.H., Carvalho, D.A. 2012. Florestas Inundáveis: ecologia, florística e adaptações das espécies. Lavras – MG. Editora UFLA. 170p.

Silva, J.B.C., Nakagawa, J. 1995. Estudos de fórmulas para cálculo de germinação. *Informativo ABRATES* 5, 62-73

Stella, J.C., Battles, J.J., Orr, B.K., McBride, J.R., 2006. Synchrony of seed dispersal, hydrology and local climate in a semi-arid river reach in California. *Ecosystems* 9, 1200-1214.

Stroo, H., Ward, C.H. *In Situ Remediation of Chlorinated Solvent Plumes*. New York, Springer. 2010.

Capítulo II

***Inga vera* willd. (Fabaceae) submetido a diferentes condições de luz:
Emergência, crescimento, trocas gasosas e anatomia foliar**

***Inga vera* willd. (Fabaceae) submetido a diferentes condições de luz:
Emergência, crescimento, trocas gasosas e anatomia foliar**

Resumo

Devido a degradação ambiental a demanda por métodos de restauração ambiental aumentou muito, conseqüentemente o comércio de mudas nativas também. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a emergência e o desenvolvimento inicial de *Inga vera* Willd. em diferentes condições de sombreamento (70%, 30% e 0% de sombra - pleno sol). Para tanto foi efetuado semeadura em vasos de 10 litros e distribuídos em 3 condições de luz: 70%, 30% e 0% de sombra - pleno sol, para caracterizar a emergência e o desenvolvimento inicial em diferentes épocas de avaliação (30, 60, 90 e 120 dias de idade). *Inga vera* tolerou as condições estudadas, atingindo 100% de emergência nas diferentes disponibilidades de luz. A pleno sol houve redução do IVG, mas proporcionou mudas de maior qualidade, com maior investimento em comprimento de raiz e diâmetro de coleto em detrimento da parte aérea, mantendo clorofilas na mesma proporção em função da época de avaliação e, apesar de apresenta mecanismo para evitar a perda de água, a condutância estomática reduzida a pleno sol e 30%, as mudas apresentam taxa fotossintética e eficiência de carboxilação satisfatórias em todas as condições de luz. Observou-se maior espessura da região internervural e da nervura central a pleno sol, o que confere proteção para o aparelho fotossintético, visto que quedas na eficiência quântica do PSII não foram observadas. Assim conclui-se que esta espécie apresenta grande plasticidade fenotípica, ajustando sua fisiologia, morfologia e anatomia para as diferentes condições estudadas, de forma à manter as características avaliadas com valores próximos.

Palavras-chave: Irradiância, Plasticidade, Sombreamento

Introdução

Devido à degradação sem precedentes dos diferentes ecossistemas, a demanda pela recuperação e restauração ecológica dos ambientes vem crescendo nos últimos anos (Pacheco et al. 2013), sendo que o plantio de mudas de espécies nativas é o método mais utilizado (Bruel et al. 2010).

Desta forma, o comércio de mudas nativas vem crescendo, porém o sucesso na produção destas depende do conhecimento prévio de suas características de desenvolvimento (Cunha et al. 2005). Entretanto, procedimentos e recomendações técnicas para a produção de mudas de qualidade são escassos, restringindo-se aquelas que detêm maior interesse econômico (Dutra et al. 2012).

As espécies pertencentes à família das Fabaceae possuem inúmeras vantagens, sendo muito importantes no manejo de áreas degradadas, no sombreamento e conforto térmico para os animais e culturas vegetais, quando inseridas em sistemas agropecuários, na proteção do solo contra a erosão e a lixiviação, na redução da necessidade de aplicação de fertilizantes nitrogenados ao solo devido à fixação biológica de nitrogênio, na alimentação, dentre outros benefícios (Mourão et al. 2014).

Para dispor desses benefícios, é fundamental o conhecimento ecofisiológico da fase inicial dessas espécies visando a produção de mudas de qualidade (Souza et al. 2013), em escala comercial, visando a recuperação de áreas degradadas (Nietsche et al. 2004).

Considerando que *I. vera* Willd é uma espécie, pioneira, colonizadora de áreas abertas, nossa hipótese é que a espécie irá expressar os melhores resultados em condição de maior intensidade de luz, tanto durante a emergência, quanto no desenvolvimento inicial, dispensando o uso de telas de sombreamento para produção de suas mudas. Assim, objetivou-se avaliar o efeito de diferentes níveis de sombreamento na emergência e desenvolvimento inicial de mudas desta espécie.

Materiais e métodos

O clima da região onde foram coletados os frutos de *I. vera* é mesodérmico úmido do tipo Cwa, com temperatura e precipitações médias anuais variando de 20 a 24°C e de 1250mm a 1500 mm, respectivamente (Classificação de Köppen).

Os frutos foram coletados de matrizes localizadas em Florestas ciliares do Cerrado, quando atingiram estágio final de maturação e/ou quando ocorreu a queda

espontânea (Carvalho, 2008). Em seguida estes frutos foram abertos manualmente para retirada da semente e separação do arilo mucilaginoso.

Dos frutos coletados foram extraídas 200 sementes que foram misturadas para criar um conjunto único para obter-se uma amostra composta. Destas, 180 sementes foram semeadas em vasos plásticos de 10 litros utilizando-se, na profundidade de 1 cm, com substrato terra de barranco peneirado (Latosolo vermelho distroferrico) e areia na proporção de 1:1. Após a semeadura os vasos foram separados em 3 condições de luz, Sombrite® de 70% Sombrite® de 30% e a Pleno sol (0% de sombra).

Todos os tratamentos foram irrigados diariamente, mantendo-se 70% da capacidade de retenção de água do solo (Souza, 2000).

Durante 30 dias houve a contagem da emergência para que ao fim deste período fossem calculados:

-*Porcentagem de emergência (%E)*, utilizando-se como critério a emissão do hipocótilo (maior de 2 mm) e os resultados expressos em porcentagem (%);

-*Índice de velocidade de emergência (IVE)*, calculado pelo somatório do número de hipocótilos emergidos a cada dia, dividido pelo número de dias decorridos entre a semeadura e a emergência dos hipocótilos de acordo com a fórmula de Maguire (1962): $IVE = (E1/N1) + (E2/N2) + (E3/N3) + \dots + (En/Nn)$, onde: IVE = índice de velocidade de emergência, E1, E2, E3,..., En = número de hipocótilos computados na primeira, segunda, terceira e última contagem; N1, N2, N3,..., Nn = número de dias da semeadura à primeira, segunda, terceira e última contagem;

-*Tempo médio de emergência (TME)*, calculado conforme Silva e Nakagawa (1995), com base no número de hipocótilos emergidos em cada avaliação multiplicado pelo respectivo tempo, dividido o resultado pelo número total de hipocótilos emergidos ao final do teste;

Posteriormente, as mudas foram avaliadas aos 30, 60, 90 e 120 dias de idade sendo determinados:

- *Taxa de sobrevivência (TS)*, obtida pelo número de mudas sobreviventes ao final da avaliação e os resultados expressos em porcentagem (%).

- *Número de folhas (NF)*, sendo contabilizadas aquelas que apresentavam o limbo totalmente expandido;

- *Área foliar (AF)*, medida com o auxílio do aparelho LI-COR modelo LI-3100C;

- *Diâmetro do coleto (DC)*, com auxílio de paquímetro digital de precisão (0,001 mm);

- *Comprimento da parte aérea (CPA) e raiz (CR)*, com o auxílio de uma régua graduada em milímetros e resultados expressos em centímetros (cm);

- *Massa fresca de parte aérea (MFPA), raiz (MFR), total (MFT) e de sistema subterrâneo (MFSS)*, com auxílio de uma em balança digital analítica de precisão (0,0001g) (Bel Engineering®) e os resultados expressos em gramas (g);
- *Massa seca de parte aérea (MSPA), raiz (MSR), total (MST) e de sistema subterrâneo (MSS)*, secas em estufa de circulação forçada a 100°C por 48 h; até obter-se a massa seca constante, medida em balança analítica de precisão (0,0001g) (Bel Engineering®) e os resultados expressos em gramas (g);
- *Número de nódulos*: foram contabilizados, considerando aqueles maiores que 2 mm;
- *Relação altura/diâmetro (RAD)*: Calculado a partir da divisão dos dados de altura (CPA) por diâmetro (DC).
- *Relação raiz/parte aérea (R/PA)*: Calculado a partir da divisão dos dados de comprimento de raiz (CR) pelo comprimento da parte aérea (CPA).
- *Relação massa seca da parte aérea/massa seca de raiz (MSPA/MSR)*: Calculado a partir da divisão dos dados de massa seca de parte aérea (MSPA) pela massa seca da raiz (MSR).
- *Índice de qualidade de Dickson (IQD)*: obtido pela expressão matemática: $IQD = \frac{\text{massa seca total}}{\text{razão altura/diâmetro} + \text{razão massa seca da parte aérea/massa seca da raiz}}$ (Dickson et al., 1960).
- *Índice de clorofila*: utilizando-se um medidor de clorofila do tipo SPAD (Konica Minolta, SPAD 502);
- *Trocas gasosas*, foram medidas com o auxílio de um analisador de gases no infravermelho (IRGA), marca ADC, modelo LCpro-SD (Analytical Development Co. Ltda, Hoddesdon, UK) que determina: *taxa fotossintética* ($A \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), *transpiração foliar* ($E \text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), *condutância estomática* ($g_s \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), *concentração interna de CO₂* ($C_i \mu\text{mol mol}^{-1}$) e *temperatura foliar* (TF °C) e permite calcular as seguintes relações: *eficiência instantânea do uso da água* ($EUA = A/E \mu\text{mol CO}_2 / \text{mmol}^{-1} \text{H}_2\text{O}$), *eficiência intrínseca do uso de água* ($EIUA = A/g_s \mu\text{mol CO}_2 / \text{mmol}^{-1} \text{H}_2\text{O}$) e *eficiência de carboxilação da Rubisco* ($A/C_i \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} / \mu\text{mol mol}^{-1}$) (Zhang et al., 2001). As avaliações ocorreram no período matutino, entre 8 e 11h, sendo considerados apenas os dados medidos sob fluxo fotossintético de fótons (FFF) maior que $700 \text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.
- *Fluorescência da clorofila a*, obtida utilizando um fluorômetro portátil modelo OS-30p (Opti-Sciences Chlorophyll Fluorometer, Hudson, USA) que mensura a *fluorescência inicial* (F_0), *fluorescência máxima* (F_m) e a *eficiência quântica potencial do fotossistema II* (F_v/F_m) e permite calcular: *fluorescência variável* ($F_v = F_m - F_0$) e *eficiência do*

fotossistema efetiva da conversão de energia absorvida (F_v/F_0). As avaliações ocorreram entre 8 e 11h da manhã, na qual as folhas foram submetidas a um período de 30 minutos de escuro com o auxílio de cliques adaptadores, para que todos os centros de reação nessa região foliar adquirissem a condição de oxidação completa do sistema fotossintético de transporte de elétrons.

