

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE APOIO À PESQUISA  
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

Crescimento e morfologia foliar de plantas jovens de *Ochroma pyramidale* (Cav. Ex Lam.) Urb. submetidas à fertilização fosfatada em ambientes contrastantes de irradiância

Ana Flávia Monteiro de Souza, FAPEAM

Manaus/AM 2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE APOIO À PESQUISA  
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

RELATÓRIO FINAL  
PIB-A-001/2013

Crescimento e características morfológicas foliares de plantas jovens de  
*Ochroma pyramidale* (Cav. Ex Lam.) Urb. submetidas à fertilização  
fosfatada em ambientes contrastantes de irradiância

Bolsista: Ana Flávia Monteiro de Souza, FAPEAM  
Orientador: Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup>. Marciel José Ferreira

## RESUMO

*Ochroma pyramidale* é indicada para reflorestamento pelo rápido crescimento e potencial econômico. Entretanto, pouco se conhece sobre seu comportamento quando submetida a diferentes ambientes de luz e também sobre suas exigências nutricionais, em especial no que diz respeito à fertilização fosfatada, que é determinante em diferentes etapas do processo fotossintético. Assim, o objetivo desse estudo foi investigar os efeitos da fertilização fosfatada e da irradiância no crescimento e características morfológicas foliares de plantas jovens de *O. pyramidale* quando submetidas a níveis contrastantes de irradiância (pleno sol - PS e sombreamento - SMB) e dois níveis de fósforo (0 e 200 mg P dm<sup>-3</sup> solo) no substrato de crescimento. O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA durante 163 dias. As mudas foram cultivadas em recipientes plásticos contendo vermiculita como substrato. As mudas receberam aplicação de solução nutritiva duas vezes por semana. Foram analisadas 10 plantas por tratamento. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 2 x 2. Foram realizadas medições de altura e diâmetro do coleto e contagem do número de folhas a cada 20 dias. A partir desses dados foram calculadas as taxas de crescimento relativo (TCR) e absoluto (TCA) em altura e diâmetro, o índice de ganho foliar (IGF), a área foliar específica (AFE), a área foliar total (AFT) e o tamanho médio foliar (TMF). O tratamento 200 P-PS promoveu melhor crescimento de *O. pyramidale*, com valores aproximados de 3 (TCR-a), 4 (TCRA-d), 7 (TCA-a) e 12 (TCA-d) vezes superior ao tratamento 0 P-PS. Ao analisar os efeitos do ambiente de luz, observou-se diferenças menos pronunciadas, sendo os resultados do tratamento 200 P-PS 13% (TCR-a), 33% (TCR-d), 29% (TCA-a) e 87% (TCA-d) superiores ao tratamento 200 P-SMB. A área foliar específica foi maior em ambiente sombreado, sendo que o tratamento 200 P-SMB apresentou maior valor com média de 831,8 cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>. A fertilização fosfatada associada ao ambiente de alta irradiância foi determinante para o melhor crescimento inicial de mudas de *O. pyramidale*.

Palavras-chave: Pau-de-balsa, altura, diâmetro, área foliar.

## Sumário

LISTA DE TABELAS .....	5
LISTA DE FIGURAS .....	5
1 INTRODUÇÃO .....	6
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	7
2.1 <i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lamb) Urban.....	7
2.2 Luz .....	8
2.2.1 Distribuição da irradiância na cobertura florestal.....	8
2.2.2 Respostas ao excesso de luz.....	9
2.3 Plantas sob sol e sombra .....	9
2.4 Nutrientes.....	10
2.4.1 Alocação de biomassa em função dos nutrientes .....	10
2.4.2 Influência do fósforo no crescimento das plantas .....	10
3 MATERIAL E METODOS.....	11
3.1 Localização e caracterização do experimento .....	11
3.2 Instalação do experimento.....	12
3.2.1 Obtenção, beneficiamento e germinação das sementes.....	12
3.3 Transplante de mudas .....	12
3.4 Aplicação da solução nutritiva .....	12
3.5 Medidas biométricas .....	13
3.6 Delineamento experimental e análise estatística .....	14
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	14
5 CONCLUSÃO.....	19
6 CRONOGRAMA.....	20
7 REFERÊNCIAS.....	21

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1:** Composição e concentrações das fontes de nutrientes da solução nutritiva utilizada no cultivo de mudas de *O. pyramidale* .....13

**Tabela 2:** Características morfológicas foliares de plantas jovens de *Ochroma pyramidale* submetidas à fertilização fosfatada em ambientes contrastantes de irradiância. 0 P-PS ( 0 mg dm<sup>-3</sup> P Pleno Sol); 200 P-PS (200 mg dm<sup>-3</sup> P Pleno Sol); 0 P-SMB (0 mg dm<sup>-3</sup> P Sombreado); 200 P-SMB (200 mg dm<sup>-3</sup> P Sombreado); Número de folhas; AFT (área foliar total); AFE (área foliar específica); TMF (Taxa das medias foliares) (média ± erro padrão) (n = 10).....17

**Tabela 3:** Crescimento de plantas jovens de *Ochroma pyramidale* submetidas à fertilização fosfatada em ambientes contrastantes de irradiância. 0 P-PS ( 0 mg dm<sup>-3</sup> Fósforo Pleno Sol); 200 P-PS (200 mg dm<sup>-3</sup> P Pleno Sol); 0 P SBM (0 mg dm<sup>-3</sup> P Sombreado); 200 P SBM (200 mg dm<sup>-3</sup> P Sombreado); TCR-a (Taxa de Crescimento Relativo em Altura); TCR-d (Taxa de Crescimento Relativo em Diâmetro); TCA-a (Taxa de Crescimento Absoluto em Altura); TCA-d (Taxa de Crescimento Absoluto em Diâmetro) e IGF (Índice de Ganho Foliar); (média ± erro padrão) (n=10).....18