- *Anatomia foliar*, foi baseada em secções transversais da região mediana de folíolos totalmente expandidas, fixadas em solução de F.A.A. (1:1:1 - formaldeído, ácido acético, etanol a 70%) (Johansen, 1940) e após 72 horas da fixação foram conservadas em etanol 70° GL (Jensen, 1962). Os cortes foram feitos a mão livre com lâmina de aço. As secções foram clarificadas em hipoclorito de sódio 2%, neutralizadas em água acética 1% e lavadas com água destilada por 3 vezes, as mesmas foram coradas com safrablau e montadas em lâminas histológicas com água glicerinada. Estas foram fotografadas e medidas no aumento de 10 vezes com auxílio de câmera digital Moticam 2000 acoplada ao microscópio óptico. Foram então determinados a espessura dos seguintes tecidos/estruturas foliares: *cutícula adaxial* (CA_d µm) e *abaxial* (CA_b µm), *epiderme adaxial* (EA_d µm) e *abaxial* (EA_b µm), *parênquima paliçádico* (PP µm) e *lacunoso* (PL µm), *nervura central* (NC µm), *feixe vascular* (FV µm), *região internervural* (RI µm), dos folíolos.

Delineamento estatístico e análise dos dados

Para emergência, o delineamento foi inteiramente casualizado (DIC) com 3 condições de luz (100%, 70% e 30%), e 3 repetições de 20 sementes, totalizando 180 sementes.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) a 5% de probabilidade e, havendo efeito significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Para o crescimento, trocas gasosas e anatomia foi utilizado DIC com esquema fatorial de 3 níveis de sombreamento (0% - pleno sol, 30% e 70%) x 4 épocas de avaliação (30, 60, 90 e 120 dias de idade) com 4 repetições de 3 plantas em cada tratamento. Estes dados foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade e, havendo efeito significativo, as médias foram submetidas ao teste de Tukey para o fator condições de luz e ajustadas por equações de regressão ($R^2 \geq 0,60$) para o fator épocas de avaliação e sua interação com as condições de luz

Resultados

Os diferentes níveis de sombreamento não influenciaram na porcentagem de emergência (100%) (Figura 1a) de plântulas de *I. vera*, porém, sob sombreamento os valores de IVE foram maiores e, conseqüentemente, os TME foram menores (Figura 1b, 1c), mostrando que a pleno sol as sementes desta espécie demoram mais para emergir.

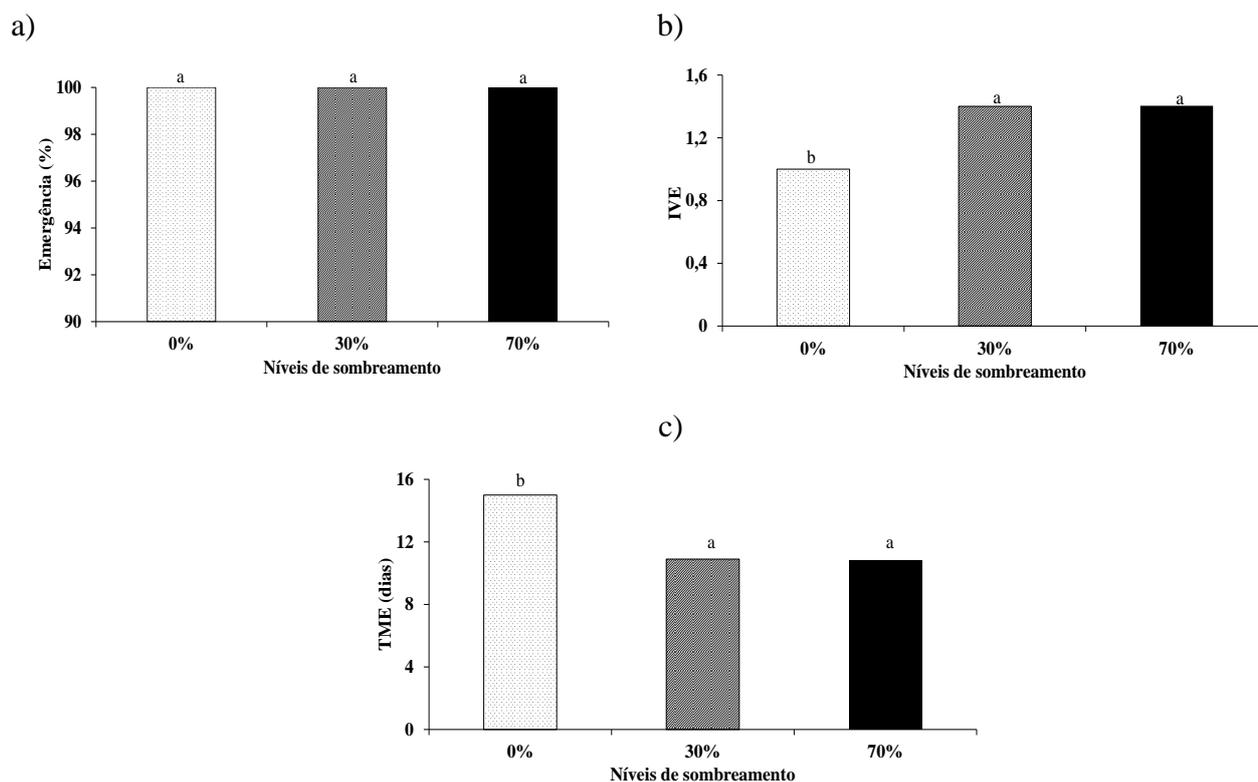


Figura 1. Porcentagem de emergência (a); Índice de Velocidade de emergência (b); Tempo Médio de emergência (c) de *I. vera* em diferentes níveis de luz. Letras iguais não diferem pelo de Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Todas as plantas de *I. vera* sobreviveram (100%) até o final do experimento, independente dos níveis de sombreamento, sendo CPA, CR, DC, AF, R/PA, MFSS, MSPA foram influenciadas pela interação entre os níveis de sombreamento e a época de avaliação, enquanto para NF, NN, RAD, IQD, (Anexo G - Tabela 1) MSSS, MFPA, MFT e MSPA/MSR (Anexo G - Tabela 2) para fatores isolados foram significativos.

As mudas apresentaram aumento para CPA, CR e DC em todos os tratamentos (Figura 2a, 2b, 2c), e os maiores valores de CR e DC foram observados a pleno sol em todas as épocas de avaliação (Figura 2b, 2c), enquanto que o CPA que foi maior em mudas submetidas a maior nível de sombreamento (70%) (Figura 2a).

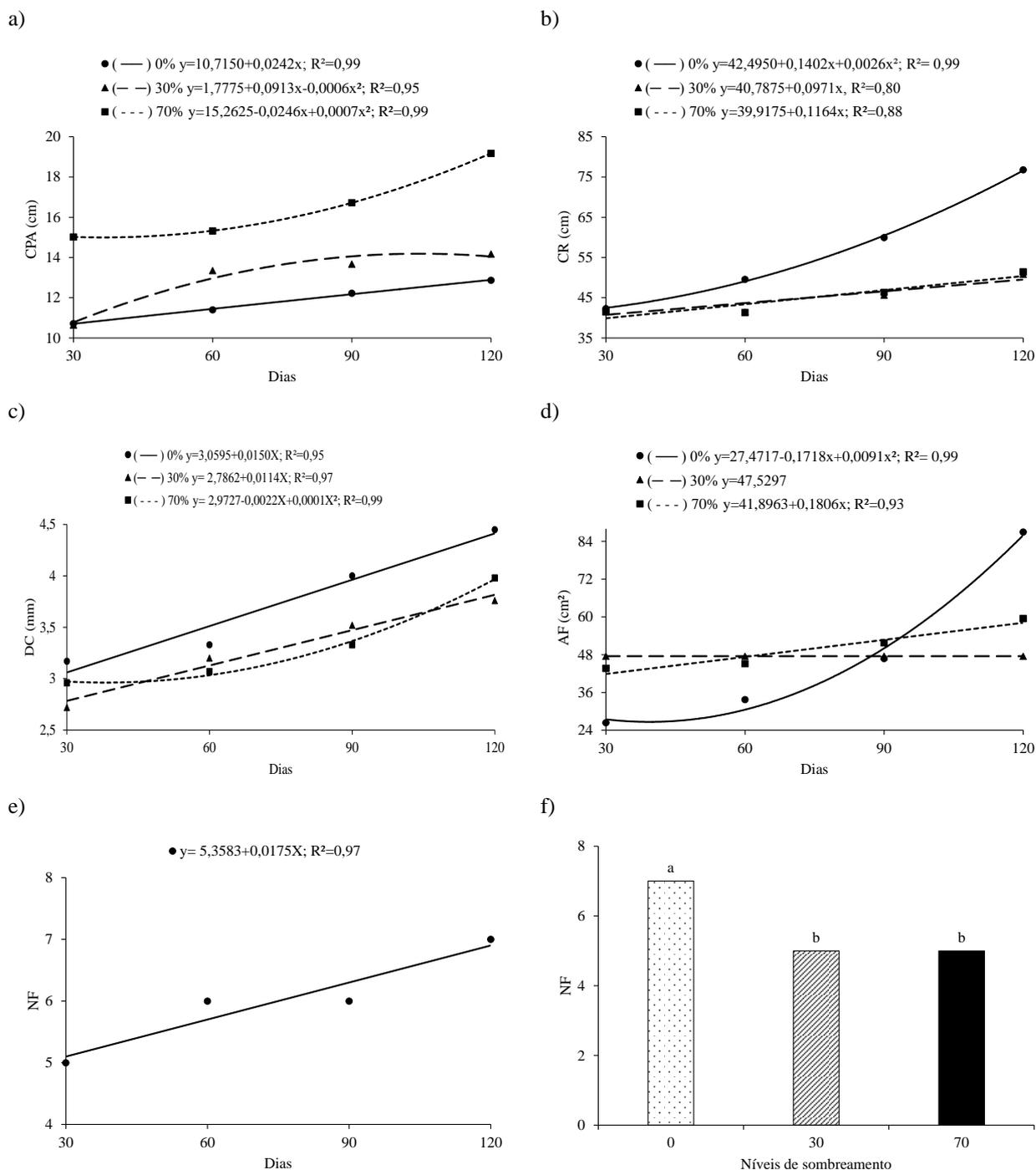


Figura 2. Comprimento da parte aérea (a), comprimento de raiz (b), diâmetro do coleto (c), área foliar (d) e número de folhas (e, f) de mudas de *I. vera* submetidas a diferentes níveis de sombreamento por diferentes épocas de avaliação (dias de idade). Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Para AF até os 90 dias de avaliação os maiores valores foram encontrados na condições de sombreamento, entretanto aos 120 dias a maior AF foi registrada para as plantas que estavam a pleno sol (Figura 2d). O NF apresentou aumento linear (Figura 2e) com maior número a pleno sol (Figura 2f).

As mudas mantidas na condição de 70 % de sombra, independente da época de avaliação apresentaram maior NN (Figura 3a) e RAD seguida pelas mudas em condição de 30% de sombra (Figura 3b). A relação R/PA aumentou progressivamente ao longo dos dias para mudas a pleno sol e se manteve estável para as mudas sob 70% de sombra (Figura 3c).

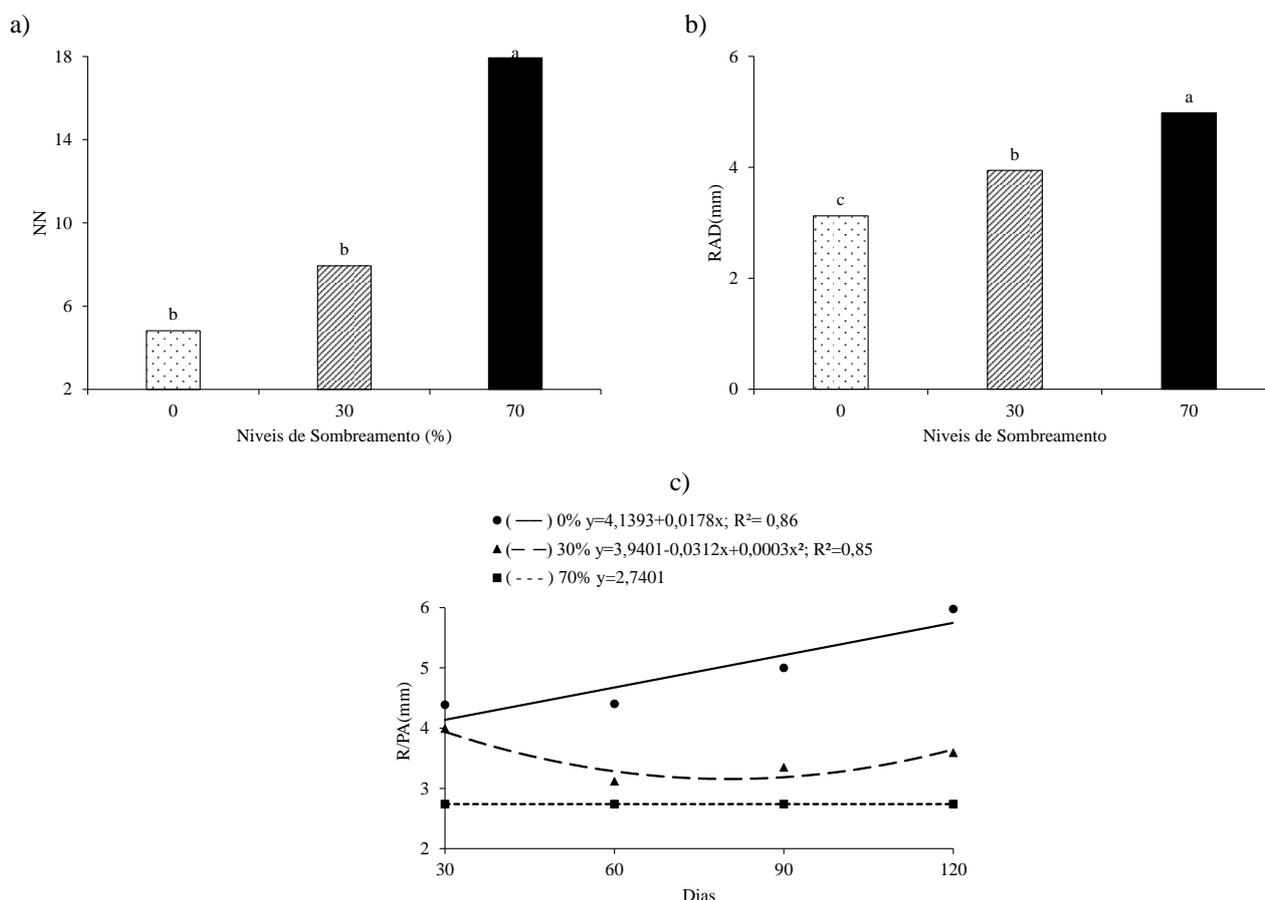


Figura 3. Número de nódulos (a), razão altura diâmetro (b) e razão raiz/parte aérea (c) de mudas de *I. vera* submetidas a diferentes níveis de sombreamento por diferentes épocas de avaliação (dias de idade). Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Os níveis de sombreamento não influenciaram MFPA, MSSS, MST e IQD que aumentaram ao longo dos 120 dias (Figura 4). As MFSS e MSPA aumentaram linearmente em função da interação entre os níveis de sombreamento e época de avaliação, sendo que MFSS foi maior para mudas a pleno sol (Figura 5a) e MSPA levemente maior para mudas sob 30% de sombra (Figura 5b). A MFT e a razão MSPA/MSR aumentaram em relação a época de avaliação (Figura 5c, 5d), sendo que a MFT foi maior a pleno sol e MSPA/MSR para plantas a 70% de sombra (Figura 5e, 5f).

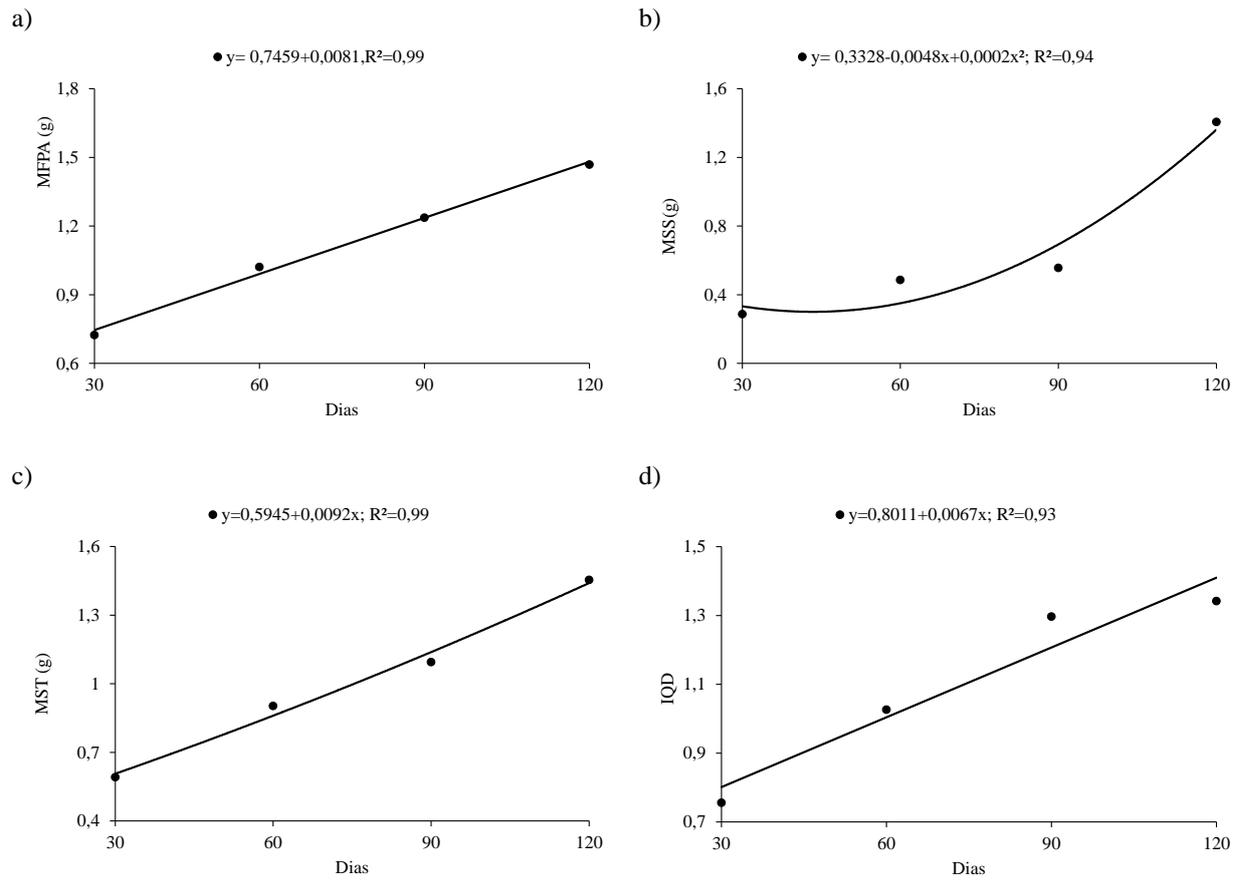


Figura 4. Massa fresca de parte aérea (a), massa seca de sistema subterrâneo (b), massa seca total (c) e índice de qualidade de Dickson (d) de mudas de *I. vera* por diferentes épocas de avaliação (dias de idade).

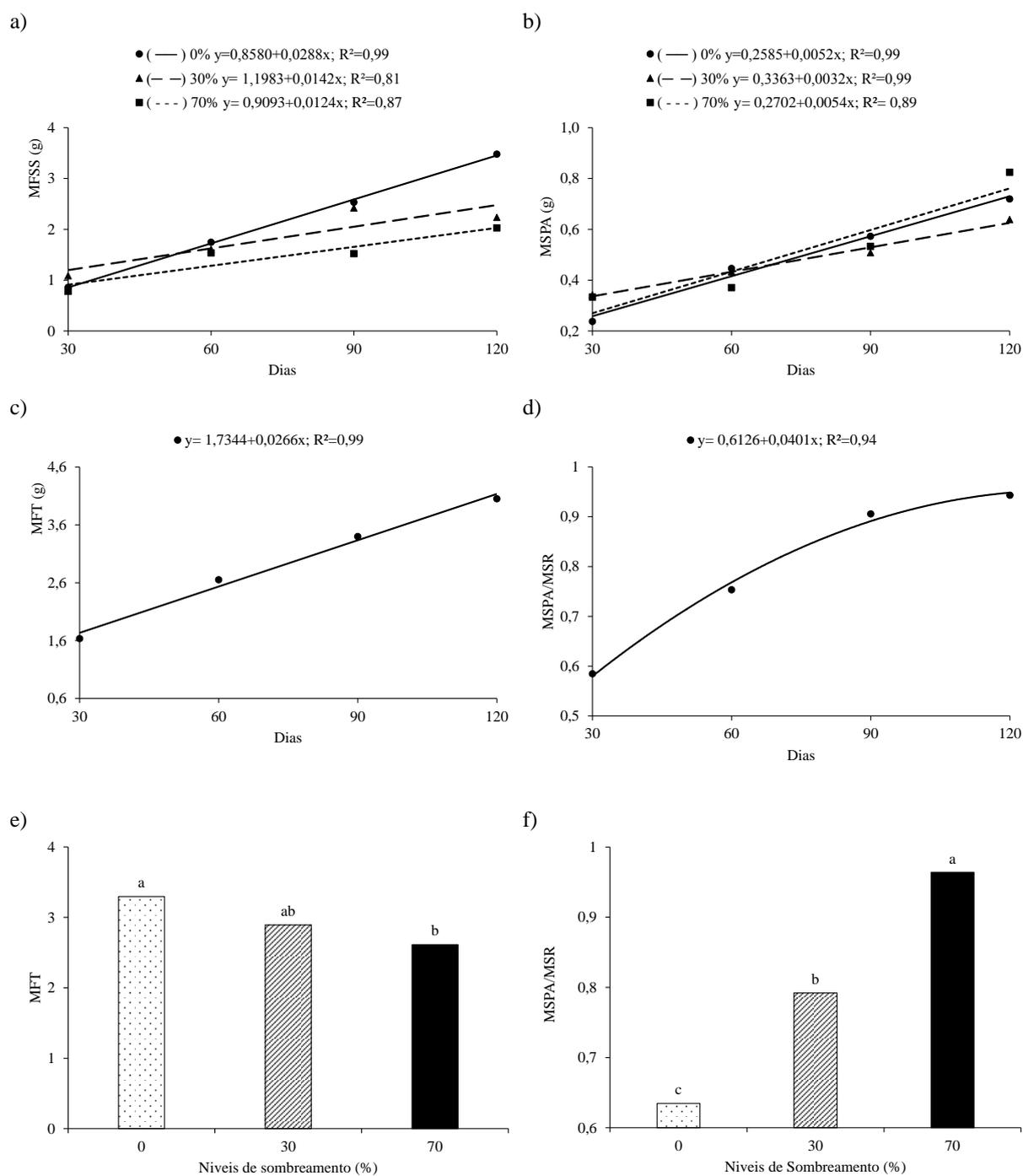


Figura 5. Massa fresca de sistema subterrâneo (a), massa seca de parte aérea (b), massa fresca total (c, e) e razão massa seca da parte aérea/massa seca de raiz (d, f) de mudas de *I. vera* submetidas a diferentes níveis de sombreamento (0, 30 e 70%) por diferentes épocas de avaliação (dias de idade). Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

As mudas a pleno sol mantiveram o nível de clorofila estável durante o experimento. Por outro lado mudas sombreadas tiveram um aumento deste valor, sendo que a partir dos 90 dias as mudas da condição de 70% de sombra apresentaram os maiores valores até os 120 dias (Figura 6).