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1:** Valores médios de **(A)** Altura; **(B)** Diâmetro; **(C)** Número de folhas de mudas de *O. pyramidale* submetidas aos tratamentos: 0 P-PS – (0 mg dm<sup>-3</sup> P Pleno Sol); 0 P-SMB – (0 mg dm<sup>-3</sup> P Sombreado); 200 P-PS – (200 mg dm<sup>-3</sup> P Pleno Sol); 200 P-SMB- (200 mg dm<sup>-3</sup> P Sombreado). As barras representam o erro padrão e as setas indicam o início de diferenças significativas entre os tratamentos (n = 10)..... 15

# 1 INTRODUÇÃO

Atividades antrópicas relacionadas ao corte seletivo de árvores de alto valor econômico, à expansão agropecuária, entre outras têm sido responsáveis pelo avanço do desflorestamento na Amazônia (DAVIDSON et al. 2012). Com a remoção da cobertura florestal o solo se torna desprotegido e conseqüentemente, pode sofrer alterações nas suas propriedades físicas, químicas e biológicas. Os solos tropicais por apresentarem uma baixa fertilidade natural na maioria das vezes o impacto pode resultar na formação de extensas áreas degradadas (EYRI 1968; JORDAN 1985; CHAUVEL 1991; GRIMALDI et al. 1992).

Dentre as alternativas para se minimizar o desflorestamento, o aproveitamento das extensas áreas degradadas com o objetivo de se obter retorno econômico pode ser alcançado mediante o estabelecimento de plantios florestais (AVILLA 1992, GOODLAND, 1995). Com relação às espécies florestais indicadas para esta finalidade destaca-se *Ochroma pyramidale*, que apresenta rápido crescimento e potencial econômico (CAMPOS e UCHIDA 2002). Desta forma, esta espécie torna-se útil em plantios e em projetos de reflorestamento, principalmente, quando plantada em conjunto com espécies sucessionais tardias, pois fornece sombreamento às mudas de crescimento lento e melhora a fertilidade do solo por meio da deposição de serapilheira (MARENCO et al. 2001). Entretanto pouco se conhece sobre seu comportamento quando submetida a diferentes ambientes de luz e também sobre suas exigências nutricionais.

A disponibilidade de luz é um fator básico para o fluxo energético em sistemas biológicos e determinante para os processos fisiológicos e para o crescimento e acúmulo de biomassa das plantas. O desempenho das espécies em plantios florestais sobre áreas degradadas pode ser determinado pela produtividade das plantas, que por sua vez, reflete a eficiência no uso de recursos, tais como: água, CO<sub>2</sub>, luz e nutrientes (MARENCO et al. 2001). Em áreas alteradas podem ocorrer mudanças edáficas e microclimáticas significativas e determinantes para a sobrevivência, crescimento e reprodução de espécies arbóreas. Dentre essas mudanças, destacam-se o aumento da irradiância bem como a significativa redução na disponibilidade de nutrientes como o P, que por sinal constitui o nutriente mais limitante ao crescimento e desenvolvimento de plantas em solos amazônicos (SANTOS JUNIOR et al., 2006; MENDONÇA-SANTOS et al., 2006).

Diante disso, o objetivo dessa pesquisa foi investigar as respostas de crescimento e as características morfológicas foliares de plantas jovens de *Ochroma pyramidale* (Cav. Ex Lam.) Urb. submetidas à adubação fosfatada em ambiente de sol e sombra.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lamb) Urban

*Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lamb.) Urb. popularmente conhecida como balsa, pau-de-jangada, pau-de-balsa, pata de lebre e topa, pertence a família Malvaceae (LORENZI 1992; COSTA et al. 2012). É uma espécie pioneira neotropical, com ampla distribuição, ocorrendo desde a região sul do México até Bolívia e Peru. Também ocorre nas Antilhas e no arquipélago das Índias Ocidentais. (LAMPRECHT 1990). Na Amazônia é encontrada, principalmente, na região ocidental (LORENZI 1992), tanto no interior da floresta primária densa como também nas formações secundárias (LORENZI 1992; REVILLA 2002).

A árvore tem vida curta, cresce rápido e pode chegar ao dossel da floresta, com 20 a 25 m de altura e até 1,2 m de diâmetro (LEÃO et al. 2008). A espécie necessita, geralmente, de uma precipitação média anual por volta de 1500 a 3000 mm e uma temperatura média entre 22°C e 27°C (LAMPRECHT 1990). É uma espécie muito exigente em relação às condições de drenagem, mas pode colonizar uma diversidade de solos, não tolerando solos alagados (FRANCIS 1991) e de alta salinidade (LEÃO et al. 2008). As sementes podem permanecer em dormência por muito tempo, compondo o banco de sementes da floresta. Germinam abundantemente quando as condições são propícias. Em clareiras florestais, em campos abandonados ou em solos aluviais recentes, ocorre boa regeneração natural e muitas vezes a espécie é classificada como invasora ou associada às florestas secundárias (LEÃO et al. 2008). Seu alto desempenho em grandes clareiras tem sido atribuído a um elevado investimento em biomassa de folhas, o que resulta numa alta proporção de área foliar (DALLING et al. 1999). Além de seu rápido crescimento, a radiação solar direta (sol pleno), aparentemente, não deprime a eficiência fotoquímica de mudas de *Ochroma lagopus* cultivadas com adequada disponibilidade de água e nutrientes (CASTRO 1995).