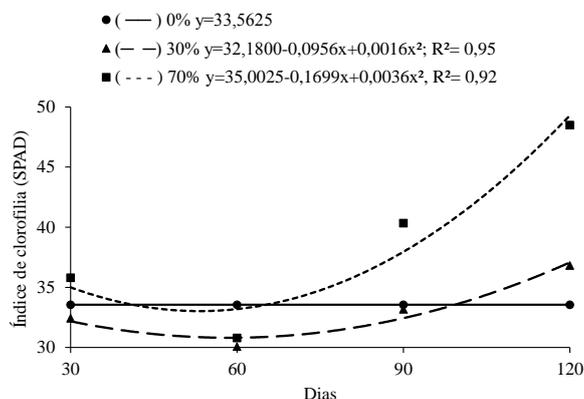


Figura 6. Índice de clorofila (SPAD) de mudas de *I. vera* submetidas a diferentes níveis de sombreamento (0, 30 e 70%) por diferentes épocas de avaliação (dias de idade).

As variáveis da fluorescência da clorofila *a* em mudas de *I. vera* foram influenciadas pela interação entre os níveis de sombreamento e os tempos de avaliação (ANEXO G - Tabela 4) exceto para F0 que foi maior para mudas a 70 % de sombreamento (figura 7a) e reduziu em função da época de avaliação (figura 7b).

Observou-se um aumento linear para Fv/Fm em todas as condições luminosas, sendo que as mudas mantidas a 70% de sombra apresentam maior eficiência, assim como observado na relação Fv/Fo (figura 7e, 7f). A Fv foi estável durante todo o experimento para mudas sob 30% de sombra e aumentou aos 120 dias para mudas a pleno sol (Figura 7c) e a Fm manteve-se durante o experimento em condições sombreadas (30 e 70% de sombra) e aumentou aos 120 dias para mudas a pleno sol (Figura 7d).

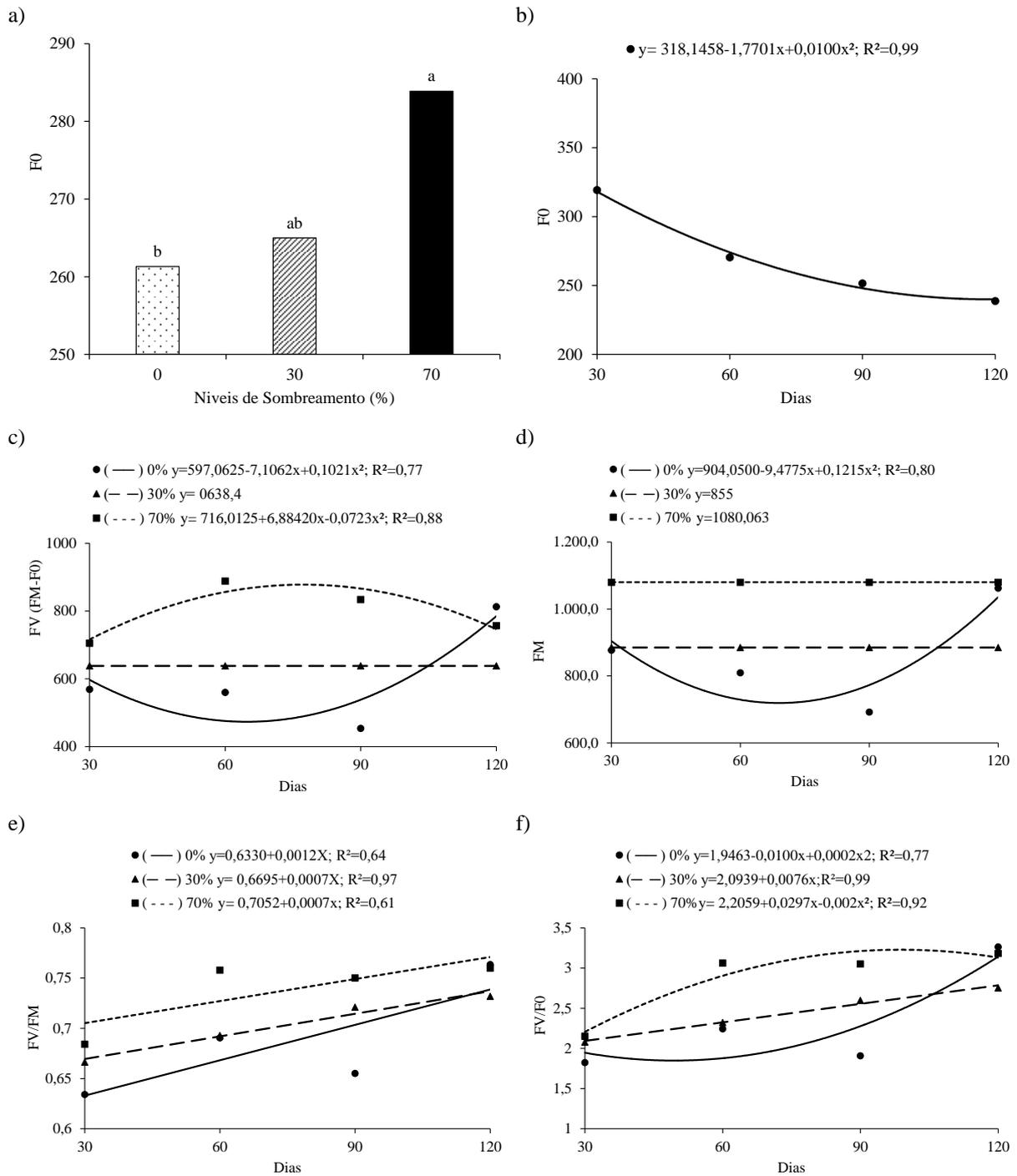


Figura 7. Fluorescência inicial (a, b); fluorescência variável (c), fluorescência máxima (d); eficiência quântica do fotossistema II (e) e eficiência do fotossistema efetiva da conversão de energia absorvida (f) de mudas de *I. vera* submetidas a diferentes níveis de sombreamento (0, 30 e 70%) por diferentes épocas de avaliação (dias de idade).

As características de trocas gasosas também foram influenciadas pela interação entre os níveis de sombreamento e as épocas de avaliação (ANEXO G - Tabela 4). A A e A/C_i foram aumentando em função dos dias de avaliação em todas as condições de luminosidade, com exceção das mudas do pleno sol que apresentaram leve queda aos 120 dias (Figura 8).

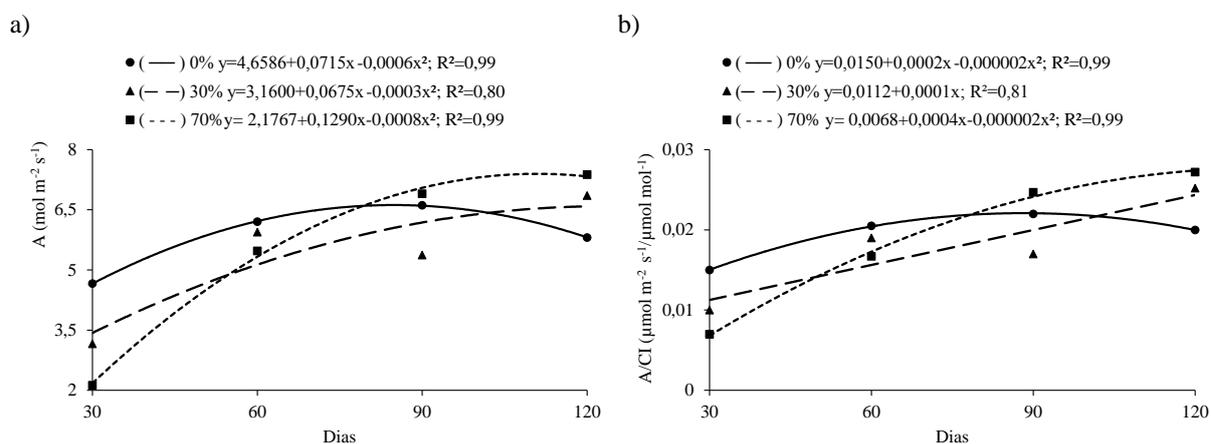


Figura 8. Taxa fotossintética líquida (a), e eficiência de carboxilação da Rubisco (b) de folhas de *I. vera* submetidas a diferentes níveis de sombreamento (0, 30 e 70%) por diferentes épocas de avaliação (dias de idade).

A E aumentou durante os dias avaliados em mudas sob 70% de sombreamento e reduziu para aquelas de 30 e 0% (Figura 9a). A 70% de sombreamento houve a manutenção da G_s que apresentou maior resistência (queda) nas outras intensidades de luz (Figura 9c), por outro lado C_i reduziu durante os dias avaliados para todas as mudas independente do ambiente experimental (Figura 9c), enquanto EUA e $EIUA$ das plantas aumentou nas duas condições com mais intensidade de luz (0 e 30%) (Figuras 9d, 9e).

Por fim para a espessura dos tecidos/estruturas anatômicas apenas a EAd foi influenciada pela interação entre os níveis de sombreamento e épocas de avaliação (ANEXO G - Tabela 5), apresentando os menores valores na última avaliação para todas as condições de luz (Figura 10a). A EAb e a CAb foram influenciadas pela época de avaliação sendo que CAb aumentou (figura 10b) e EAb diminui conforme aumentaram-se as épocas de avaliação (figura 10c).

O PP foi influenciado pelos fatores isoladamente (ANEXO G - Tabela 5), mantendo-se estável durante as épocas de avaliação (Figura 10d) e apresentando maior espessura para as mudas sob pleno sol (Figura 10e). O PL , NC e RI foram influenciadas /isoladamente pelo fator níveis de sombreamento sendo os maiores valores observados a

pleno sol (figura 10f, 10g, 10h). Não houve diferença para CAd e para FV apresentando média geral de 2,15 μm e 121,69 μm , respectivamente.

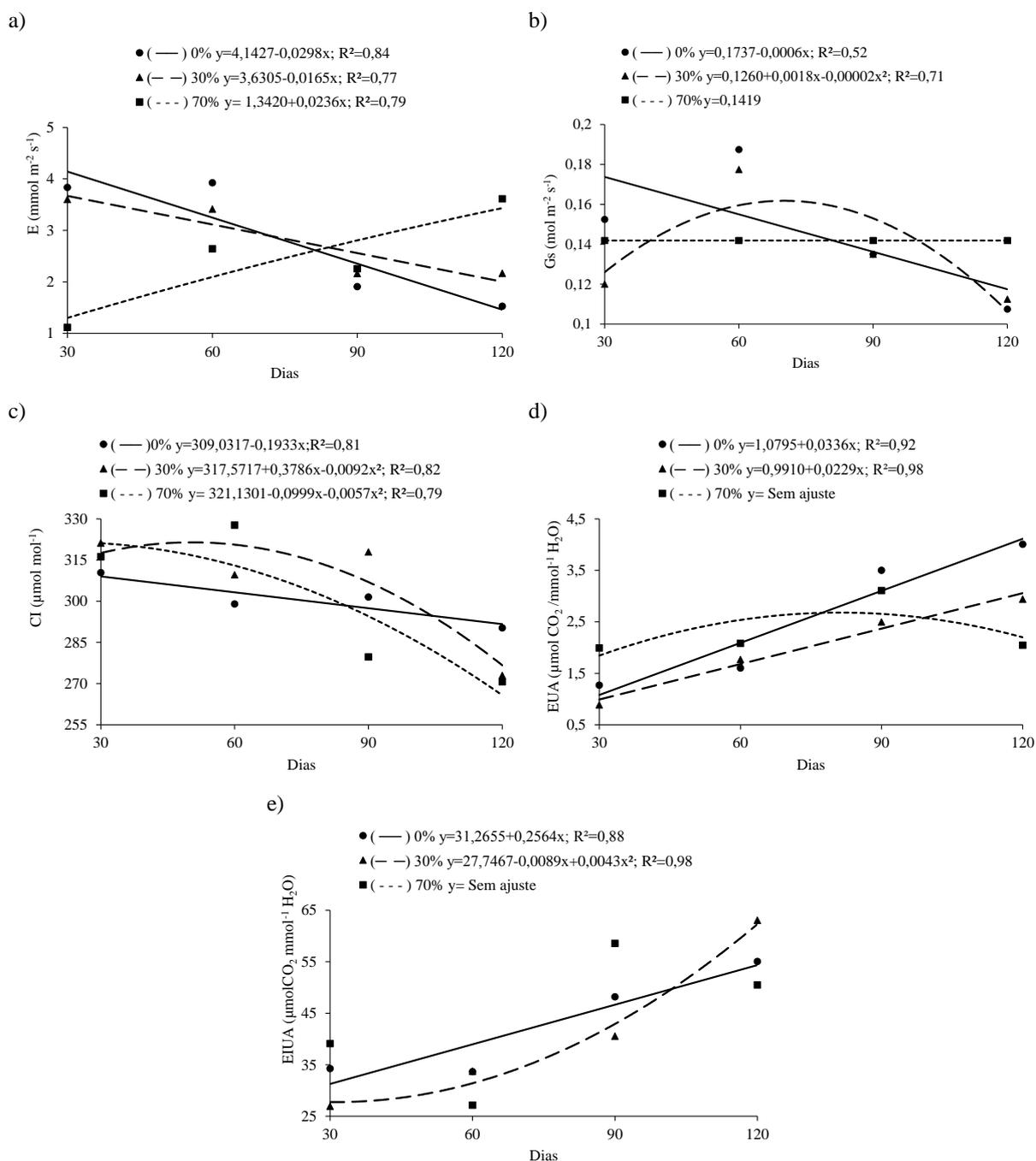


Figura 9. Taxa de transpiração (a), condutância estomática (b), concentração interna de CO_2 (c), eficiência do uso da água (d) e eficiência intrínseca do uso da água (e) de folhas de *I. vera* submetidas a diferentes níveis de sombreamento (0, 30 e 70%) por diferentes épocas de avaliação (dias de idade).

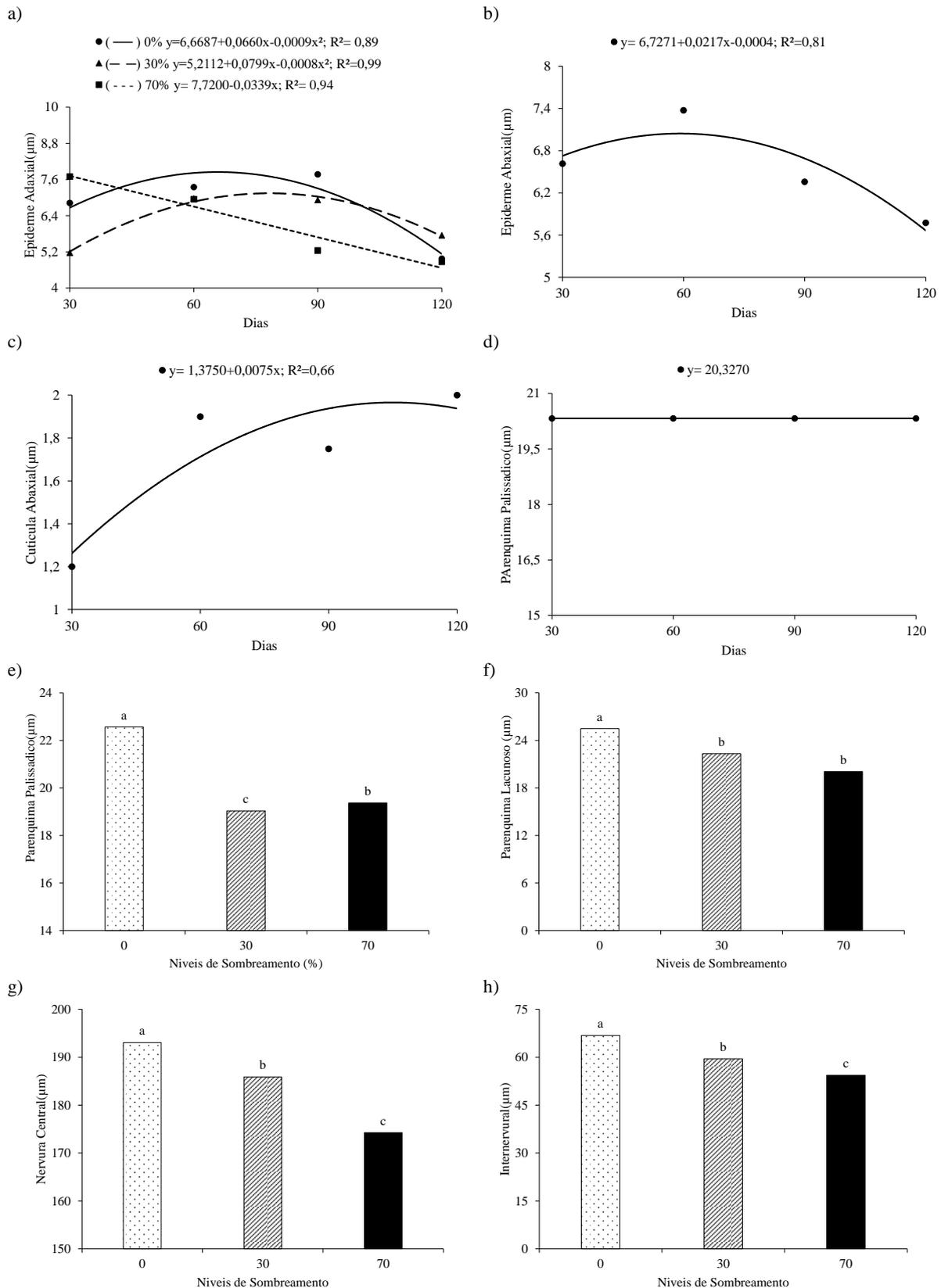


Figura 10. Espessura da epiderme adaxial (a) e abaxial (b), cutícula abaxial (c), parênquima paliçádico (d, e) e lacunoso (f) nervura central (g) e região internervural (h) de mudas de *I. vera* submetidas a diferentes níveis de sombreamento (0, 30 e 70%) por diferentes épocas de avaliação (dias de idade). Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Observou-se a partir da análise de secção transversal que a nervura central das folhas de *I. vera* apresentam cutícula delgada e lisa e epiderme unisseriada em ambas as faces com tricomas tectores unicelulares observados partir dos 60 dias. Adjacente à epiderme, na face adaxial encontram-se duas camadas de colênquima do tipo anelar e uma camada de parênquima. Na face abaxial observou-se três camadas de colênquima anelar (Figura 11A). O feixe vascular apresenta formato de O e é do tipo bicoloral, envolto por fibras (Figura 11B).

O mesofilo é do tipo dorsiventral, diferenciado em parênquima paliçádico e lacunoso. O parênquima paliçádico é formado por uma camada de células justapostas voltada para a face adaxial, sendo estas de aspecto longo. O parênquima lacunoso é constituído de dois a três estratos de células irregulares e com aspecto arredondado. Entre os estratos deste parênquima existem grandes espaços intercelulares (Figura 11 C, D).

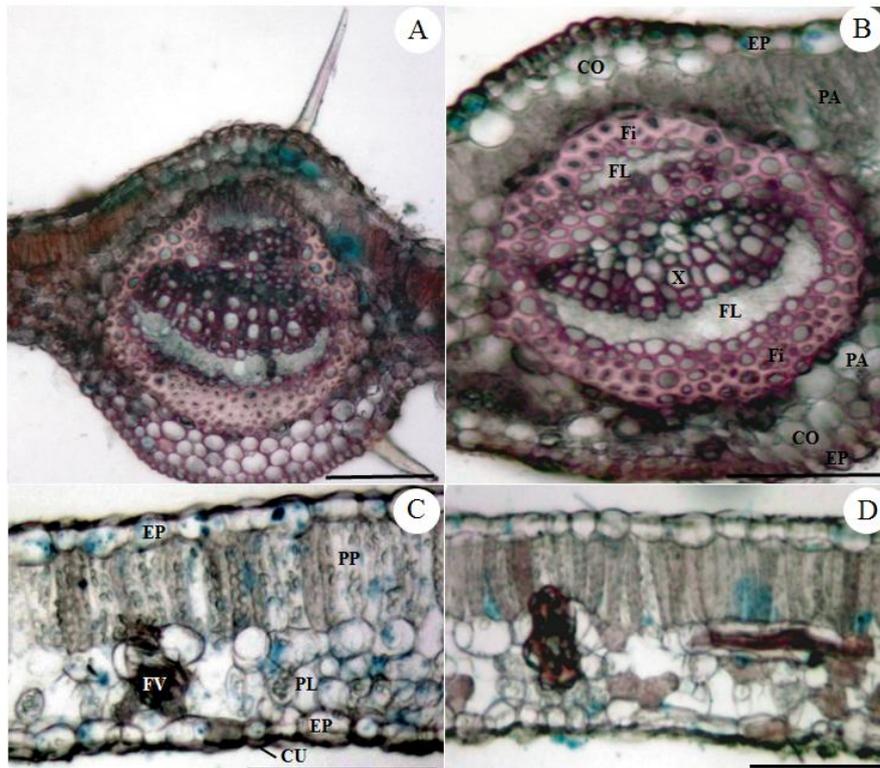


Figura 11. Secções transversais da lamina foliar de *I. vera*. Região central (A); detalhe do feixe vascular (B) (EP = epiderme, Fi= fibras, FL= floema, X=xilema, PA= parênquima, CO= colênquima), Região internervural (C) (EP = epiderme, PL = arênquima lacunoso, PP = parênquima paliçádico, CU= cutícula, FV=feixe vascular) e detalhe da região internervural (D).Escala: 50 µm.

Discussão

Esperava-se *I. vera* seria uma espécie fotoblástica positiva, pois a germinação das sementes, tem relação direta com a luz, além de possuir estreita correspondência com o seu posicionamento no estágio sucessional (Jesus & Piña-Rodrigues, 1991) e como esta espécie pertence ao grupo ecológico das pioneiras (Carvalho, 2008) esperava-se que os melhores resultados na emergência aconteceriam a pleno sol, porém a espécie emergiu 100% em todas as condições estudadas (pleno sol, sombrite de 30% e 70%).