O rápido crescimento de *Ochroma pyramidale* faz desta espécie útil em plantios e em projetos de reflorestamento, principalmente, quando plantada com espécies sucessionais tardias, pois fornece sombreamento às mudas de crescimento lento e melhora a fertilidade do solo pela prevenção da perda de nutrientes (MARENCO et al. 2001). Na Amazônia Central esta espécie pode alcançar 11 m de altura e 10 cm de diâmetro à altura do peito em 3 anos de plantio (MARENCO et al. 2001), mas seu ciclo de vida é curto, de 15 a 20 anos (FRANCIS 1991). Atualmente essa espécie também tem sido cultivada em alguns países asiáticos (Índia e Malásia) e africanos (Zimbabwe, Camarões, África oriental, etc.) (LAMPRECHT 1990).

A espécie tem sido indicada para a recuperação de áreas degradadas e melhoramento de solos, devido as suas altas taxas de crescimento e resistência à luz direta. Além disso, a madeira, muito leve (densidade de 0,17 g/ cm<sup>3</sup>), é empregada na construção de barcos e jangadas, na confecção de bóias salva-vidas, brinquedos, isolantes térmicos, forros de teto, caixas leves e fabricação de celulose (LEÃO et al 2008). Além destas utilidades a madeira pode substituir a cortiça em suas múltiplas aplicações. Além disso, os longos tricomas (conhecido popularmente como paina) que envolvem as sementes podem ser usadas no enchimento de colchões e travesseiros. Também é usada na construção de casas flutuantes (REVILLA 2002).

## **2.2 Luz**

### **2.2.1 Distribuição da irradiância na cobertura florestal**

A penetração de radiação solar em uma cobertura vegetal depende das características dos elementos vegetais (tamanho, textura, espessura e orientação das folhas e dos galhos) e da estrutura da vegetação (altura das árvores, continuidade do dossel, densidade de indivíduos e densidade foliar, expressa pelo IAF) (WANDELLI e FILHO 1999).

A quantidade e qualidade de luz reduzem conforme atravessa os extratos florestais, assim na floresta tropical, geralmente somente 1-2% da irradiância que chega ao dossel alcança o piso florestal (CLARK et al. 1996). A taxa de crescimento das mudas no sub-bosque são muito baixas (CLARK et al. 1996), em parte, devido a pouca disponibilidade de luz. Na floresta tropical da Costa Rica, por exemplo, observou-se que durante um período de 4 anos 20% das mudas não mostraram nenhum crescimento em altura (CLARCK e CLARCK 1992).

No dossel, grande parte dos fótons de comprimento de onda na faixa do vermelho e do azul são absorvidos pelas folhas, a luz verde é refletida, e o vermelho extremo atravessa, as folhas atingindo o piso florestal. A faixa de luz correspondente ao vermelho extremo é particularmente importante para germinação de sementes, que por sua vez é regulada pelo fitocromo, um pigmento fotoreversível que é ativado ou inibido, respectivamente, pelos comprimentos de onda vermelho (660 nm) e vermelho-extremo (730 nm) (KENDRICK 1976).

Em plantas que recebem alta irradiância, as folhas são mais verticalmente inclinadas, em relação a plantas que estão sob sombra. Isto minimiza a probabilidade de fotoinibição e aumenta a penetração de luz para as folhas inferiores em ambientes de alta irradiância, o que pode maximizar a fotossíntese do dossel inteiro (TERASHIMA e HISOKAWA 1995).

No sub-bosque, o aumento na disponibilidade de luz, ocorre pela formação de clareiras (BJORKMAN 1981), favorecendo espécies clímax quando há a formação de pequenas clareiras, como a queda de um galho (SILVA, 1989), ou favorecendo o



desenvolvimento de espécies pioneiras, quando o distúrbio na floresta é maior, como a queda de uma grande árvore, principalmente espécies do gênero *Cecropia* e *Piper* (VÁZQUES-YANES et al. 1982).

### **2.2.2 Respostas ao excesso de luz**

A luz solar é a principal fonte de energia para o crescimento das plantas, entretanto em excesso pode danificar o aparato fotossintético, resultando em menores taxas fotossintéticas, redução nas taxas de crescimento e até na morte da planta (ADIR et al. 2003; TAIZ e ZEIGER 2013) . Para evitar danos, as plantas apresentam mecanismos para eliminar de forma segura o excesso de energia (MULLER et al. 2001), entretanto, se os mecanismos de dissipação forem insuficientes, o excesso de energia pode causar danos ao aparato fotossintético, denominado fotoinibição (NISHIYAMA et al. 2006).

A susceptibilidade das plantas à fotoinibição depende da espécie e da disponibilidade de luz no ambiente onde a planta está crescendo (OSMOND 1994). Assim, plantas de sombra, que tem uma menor capacidade fotossintética, são mais susceptíveis a fotoinibição que plantas de sol ou que crescem em alta irradiância (OSMOND 1994). Em casos extremos, danos fotooxidativos podem causar descoloração de pigmentos e causar a morte da planta (MULLER et al. 2001).

A energia luminosa absorvida pelas moléculas de clorofila pode seguir caminhos diferentes para dissipar a energia excedente (MAXWELL e JOHSON 2000): i) pela reemissão de um fóton, a fluorescência ii) convertida em calor, sem emissão de fótons e iii) ser utilizada nos processos fotoquímicos. A dissipação de energia via fluorescência é relativamente pequena (1 a 3% do total), porém sua medição é uma ferramenta útil nos estudos de ecofisiologia (MAXWELL e JOHNSON 2000). A conversão da energia em calor é realizada por meio de mecanismos não fotoquímicos via ciclo das xantofilas, em que na presença de luz, a violaxantina é convertida a zeaxantina (MULLER et al. 2001). Os processos fotoquímicos incluem a fotossíntese, a fotorrespiração e ciclo água-água, conhecido como reação de Mehler (ASADA 1999). Esses processos dissipam até 45% da energia absorvida (BJORKMAN e DEMMIG ADAMS 1995).

## **2. 3 Plantas sob sol e sombra**

As plantas de sombra desenvolvem mecanismos para absorver maior quantidade de luz, dessa forma, investem em maior área foliar por unidade de massa da planta (OSUNKOYA et al. 1994). Geralmente uma maior área foliar representa uma estratégia adotada pela planta, a fim de maximizar a interceptação de luz solar e fixação de CO<sub>2</sub>, no

entanto significará maior superfície de transpiração. Por sua vez, folhas mais espessas e menos largas, mantêm alta atividade fotossintética por unidade de área e menor superfície de transpiração.

As plantas de sol exigem mais nutrientes que plantas de sombra, pois uma alta irradiância implica em maior taxa de fotossíntese por unidade de massa foliar, maior taxa de absorção de água devido ao aumento da transpiração e, portanto maior necessidade de absorção de nutrientes, pois seu crescimento está sendo estimulado (POORTER e NAGEL 2000). Além disso, as plantas de sombra possuem maior comprimento do caule por unidade de biomassa na haste, assim o aumento em crescimento em altura é uma maneira que facilita o “escape” de ambientes de baixa luz (SASAK e MORI 1981).

As plantas a pleno sol, por outro lado, são submetidas à alta irradiância, e quando comparadas com plantas de sombra, investem mais em massa radicular, de uma forma que compensa por maiores perdas por transpiração pela absorção de água e a produção de biomassa também é aumentada por meio de uma maior taxa de fotossíntese de luz saturante (POORTER e OBERBAUER 1993).

## **2. 4 Nutrientes**

### **2.4.1 Alocação de biomassa em função dos nutrientes**

As plantas têm uma notável capacidade de coordenar o crescimento de seus órgãos, de modo que geralmente há um firme equilíbrio entre a biomassa na parte aérea e a investida nas raízes. A teoria do equilíbrio funcional afirma que as plantas respondem a uma diminuição dos recursos acima do solo com o aumento na alocação da parte aérea, enquanto que respondem a uma diminuição nos recursos abaixo do solo com aumento na produção de raízes (POORTER e NAGEL 2000).

É conhecido que a alocação de biomassa nas raízes aumenta com a redução da disponibilidade de nutrientes e de água, para a parte aérea a alocação de biomassa aumenta com a diminuição da irradiância. Contudo, de maneira específica e sem tirar a importância dos demais macro e micronutrientes, o fósforo (P) é um nutriente considerado determinante no crescimento das plantas, uma vez que tem considerável importância no metabolismo do carbono, bem como na formação de açúcares fosfatos (GRANT et al. 2001).

### **2.4.2 Influência do fósforo no crescimento das plantas**

O P participa de vários processos metabólicos em plantas, como a transferência de energia, síntese de ácidos nucléicos, glicólise, respiração, síntese e estabilidade de

membrana, ativação e desativação de enzimas, reações redox, metabolismo de carboidratos e fixação de N<sub>2</sub> (VANCE 2003). O P está particularmente envolvido na transferência de energia, pois o ATP é necessário para a fotossíntese, translocação e muitos outros processos metabólicos de relevância (SHUMAN 1994).

O P é um macronutriente essencial para a fotossíntese, porque é requerido para produzir e exportar triose-fosfato, que é o principal produto fotossintético exportado do cloroplasto (STITT 1990). Há evidências que existe uma relação positiva entre fotossíntese e conteúdo de fósforo foliar (RAAIMAKERS et al. 1995). A diminuição da concentração de fosfato envolve várias alterações, não só no processo fotossintético, mas também na glicólise, respiração e metabolismo do nitrogênio, que afetam a taxa de fotossíntese líquida (PLAXTON e CARSWELL 1999).

O período de tempo requerido para a deficiência de P mostrar efeitos nos processos da planta depende da grandeza das reservas de P na mesma. Se o suprimento de P for adequado, grande parte do reservatório de Pi permanece não metabólico e é armazenado no vacúolo como ortofosfato (GRANT et al. 2001). Em contraste em plantas com deficiência de fósforo na folha, o Pi é mais encontrado no citosol e cloroplastos (LAUER et al. 1989).

O P tem participação essencial no metabolismo do N. O N e o P interagem de forma sinérgica, em que ambos os nutrientes, em doses adequadas, promovem aumentos na produção vegetal maiores do que aqueles obtidos com a aplicação de cada nutriente isoladamente (SHUMAN 1994). Plantas bem supridas com nitrogênio têm capacidade de absorver mais fosfato por unidade de massa do que aquelas cujo conteúdo é menor. Similarmente, plantas com alto teor de fósforo podem absorver mais nitrogênio. Essa interação é devida ao fato de N e P constituírem, muitas vezes, parte essencial da mesma molécula orgânica, isto é, um elemento estimula a absorção mais intensa do outro, o que é imprescindível a manutenção do equilíbrio químico celular e, por conseguinte, da planta como um todo.