A pleno sol a emergência foi retardada, possivelmente em função da alta intensidade luminosa que proporciona elevação da temperatura e à maior evaporação ao longo do dia, reduzindo a umidade do solo, fator este que pode dificultar a embebição (Scalon et al. 2014). Para sementes com reservas armazenadas, a umidade é mais importante do que a luz, visto que a fase de germinação não depende da fotossíntese para nutrição (Morris et al. 2000).

Outras espécies exigentes de luz, como *Swietenia macrophylla* King (Morris et al. 2000), *Physocalymma scaberrimum* Pohl (Silva et al. 2015) *Stryphnodendron polyphyllum* Mart. e *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville (Scalon et al. 2014) também não expressaram os melhores resultados de emergência quando expostas a esta condição.

Por outro lado, vale ressaltar que apesar do IVE e TME demonstrarem que a espécie estudada demora mais para emergir a pleno sol, todas as sementes germinaram e sobreviveram (100%) até o final do experimento nos diferentes níveis de sombreamento (0, 30 e 70%). Mota et al. (2013) atribuiu à capacidade de sementes poderem germinar em qualquer situação de luz à plasticidade fenotípica.

O maior comprimento da parte aérea e massa seca de parte aérea em mudas submetidas ao maior sombreamento (70%) parece estar relacionada a menor temperatura do ar e do solo mantida com o uso de tela (Santos et al., 2010), pois Silva et al. (2015) observaram em sua revisão que temperaturas mais amenas em condição de sombreamento propicia as folhas manterem os estômatos abertos, reduz a perda de água e aumenta o sequestro de carbono, otimizando assim atividade fotossintética e de turgescência necessária para o crescimento.

No entanto, o aumento da altura para otimizar a eficiência de interceptação de radiação observado em mudas mais sombreadas (70%) não está acompanhado de maiores valores de diâmetro e comprimento de raiz, o que não é desejável, pois o maior

desenvolvimento radicular aumenta a chance de estabelecimento no campo (Campos & Uchida 2002), aspecto importante quando se trata de recuperação de áreas degradadas (Souza et al. 2013). Já o crescimento desordenado da parte aérea da planta em relação ao diâmetro (comportamento muito comum em mudas pioneira sombreadas) torna a muda estiolada (Silva et al, 2015).

A RAD é um parâmetro que indica qualidade das mudas a serem levadas ao campo, uma vez que se espera o equilíbrio no desenvolvimento, pois plântulas estioladas têm maior probabilidade de tombar (Mota et al. 2013).

Porém, mesmo com os valores de RAD sendo maiores, não houve diferença entre as condições de luz para o IQD. Índice este que mede a “qualidade” das mudas, pois considera para o seu cálculo a robustez e o equilíbrio da distribuição da fitomassado indivíduo (Fonseca, 2002).

Sendo assim, parâmetros morfológicos não devem ser utilizados separadamente para a classificação da qualidade de mudas (Fonseca et al. 2002), afinal como observado neste estudo, mesmo as mudas expostas ao maior sombreamento (70%) aparentarem estar estioladas o IQD mostrou que as mesmas apresentaram equilíbrio na distribuição da fitomassa dos indivíduos não só nesta condição, mas em todas as condições experimentais. Mostrando que mudas de *I. vera* podem se desenvolver bem em uma grande amplitude de intensidades luminosas.

Indivíduos a pleno sol tiveram MSPA/MSR reduzida e desenvolvimento radicular, massa fresca de sistema subterrâneo e R/PA superior, provavelmente porque nesta condição o solo tende a perder mais água por evaporação, o que reduz a disponibilidade hídrica para as raízes ocorrendo maior translocação de assimilados para o sistema radicular resultando no maior crescimento das raízes em detrimento do crescimento da parte aérea, facilitando a absorção de água nas camadas mais profundas do solo (Taiz & Zeiger, 2012; Mota et al. 2013)

A pleno sol observou-se menor número de nódulos, o que pode estar relacionado com as temperaturas elevadas, observadas nesta condição de pleno sol. Hungria et al. (1985) verificaram em sua revisão que temperaturas elevadas, observadas nesta condição de pleno sol, podem prejudicar o início de nodulação, o crescimento dos nódulos e a atividade da nitrogenase.

No entanto, o maior comprimento de raiz e diâmetro do caule em mudas na situação de pleno sol (0% de sombra) foi acompanhado pelo maior número de folhas durante todo o experimento e ao aumento aos 120 dias da área foliar, Segundo Lacher

(2006) este comportamento é esperado em espécies tolerantes à sombra pois assim estas plantas aumentam sua superfície fotossintetizante para compensar a baixa disponibilidade de luz. Mesmo *I. vera* sendo uma espécie tolerante ao sol (pioneira), sugere-se que o aumento da área foliar a pleno sol também está ligado à capacidade de aumentar a superfície fotossintetizante, para aproveitar ainda mais a alta disponibilidade luz do ambiente, o que é corroborado pelo aumento do parênquima paliçádico e lacunoso nesta condição o que por sua vez propicia melhor aproveitamento da luz ambiente para a fotossíntese. E a queda da fotossíntese aos 120 dias pode estar associada ao aumento abrupto da área foliar e ao aumento dos parênquimas do mesofilo o que possivelmente demandou grande gasto energético.

Além das características morfológicas, o índice de clorofila também pode ser susceptível a alterações em diferentes condições de luz. Sob condições deficientes de luz plantas podem aumentar os pigmentos fotossintéticos devido a uma série de mecanismos compensatórios, esta resposta cumpre a função das antenas fotossintéticas absorvendo a energia necessária (Zervoudakis et al. 2012). Assim, em *P. scaberrimum* o aumento do conteúdo de clorofila sob sombreamento conforme também observado em *I. vera* foi atribuído ao efeito compensatório à menor quantidade de luminosidade disponível, o que aumenta a capacidade de absorção de luz e produção de fotoassimilados (Silva et al., 2015). Representando um importante mecanismo de aclimação à condição de menor energia luminosa (Dutra et al. 2012).

Em intensidades de luz elevadas, moléculas de clorofila são suscetíveis à fotooxidação e o equilíbrio é alcançado nos níveis de radiação mais baixos (Alvarenga et al., 2003), no entanto a pleno sol as mudas de *I. vera* mantêm o mesmo conteúdo durante todo o experimento, provavelmente porque pleno sol é uma condição adequada para espécie, onde moléculas de clorofilas estão constantemente sendo degradadas e sintetizadas, na mesma proporção (Lima et al. 2010).

A 70% de sombreamento, observou-se aumento da transpiração e manutenção da condutância estomática, em contraste das mudas cultivadas a pleno sol e a 30% de sombreamento que apresentaram redução da transpiração, provavelmente devido a redução de condutância estomática, visto que Dutra et al. (2012) sugerem que a menor transpiração confere as plantas maior capacidade de se aclimatarem às condições de radiação luminosa oferecidas, tornando-as mais eficientes nas reações contra a desidratação, sendo capazes de promover fechamento estomático com consequente

redução da perda de água por transpiração. E, neste estudo, plantas sobre esta condição (0 e 30% de sombra) apresentam ainda maior EUA e EIUA.

Em mudas de *Acer mono* Maxim., *Acer palmatum* Raf. e *Acer rufinerve* Siebold & Zucc. a EUA também foi maior a pleno sol, um aspecto importante de aclimação que está relacionado a menor condutância estomática em pleno sol, o que sugere que as plantas são capazes de acumular carbono com menor perda de água (Hanba et al. 2002). É importante ressaltar que qualquer mecanismo para evitar a perda de água em espécies pioneiras pode ser importante para estas conseguirem ocupar locais expostos à alta irradiância (Ribeiro et al. 2005)

Porém, mesmo com a condutância estomática reduzida a pleno sol e 30%, as mudas apresentaram taxa fotossintética e eficiência de carboxilação satisfatórias em todas as condições de luz (com queda insignificante apenas aos 120 dias para mudas a pleno sol). Silva et al. (2015) sugerem que isso ocorre quando a condição de luz intensa não causa dano ao aparelho fotossintético, o que foi evidenciado neste estudo pela eficiência quântica do fotossistema II (relação F_v/F_m) que apresentou aumento linear em função da época de avaliação em todas as condições de luz, indicando que em nenhum ambiente estudado ocorre a fotoinibição que é indicada pela queda em F_v/F_m quando a planta está sofrendo estresse (Dias & Marengo 2007).

A maior espessura do limbo foliar, evidenciado pela maior espessura da região internervural e da nervura central a pleno sol, pode ter constituído em proteção para o aparelho fotossintético quanto a possíveis danos fotooxidativos promovidos em condição de radiação excessiva (Lima Junior et al. 2005). Alguns estudos têm demonstrado um incremento na espessura do limbo com o aumento da irradiância (Hanba et al. 2002).

Parênquima paliçádico e parênquima lacunoso também apresentaram maior espessura para as mudas sob pleno sol. Esse ajuste estrutural de variação da espessura ao longo do gradiente de luz é uma resposta favorável em condições de alta radiação incidente (Ribeiro et al. 2012), pois representa uma estratégia para maximizar a capacidade fotossintética, como também observado para folhas de *Gallesia integrifolia* (Spreng.) Harms e *Schinus terebinthifolius* Raddi, onde o maiores níveis de sombreamento afetaram negativamente estas estruturas anatômicas (Santos et al. 2014).

A epiderme abaxial não foi influenciada pelos diferentes níveis de sombreamento, sendo uma camada considerada menos responsiva a diferentes condições ambientais em relação à epiderme adaxial, visto a radiação ser diretamente incidente sobre a epiderme

da face adaxial (Ribeiro et al. 2012). Esta, por sua vez, sofreu redução nas folhas de *I. vera*, em função da época de avaliação, em todas as intensidades de luz.

De forma geral, as respostas de *I. vera* corroboram para as informações consolidadas sobre a grande distribuição geográfica da espécie já que mostra uma grande plasticidade fenotípica se adaptando a várias condições lumínicas, podendo emergir e se desenvolver em áreas abertas a pleno sol, como as grandes clareiras ou em áreas sombreadas como o sub-bosque.

Conclusão

I. vera apresenta 100% de emergência em todas as condições lumínicas, porem a pleno sol as plântulas demoram mais para emergirem.

Mudas de *I. vera* podem ser produzidas em todas as condições experimentais estudadas (pleno sol, sombrite de 30% e 70%), o que demonstra que esta espécie possui plasticidade fenotípica.

Referências

Alvarenga AA, Castro EM, Lima junior EC e Magalhães MM (2003) Effects of different light levels on the initial growth and photosynthesis of *Croton urucurana* Baill. in southeastern Brazil. *Rev Árvore* 27:53-57. doi: 10.1590/S0100-67622003000100007

Bruel OB, Marques MCM, Britez RM (2010) Survival and Growth of Tree Species under Two Direct Seedling Planting Systems. *Restoration Ecol.* 18(4): 414–417. doi: 10.1111/j.1526-100X.2009.00634.x

Campos MAA, Uchida T (2002) Influência do sombreamento no crescimento de mudas de três espécies amazônicas. *Pesqui Agropecu Bras* 37:281-288. doi: 10.1590/S0100-204X2002000300008

Carvalho PER (2008) *Espécies Arbóreas Brasileiras*. Embrapa Florestas, Colombo.

Cunha AO, Andrade LA, Bruno RLA, Silva JAL, Souza VC (2005) Efeitos de substratos e das dimensões dos recipientes na qualidade das mudas de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex D.C.) Standl. *Rev. Árvore.* 29(4) 507-516. doi: 10.1590/S0100-67622005000400002

Dias DP, Marengo RA (2007) Fotossíntese e fotoinibição em mogno e acariquara em função da luminosidade e temperatura foliar. *Pesq Agropec Bras* 42(3):305-311. doi: 10.1590/S0100-204X2007000300002

Dickson A, Leaf AL, Hosner, JF (1960) Quality appraisal of white spruce and white pine seedlings stock in nurseries. *Forest Chronicle* 36:10-13.

Dutra TR, Graziotti PH, Santana RC, Massad MD (2012) Desenvolvimento inicial de mudas de copaíba sob diferentes níveis de sombreamento e substratos. *Rev Ciênc Agron* 43(2):321-329. doi:10.1590/S1806-66902012000200015

Fonseca EP, Valéri SV, Miglioranza E, Fonseca NAN, Couto L (2002) Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. *Rev. Árvore* 26:515–523. doi: 10.1590/S0100-67622002000400015

Hanba YT, Kogami H, Terashima I (2002) The effect of growth irradiance on leaf anatomy and photosynthesis in *Acer* species differing in light demand. *Plant, Cell and Environment* 25(8):1021-1030. doi: 10.1046/j.1365-3040.2002.00881.x

Hungria M, Thomas RJ, Döbereiner J (1985) Efeito do sombreamento na fixação biológica do nitrogênio em feijoeiro. *Pesqui Agropecu Bras* 20(10): 1143-1156.

Jensen WA 1962. *Botanical histochemistry (principles and practice)*. San Francisco: W. H. Freeman and Company.

Jesus RM, Piña-Rodrigues FCM, Programa de produção e tecnologia de sementes florestais da Florestas Rio Doce S.A.: uma discussão dos resultados obtidos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE TECNOLOGIA DE SEMENTES LORESTAIS, 1989, Atibaia. Anais... São Paulo: Instituto Florestal, 1991. p. 59-86.

Johansen DA (1940) *Plant Microtechnique*. McGraw-Hill Book Co., New York.

Larcher W (2006) *Ecofisiologia Vegetal*. São Carlos: Rima, 550 p.

Lima ALS, Zanella F, Castro LDM (2010) Crescimento de *Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang. e *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Leguminosae) sob diferentes níveis de sombreamento. *Acta Amaz* 40(1):43-48. doi: 10.1590/S0044-59672010000100006

Lima junior EC, Alvarenga MA, Castro EM, Vieira CV, Oliveira HM (2005) Trocas gasosas, características das folhas e crescimento de plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento. *Ciênc Rural* 35(5):1092-1097. doi: 10.1590/S0103-84782005000500016

Maguire JD (1962) Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Sci* 2(1):176-177. doi: 10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x

Morris MH, Castillo PN, Mize C (2000) Sowing date, shade, and irrigation affect big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla* King). *For Ecol Manag* 132:173–181. doi: 10.1016/S0378-1127(99)00224-8

Mota LHS, Scalon SPQ, Mussury RM (2013) Efeito do condicionamento osmótico e sombreamento na germinação e no crescimento inicial das mudas de angico (*Anadenanthera falcata* Benth. Speg.). *Rev Bras Plant Medicinai* 15(4):655-663. doi: 10.1590/S1516-05722013000500005

Mourão SA, Karam D, Silva JAA (2014) Uso de leguminosas no Semiárido mineiro. Embrapa, milho e sorgo.

Nietsche S, Gonsalves DV, Perreira MCT, Santos FA, Abreu SC, Mota WF (2004) Tamanho da semente e substratos na germinação e crescimento inicial de mudas de cagaiteira. *Ciênc e Agrotec* 28(6) 1321-5.

Pacheco FV, Pereira CR, Silva RL, Alvarenga ICA (2013) Crescimento inicial de *Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex. Benth. (Fabaceae) e *Chorisia speciosa* A.St.-Hil (Malvaceae) sob diferentes níveis de sombreamento. *Rev Árvore* 37:945–953. doi: 10.1590/S0100-67622013000500017

Ribeiro MNO, Carvalho SP, PEREIRA FJ, Castro EM (2012) Anatomia foliar de mandioca em função do potencial para tolerância à diferentes condições ambientais. Rev Ciênc Agron 43(2):354-361. Doi: 10.1590/S1806-66902012000200019

Ribeiro RV, Souza GM, Oliveira RF, Machado EC (2005) Photosynthetic responses of tropical tree species from different successional groups under contrasting irradiance conditions. Rev Bras Bot 28:149-161. doi: 10.1590/S0100-84042005000100012

Santos LL, Junior SS, Nunes MCM (2010) Luminosidade, temperatura do ar e do solo em ambientes de cultivo protegido. Rev de Ciênc Agro-Amb 8(1):83- 93. Doi:

Santos MS, Feijó NSA, Secco TM, Mielke MS, Gomes FP, Costa LCB, Silva DC (2014) Efeitos do sombreamento na anatomia foliar de *Galesia integrifolia* (Spreng) Harms e *Schinus terebinthifolius* Raddi. Rev bras plantas med 16(1):89-96. doi: 10.1590/S1516-05722014000100013.

Scalon SPQ, Masetto TE, Matos DSC, Mota LHS (2014) Condicionamento fisiológico e níveis de sombreamento em sementes de barbatimão (*Stryphnodendron polyphyllum* (Mart.) E S. adstringens (Mart.) Coville). Rev Árvore 38:145-153. Doi: 10.1590/S0100-67622014000100014

Silva FM, Dresch DM, Pereira ZV, Mussury RM, Scalon SPQ. (2015) Effect of shade on emergence, initial growth, and seedling quality in *Physocalymma scaberrimum*. Braz J Bot 1-7. doi:10.1007/s40415-015-0234-y

Silva JBC, Nakagawa J (1995) Estudos de fórmulas para cálculo de germinação. Informativo ABRATES, 5(1):62-73

Souza CC, Oliveira FA, Silva IF, Amorim Neto MS (2000) Avaliação de métodos de determinação de água disponível e manejo da irrigação em terra roxa sob cultivo de algodoeiro herbáceo. Ver. Bras. Eng. Agríc. Ambient. 4(3):338-342.

Souza SA, Abreu SC, Silva CM, Santos JX, Reis ARS (2013) Desenvolvimento inicial de plântulas de tamboril [*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong] em diferentes níveis de intensidade luminosa. *Informativo ABRATES* 23(3): 32-36.

Taiz L, Zeiger E (2012) *Fisiologia Vegetal*. 5.ed. Porto Alegre: Artmed,. 954p.

Zervoudakis G, Salahas G, Kaspiris G, Konstantopoulou E (2012) Influence of light intensity on growth and physiological characteristics of common sage (*Salvia officinalis* L.). *Braz arch biol Technol* 55(1):89-95. doi: 0.1590/S1516-89132012000100011

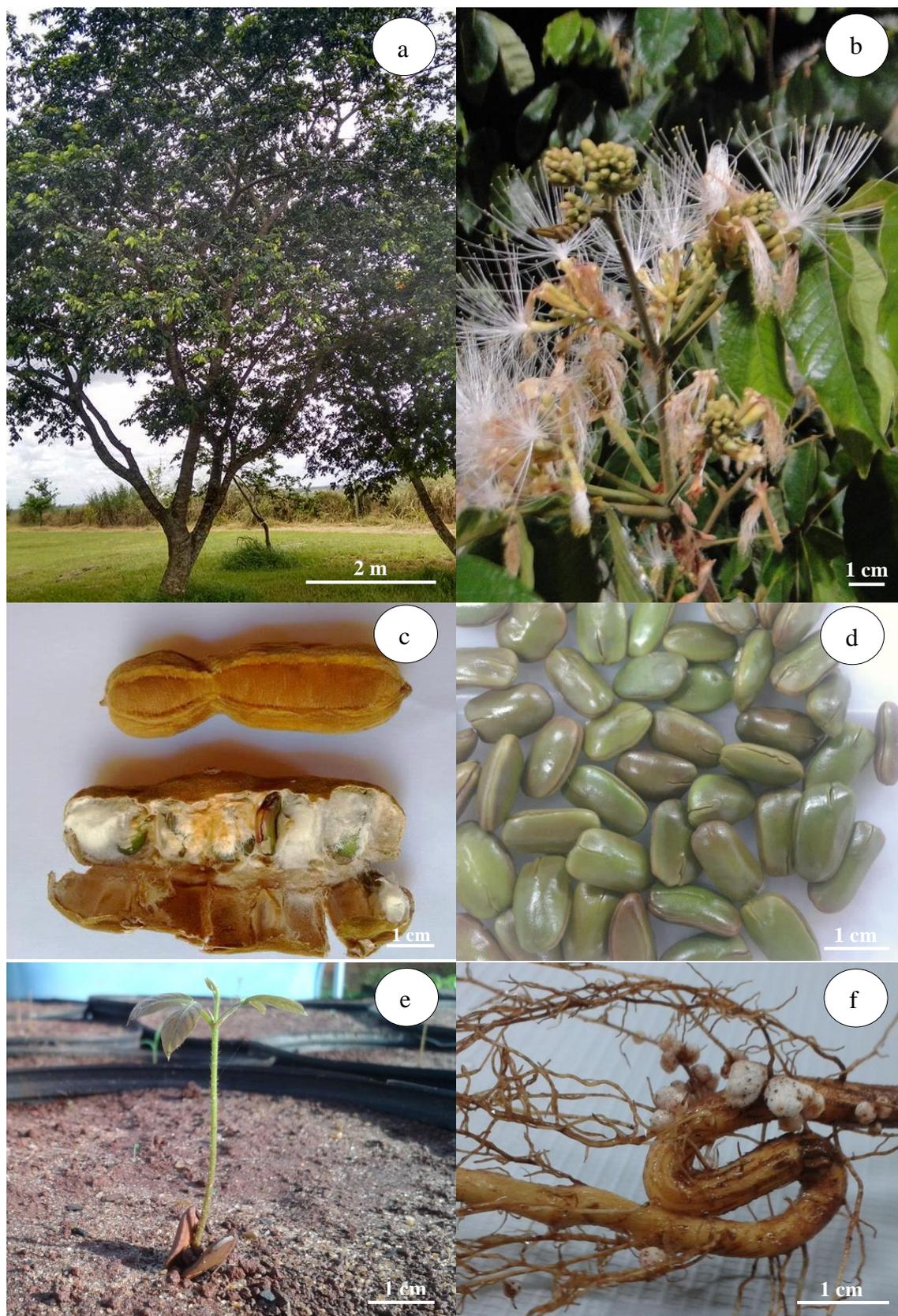
Zhang S, Li Q, Ma K, Chen L (2001) Temperature dependent gas exchange and stomatal/non-stomatal limitation to CO₂ assimilation of *Quercus liaotungensis* under midday higher irradiance. *Photosynthetica* 39:383-388. doi: 10.1023/A:1015130326683

CONCLUSÃO GERAL

As sementes de *I. vera* são tolerantes ao alagamento em hipoxia até os 20 dias de submersão e em anoxia as sementes toleram até 10 dias de submersão, após respectivamente cada um destes tempos de submersão a %G cai abruptamente mas não chega a zero e as variáveis TMG e o IVG acompanham esta queda, sendo que o IVG diminui e o TMG aumenta, podendo esta característica ser uma importante adaptação para a sobrevivência da semente em ambientes onde o alagamento dure mais que 20 dias para hipoxia e mais de 10 dias para anoxia, pois um retardo nestas características pode levar ao início da germinação em uma condição onde o solo já não está mais inundado e melhor drenado, garantindo assim a sobrevivência de poucas mudas porém estas sobreviventes têm a capacidade de se estabelecer em um ambiente mais favorável.