Com todas as questões acima consideradas e os reflexos dos tratamentos a serem estabelecidos neste estudo, a expectativa é que os fatores primários estudados (luz e nutrientes, fósforo em particular) isolados ou conjuntamente proporcionem alterações nos ganhos de carbono e tenham implicações sobre a biomassa e crescimento desta espécie (*O. pyramidale*), pioneira com amplo potencial de aplicação em áreas a serem recuperadas na Amazônia.

### **3 MATERIAL E METODOS**

#### **3.1 Localização e caracterização do experimento**

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Campus III (3°05'30" S e 59°59'36" W) no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, entre os meses de outubro de 2012 e abril de 2014. O período experimental foi de 163 dias.

## **3.2 Instalação do experimento**

### **3.2.1 Obtenção, beneficiamento e germinação das sementes**

As sementes de *O. pyramidale* foram adquiridas pela ONG Clube da Semente do Brasil com sede em Alexandria/ GO, as quais foram coletadas em outubro de 2012 na região de Brasília e Xapuri/ AC. A quebra da dormência das sementes foi realizada pelo método da imersão em água quente a 80°C até resfriar, com permanência de cerca de 20 minutos (BARBOSA et al. 2004). Em seguida foram depositadas em gerbox plástico contendo papel toalha embebido com água e introduzidas em câmara de germinação, programada para temperatura de 30°C e fotoperíodo de 12 h de escuro e 12 h de luminosidade. Após a germinação, com a radícula atingindo cerca de 4 cm, as plântulas foram transferidas para bandejas plásticas contendo vermiculita, onde permaneceram até serem repicadas para sacos plástico contendo como substrato vermiculita, sendo selecionadas as plântulas de maior vigor, melhor estado fitossanitário e uniformidade no tamanho.

### **3.3 Transplântio das mudas**

As mudas foram transplantadas para embalagens de 4 L, quando atingiram cerca de 4-5 cm de altura, e apresentando em média dois folíolos por plântula, na qual foi efetuado uma seleção para homogeneizar quanto ao tamanho. As 40 mudas transplantadas foram distribuídas em 4 tratamentos, sendo 10 plantas para cada tratamento. No dia do transplântio foram realizadas medições de altura, número de folhas e diâmetro do coleto de cada indivíduo e durante a condução do experimento foi realizada a irrigação diariamente, colocando-se uma quantidade de água equivalente a 30% do peso do solo seco.

### **3.4 Aplicação da solução nutritiva**

Uma semana após a transferência das plântulas, iniciou-se a aplicação de solução nutritiva duas vezes por semana. Nos primeiros dois meses, foram realizadas aplicações de solução nutritiva a 1/5 da concentração normal, com 100 mL de solução para cada planta. A

partir desse período, foi utilizada força de campo de 1/3 e 150 mL de solução para cada planta.

**Tabela 1:** Composição e concentrações das fontes de nutrientes da solução nutritiva utilizada no cultivo de mudas de *O. pyramidale*.

Fonte de nutrientes	Concentração
MgSO <sub>4</sub> . 7 H <sub>2</sub> O	2 mM
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1 mM
CaSO <sub>4</sub> . 2H <sub>2</sub> O	2 mM
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	2 mM
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	0,46 mM
MnCl <sub>2</sub> . 4 H <sub>2</sub> O	9,1mM
ZnSO <sub>4</sub> . 7 H <sub>2</sub> O	7,65 mM
CuSO <sub>4</sub> . 5H <sub>2</sub> O	3,2 mM
H <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub>	0,56 Mm

Obs.: O P foi fornecido como fosfato de potássio monobásico (1mM).

### 3.5 Medidas biométricas

As variáveis biométricas foram medidas a cada 20 dias ao longo de todo o período experimental, durante cinco meses e meio, totalizando nove medições. Ao final do experimento foi feita a contagem dos indivíduos vivos, e, durante o monitoramento, foi realizada a contagem do número de lançamentos foliares e a medida da altura total das mudas considerada até a gema apical com auxílio de uma trena graduada em centímetros, e o diâmetro à altura do coleto, medido na base da planta rente ao solo, utilizando-se paquímetro digital (Mitutoyo – CD-8” CX-B).

De posse dos dados de altura, diâmetro e número de folhas, foram calculadas as taxas de crescimento absoluto (TCA), relativo (TCR) e o índice de ganho foliar (IGF) (BUGBEE 1996; DAVANSO et al. 2002).

As variáveis morfológicas estudadas foram: área foliar (AF), determinada por meio de imagens digitalizadas em scanner de mesa, na resolução de 200 dpi arquivadas como imagem monocromática tipo bitmap e processadas no software DDA (FERREIRA et al. 2008); área foliar específica (AFE), determinada a partir da razão área (cm<sup>2</sup>) / massa seca (g) em estufa a 70°C, a partir de discos foliares de área conhecida (0,283 cm<sup>2</sup>), sendo utilizados 5 discos por planta; a área foliar total (AFT) determinada a partir da soma da área foliar de cada planta e o tamanho médio foliar (TMF) determinado a partir área foliar / número de folhas.