Para a emergência e desenvolvimento inicial de *I. vera* em diferentes condições de luz, conclui-se que a espécie tem grande plasticidade adaptativa pois consegue emergir (100%) e se desenvolver em diferentes condições de luminosidade. Esta característica é ótima, pois a espécie pode ser utilizada para restauração ecológica de ambientes tanto com a técnica de plantio de mudas ou semeadura direta e também pode se desenvolver em condições de enriquecimento de plantios pelos dois métodos citados acima.

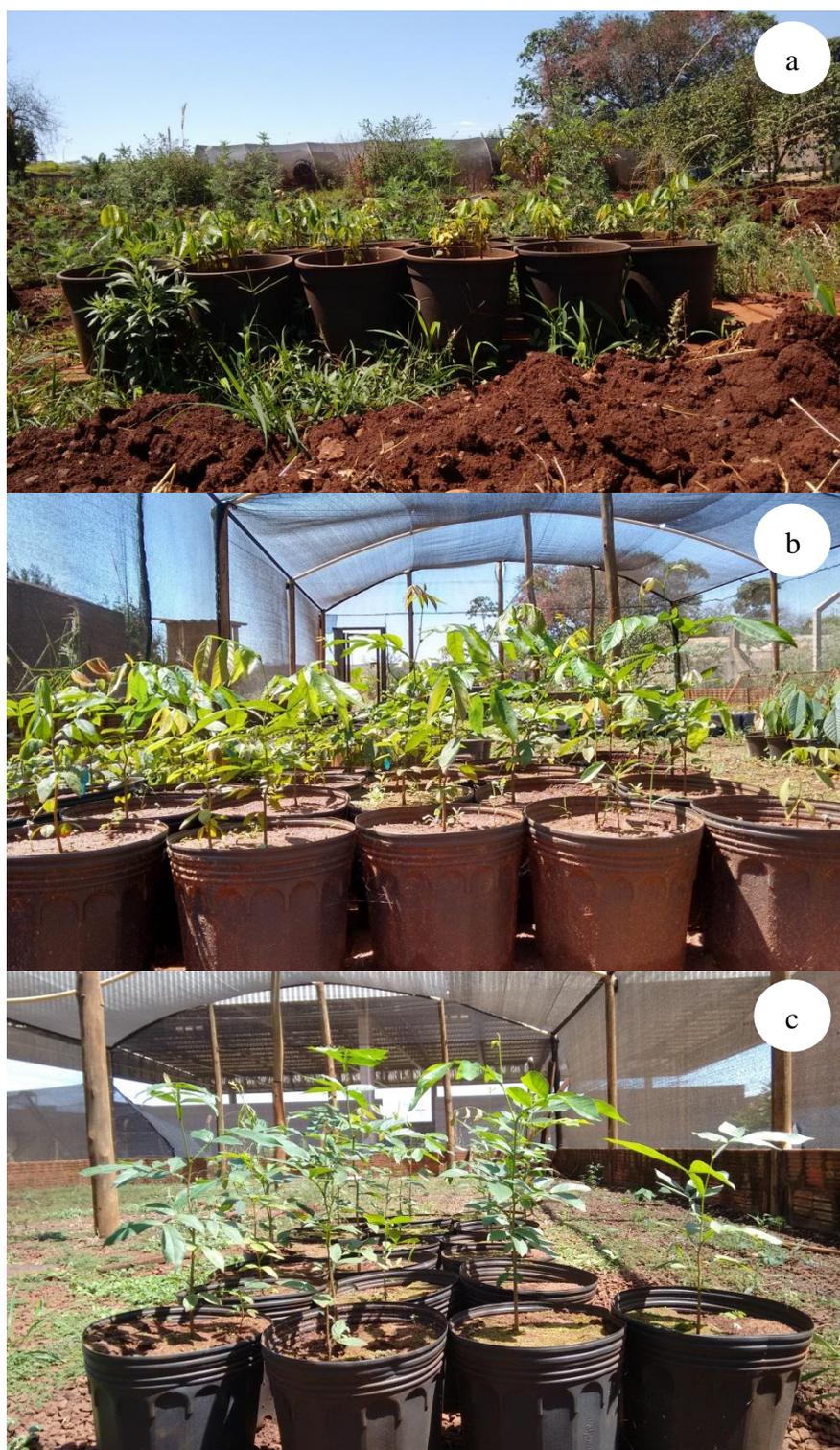
ANEXOS



ANEXO A - Visão geral do indivíduo adulto (a), detalhe da flor (b), fruto fechado e aberto (c), sementes (d), plântula (e) e nódulos (f) de *Inga vera*. Fotos: Mário Soares Junglos.



ANEXO B - Visão geral do experimento em condição de hipóxia. Detalhe da embalagem feita com tecido voal (a, b), da caixa confeccionada com tela sombrite® (c) e da submersão da caixa no córrego (d) do Zezão, Ivinhema-MS. Fotos: Mário Soares Junglos.



ANEXO C - Aspecto das mudas de *Inga vera* em cada nível de sombreamento. Pleno sol (a), 30% de sombra (b), 70% de sombra (c). Fotos: Mário Soares Junglos.

ANEXO D – Tabelas do quadrado médio do resíduo referente ao Capítulo I.

Tabela 1. Quadrado médio do resíduo referente à análise de variância para germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TME), diâmetro do coleto (DC), comprimento da parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR), massa fresca de parte aérea (MFPA), massa fresca de sistema subterrâneo (MFSS), massa seca de parte aérea (MSPA) e massa seca de sistema subterrâneo (MSSS) de plantas de *I. vera* em função do tempo de submersão (S), ambientes (A) e sua interação (S x A).

QMR										
Fator	G	IVG	TMG	DC	CPA	CR	MFPA	MFSS	MSPA	MSSS
S	6436,56*	366,81*	31,58*	0,20*	4,28*	204,02*	0,01	0,16*	0,00004	0,001*
A	13284,50*	1532,42*	27,06*	2,66*	22,00*	365,85*	0,25*	0,42*	0,000003	0,004*
S x A	1926,75*	105,42*	4,67*	0,12*	2,54*	29,71*	0,01	0,03*	0,00009	0,001
CV(%) ¹	6,54	7,57	19,40	6,08	11,42	7,85	61,04	12,62	45,83	12,62

* significativo a 5% de probabilidade pela análise de variância (ANOVA).

¹CV: Coeficiente de variação

ANEXO E - Tabelas do quadrado médio do resíduo referente ao Capítulo II.

Tabela 1. Quadrado Médio do Resíduo referente à análise de variância para comprimento da parte aérea (CPA), diâmetro do coleto (DC), comprimento de raiz (CR), número de folhas (NF), área foliar (AF), razão raiz/parte aérea (R/PA), razão altura/diâmetro (RAD), índice de qualidade de Dickson (IQD) e índice de clorofila (CLOR) de mudas de *I. vera* em função das condições de luz (L), época de avaliação (A) e sua interação (L x A).

QMR										
Fator	CPA	DC	CR	NF	AF	R/PA	RAD	IQD	CLOR	NN
L	98,45*	0,94*	768,80*	20,08*	25,39	20,01*	13,85*	0,08*	163,20*	752,08*
A	21,99*	2,87*	751,55*	5,69*	1725,48*	0,88*	0,24	0,88	142,80*	43,74
L x A	2,91*	0,10*	151,91*	1,17	711,24*	0,96*	0,09	0,01	64,83*	58,14
CV(%) ¹	7,69	5,94	9,31	15,28	11,06	15,20	9,51	19,26	5,34	58,25

* significativo a 5% de probabilidade pela análise de variância (ANOVA).

¹CV: Coeficiente de variação

Tabela 2. Quadrado médio do resíduo referente à análise de variância para massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca de sistema subterrâneo (MFSS), massa fresca total (MFT), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de sistema subterrâneo (MSSS), massa seca total (MST) e razão massa seca da parte aérea/massa seca de raiz (MSPA/MSR) de mudas de *I. vera* em função das condições de luz (L), época de avaliação (A) e sua interação (L x A).

QMR							
Fator	MFPA	MFSS	MFT	MSPA	MSSS	MST	MSPA/MSR
L	0,04	1,89*	1,88*	0,02	0,08	0,07	0,43*
A	1,21*	6,25*	12,93*	0,005*	2,94*	1,56*	0,32*
L x A	0,09	0,65*	0,92	0,01*	0,03	0,05	0,03
CV(%) ¹	18,44	27,69	22,21	17,26	25,71	19,67	19,79

* significativo a 5% de probabilidade pela análise de variância (ANOVA).

¹CV: Coeficiente de variação

Tabela 3. Quadrado médio do resíduo referente à análise de variância para taxa fotossintética líquida (A), condutância estomática (gs), concentração interna de CO₂ (Ci), taxa de transpiração (E), eficiência de carboxilação da Rubisco (A/Ci), eficiência do uso da água (EUA) e eficiência intrínseca do uso da água (EIUA) de mudas de *I. vera* em função das condições de luz (L), época de avaliação (A) e sua interação (L x A).

QMR								
Fator	A	gs	Ci	E	A/Ci	EUA	EIUA	TF
L	1,02*	0,0003	203,01	1,04	0,00001*	1,31*	30,91	9,55*
A	27,71*	0,01*	3510,18*	3,22*	0,0004*	8,39*	1737,13*	89,32*
L x A	3,74*	0,01*	894,13*	4,75*	0,00006*	1,69*	221,72*	57,30*
CV(%) ¹	8,01	28,99	3,44	18,48	9,26	19,82	21,32	3,48

* significativo a 5% de probabilidade pela análise de variância (ANOVA).

¹CV: Coeficiente de variação

Tabela 4. Quadrado médio do resíduo referente à análise de variância para fluorescência inicial (F_0); fluorescência máxima (F_m); fluorescência variável (F_v) eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m) e eficiência do fotossistema efetiva da conversão de energia absorvida (F_v/F_0) de mudas de *I. vera* em função das condições de luz (L), época de avaliação (A) e sua interação (L x A).

QMR					
Fator	F_0	F_m	F_v	F_v/F_m	F_v/F_0
L	2343,81*	263852,31*	23181,92*	0,01*	1,34*
A	14978,19*	23241,80	174156,06	0,02*	2,20*
L x A	653,90	77507,17*	48448,98*	0,002*	0,41*
CV(%) ¹	8,46	18,28	16,69	4,73	14,36

* significativo a 5% de probabilidade pela análise de variância (ANOVA).

¹CV: Coeficiente de variação

Tabela 5. Quadrado médio do resíduo referente à análise de variância para cutícula adaxial (CAd), epiderme adaxial (EAd), parênquima paliçádico (PP) parênquima lacunoso (PL); epiderme abaxial (EAb), e cutícula abaxial (CAb), nervura central (NC) e feixe vascular(FV) da folha de mudas de *I. vera* em função das condições de luz (L), época de avaliação (A) e sua interação (L x A).

QMR									
Fator	CAd	EAd	PP	PL	EAb	CAb	NC	FV	INTER
L	4,93	1,51	60,76*	118,04*	0,65	0,11	1439,75*	501,88	624,93*
A	7,55	8,03*	18,70*	30,18	5,28*	1,53*	673,35	239,56	79,02
L x A	3,89	4,26*	9,61	14,91	1,38	0,41	345,78	221,27	25,29
CV(%) ¹	94,27	18,27	12,32	15,14	17,62	40,22	11,68	12,17	9,48

* significativo a 5% de probabilidade pela análise de variância (ANOVA).

¹CV: Coeficiente de variação