### 3.6 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial de 2 x 2. Os fatores foram: (i) 2 níveis de irradiância e (ii) 2 níveis de fósforo com 10 repetições cada. Os dados de cada variável estudada foram submetidos aos testes Shapiro Wilk e Lilliefors para verificação do atendimento às premissas de normalidade e homogeneidade de variâncias, respectivamente, quando necessário as variáveis foram transformadas a partir das funções raiz quadrada ou  $\log_{10}$ . Em seguida, foram submetidas à análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). Todas as análises foram processadas utilizando-se o software Statistica versão 7.0 (StatSoft Inc., 2004).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

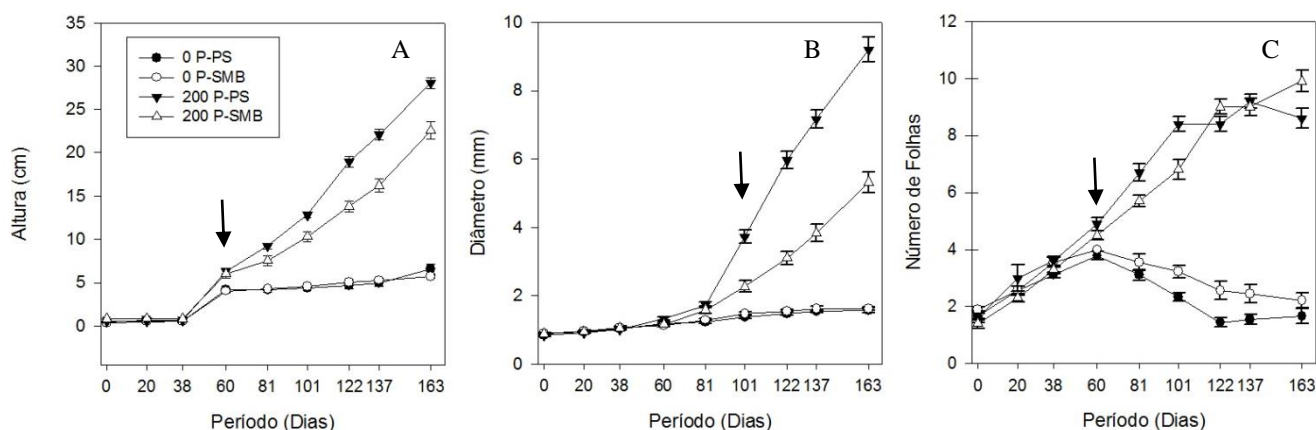
O número de folhas nas mudas de *O. pyramidale* foi influenciado pelos tratamentos a partir dos 60 dias de experimentação. E, a partir deste período, as mudas dos tratamentos que receberam dosagem de fósforo apresentaram melhor desempenho, onde o número de folhas das mudas no tratamento 200 P-PS foi cerca de 156% superior ao 0 P-PS, enquanto que no tratamento 200 P-SMB esse valor foi 100% superior ao 0 P-SMB (Figura 1 C). Vale ressaltar que mudas submetidas a 200 mg de P obtiveram melhores resultados, aumentando o lançamento de folhas novas, sendo este padrão mais evidente em mudas crescendo sob ambiente sombreado (Tabela 2).

O fato da folha consistir no principal órgão fotossintético, capaz de se modificar morfológicamente e fisiologicamente para aumentar a absorção de luz e maximizar o ganho total de carbono (OSUNKOYA et al. 1994; TAIZ e ZEIGER, 2004), cria a possibilidade que com o acréscimo do nível de sombreamento aumenta-se a área foliar (folhas mais finas e maiores), com incremento em quantidade e biomassa de folhas (POORTER, 1999). As mudas que não receberam P possuíram até o término do experimento número de folhas nunca superior a quatro (Figura 1 C).

A área foliar específica foi maior em mudas submetidas a 200 mg de P e em ambiente sombreado (Tabela 2). Autores como Markesteyn et al. (2007) e Sarijeva et al. (2007), observaram que geralmente em condições de alta irradiância são encontrados menores valores para essa variável em função do maior incremento em biomassa foliar por unidade de área devido à maior espessura dos tecidos parenquimáticos e das camadas de epiderme como estratégias adotadas para maior captação de energia e fotoproteção. Tal fato foi observado para plantas de *O. pyramidale* nessa pesquisa. Segundo Campos e

Uchida (2002), o aumento de área foliar com o aumento do sombreamento deve constituir estratégia para maior captação de energia diante da baixa disponibilidade de luz. A AFE é um dos principais parâmetros indicadores da taxa de crescimento e das estratégias de uso de recursos pelas plantas, podendo ser considerada como um índice de produtividade, dada a importância dos órgãos fotossintetizantes na produção biológica (SCALON et al. 2003; BOEGER et al. 2006). A AFT foi maior no tratamento 200 P-PS com média de 1212 cm<sup>2</sup>, enquanto que TMF foi maior no tratamento 200 P-SMB com média de 107 cm<sup>2</sup> (Tabela 2).

O crescimento em altura das mudas de *O. pyramidale* não foi influenciado pela aplicação de fósforo nem pelo ambiente até 38 dias de experimentação (Figura 1 A). A partir de 60 dias observou-se maior crescimento das mudas que receberam 200 mg de P em ambos os ambientes de luz. Tal crescimento tornou-se mais acentuado quando o experimento completou 163 dias, onde a altura das mudas adubadas com 200 mg de P em ambiente de pleno sol foi 26% superior a altura das mudas em ambiente 50% sombreado recebendo a mesma dosagem.



**Figura 1:** Valores médios de **(A)** Altura; **(B)** Diâmetro; **(C)** Número de folhas de mudas de *O. pyramidale* submetidas aos tratamentos: 0 P-PS – (0 mg dm<sup>-3</sup> P Pleno Sol); 0 P-SMB – (0 mg dm<sup>-3</sup> P Sombreado); 200 P-PS – (200 mg dm<sup>-3</sup> P Pleno Sol); 200 P-SMB- (200 mg dm<sup>-3</sup> P Sombreado). As barras representam o erro padrão e as setas indicam o início de diferenças significativas entre os tratamentos (n = 10).

As mudas que não receberam fósforo (0 P-PS e 0 P-SMB) pouco cresceram em altura, com valores aproximados de 5 cm aos 163 dias de experimentação (Figura 1 A). Desta maneira, o valor médio de altura obtido no tratamento 200 P-PS foi 225% superior ao obtido no tratamento 0 P-PS. Enquanto, o valor obtido no tratamento 200 P-SMB foi 161 % superior ao obtido nas mudas em 0 P-SMB.

O maior crescimento em diâmetro foi observado aos 101 dias de experimentação, com variação de 2 a 4 mm de incremento para as mudas que receberam dosagem de fósforo. As mudas que receberam adubação com fósforo crescendo em pleno sol apresentaram melhor desempenho, sendo o seu crescimento em diâmetro cerca de 58% superior quando comparado ao crescimento observado no tratamento 200 P-SMB (Figura 1 B). Plantas com maior diâmetro apresentam melhores condições de sobrevivência por apresentarem maior capacidade de estabelecimento durante a fase inicial de crescimento (REIS et al. 1991). As mudas dos tratamentos que não receberam adubação fosfatada, independente do ambiente de luz, não obtiveram crescimento satisfatório com incremento inferior a 2 mm até o fim do experimento (163 dias).

As elevadas taxas de crescimento dessa espécie obtidas neste estudo evidenciam a acentuada responsividade da mesma à adubação fosfatada. De modo geral, as espécies pioneiras têm seu potencial de crescimento restringido quando se desenvolvem em solos pobres, mostrando-se bastante responsivas à fertilização (SANTOS et al. 2008). De acordo com Furtini et al. (2000) e Resende et al. (2005) é de se esperar que as espécies pioneiras sejam mais responsivas à adubação fosfatada, quando comparadas às espécies climácicas que tem crescimento lento. Conforme Marschner (1991) e Lambers e Poorter (1992), espécies de crescimento lento tendem apresentar baixa resposta ao fornecimento de nutrientes, característica, em alguns casos, relacionada à adaptação a solos de baixa fertilidade natural.

Quanto a as taxas de crescimento, aos 163 de experimento, o tratamento 200 P-PS demonstrou resultados cerca de 3 (TCR-a), 4 (TCR-d), 7 (TCA-a) e 2 (TCA-d), vezes superiores ao tratamento 0 P-PS. Enquanto que o tratamento 200 P-SMB foi 3 (TCR-a e TCR-d), 7 (TCA-a) e 67 (TCA-d) vezes superior ao tratamento 0 P-SMB. Porém, comparando os resultados entre ambientes de luz, o tratamento 200 P-PS foi 13% (TCR-a), 33% (TCR-d), 29% (TCA-a) e 87% (TCA-d) vezes superior ao tratamento 200 P-SMB (Tabela 3).



**Tabela 2:** Características morfológicas foliares de plantas jovens de *Ochroma pyramidale* submetidas à fertilização fosfatada em ambientes contrastantes de irradiância. 0 P-PS ( 0 mg dm<sup>-3</sup> P Pleno Sol); 200 P-PS (200 mg dm<sup>-3</sup> P Pleno Sol); 0 P-SMB (0 mg dm<sup>-3</sup> P Sombreado); 200 P-SMB (200 mg dm<sup>-3</sup> P Sombreado); Número de folhas; AFT (área foliar total); AFE (área foliar específica); TMF (Tamanho médio foliar) (média ± erro padrão) (n = 10).

Tratamentos		Número de Folhas	AFT (cm <sup>2</sup> )	AFE (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	TMF (cm <sup>2</sup> )
Doses de P	Ambientes de luz				
0	PS	1 ± 0,2 Ab	13,6 ± 4,8 Ab	202,9 ± 14,9 Ab	7,54 ± 1,6 Ab
	SMB	2,1 ± 0,3 Ab	15,5 ± 3 Ab	356,5 ± 16,8 Bb	7,24 ± 0,7 Ab
200	PS	8,3 ± 0,3 Aa	1211,6 ± 34,9 Aa	271,1 ± 8,2 Aa	14,73 ± 6,1 Aa
	SMB	9,2 ± 0,2 Aa	1000,5 ± 111,3 Aa	831,8 ± 20,1 Ba	107,20 ± 8,5 Ba

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas e minúsculas não apresentam diferenças significativas para os tratamentos condição de luz e dosagem de P, respectivamente pelo teste de Tukey ( $P > 0,05$ ).

**Tabela 3:** Crescimento de plantas jovens de *Ochroma pyramidale* submetidas à fertilização fosfatada em ambientes contrastantes de irradiância. 0 P-PS (0 mg dm<sup>-3</sup> Fósforo Pleno Sol); 200 P-PS (200 mg dm<sup>-3</sup> P Pleno Sol); 0 P SBM (0 mg dm<sup>-3</sup> P Sombreado); 200 P SBM (200 mg dm<sup>-3</sup> P Sombreado); TCR-a (Taxa de Crescimento Relativo em Altura); TCR-d (Taxa de Crescimento Relativo em Diâmetro); TCA-a (Taxa de Crescimento Absoluto em Altura); TCA-d (Taxa de Crescimento Absoluto em Diâmetro) e IGF (Índice de Ganho Foliar); (média ± erro padrão) (n=10)

Tratamento		TCR-a	TCR-d	TCA-a	TCA-d	IGF
Doses de P	Ambientes de luz	(cm cm <sup>-1</sup> mês <sup>-1</sup> )	(mm mm <sup>-1</sup> mês <sup>-1</sup> )	(cm mês <sup>-1</sup> )	(mm mês <sup>-1</sup> )	(%)
0	PS	0,15 ± 0,02 Ab	0,11 ± 0,02 Ab	0,68 ± 0,12 Ab	0,13 ± 0,02 Ab	0,00 ± 6,14 Ab
	SMB	0,13 ± 0,01 Ab	0,11 ± 0,01 Ab	0,54 ± 0,04 Ab	0,13 ± 0,01 Ab	6,14 ± 6,24 Ab
200	PS	0,41 ± 0,07 Aa	0,44 ± 0,01 Aa	4,61 ± 0,11 Aa	1,54 ± 0,07 Aa	128,91 ± 5,49 Aa
	SMB	0,36 ± 0,06 Ba	0,33 ± 0,01 Ba	3,55 ± 0,03 Aa	0,82 ± 0,06 Ba	156,54 ± 7,39 Ba

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas e minúsculas não apresentam diferenças significativas para os tratamentos condição de luz e dosagem de P, respectivamente pelo teste de Tukey ( $P > 0,05$ ).

## 5 CONCLUSÃO

A fertilização fosfatada contribuiu de maneira efetiva para o melhor crescimento inicial de plantas jovens de *O. pyramidale*, especialmente quando cultivada em ambiente de alta irradiância (pleno sol).

## 6 CRONOGRAMA

Nº	Descrição	Ago 2012	Set	Out	Nov	Dez	Jan 2013	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul
1	Instalação do experimento	R	R	R									
2	Monitoramento das características de crescimento				R	R	R	R	R	R			
3	Determinação da biomassa									R			
4	Análises anatômicas foliares									NR			
5	Análises estatísticas dos resultados										R		
6	Elaboração do resumo e relatório final											R	R
7	Preparação da Apresentação Final para o Congresso												R

R: REALIZADO; NR : Não Realizado

## 7 REFERÊNCIAS

ADIR, N et al. Photoinhibition – a historical perspective. *Photosynthesis Research*. Netherlands. v. 76 p. 343-370. 2003.

ASADA, K.. The water-water cycle in chloroplasts: scavenging of active oxygens and dissipation of excess photons. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. Fukuyama. v.50, p. 601-639, Jun.1999.

AVILA, M. The economics of agroforestry systems. Paia: *Financial and Economic Analysis of Agroforestry Systems*. p. 77-94. 1992.

BARBOSA, A.P. et al. Tecnologia alternativa para a quebra de dormência alternativa das sementes de pau de balsa (*Ochroma lagopus* Sw., Bombacace). *Acta Amazônica*, Manaus, 34 (1): 107-110. 2004

BJORKMAN,O. Responses to different quantum flux densities. In: LANGE,O.L.; NOBEL, P.S.; OSMOND, C.B & ZIEGLER, H. *Encyclopedia of Plant Physiology: Physiological Plant Ecology*, New York, v.12: p 57-107. 1981.

BJORKMAN,O. et al. Regulation of photosynthetic light energy capture, conversion, and dissipation in leaves of higher plants. In: Schulze, E.D e Caldwell,M.M. (eds). *Ecophysiology of photosynthesis*, Heidelberg, v.100, p. 17- 47. 1995.

BOEGER, M. R. T. et al. Efeitos da radiação ultravioleta-B sobre a morfologia foliar de *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh (Brassicaceae). *Acta Botanica Brasílica*, São Paulo, v.20 (2), p.229-338. 2006.

BUGBEE, B.G. GROWTH..Analyses and yield components. In: Salisbury, F. B. (Ed.). *Units, symbols and terminology for plant physiology*, New York, p. 115-119. 1996.

CAMPOS, M.AA. et al. Influência do sombreamento no crescimento de mudas de três espécies Amazônicas. *Pesquisa Agropecuária Brasília*, Brasília v.37 (3), p. 281-288. Mar.2002.

CASTRO, Y. et al.. Chronic photoinhibition in seedling of tropical trees. *Physiol Plant*, v.94, p.560-565. 1995.

CLARK,D.A. et al. Life history diversity of canopy and emergent trees in a neotropical rain forest. *Ecological Monographs*, v.62, p. 315-344. 1992.

CLARK,D.B. et al. Landscape scale evaluation of understory light and canopy structure: methods and application in a neotropical lowland rain forest. *Canadian Journal of Forest Research*, v.26, p. 747-757. 1996

CHAUVEL, A. et al. . Changes in soil pore-space distribution following deforestation and revegetation: An example from the Central Amazon Basin, Brazil. *For. Ecol. Manage.* 38 (3-4): 259-271. 1991

COSTA, S.G.et al. Densidade de bambu e estrutura populacional de duas espécies arbóreas pioneiras em florestas secundárias de diferentes idades em um remanescente florestal, Acre. *Scientia forestalis*, v.40 (95), p. 363-374. 2012.

DAVANSO, V.M. et al. Photosynthesis, growth and development of *Tabebuia avellanedae* Lor. Ex. Griseb (Bignoniaceae) in flooded soil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v.45(3), p.375-384.2002..

DAVIDSON, E.A. et al.The Amazon Basin in Transition. *Nature*,v. 481, p.321-328. 2012.

DALLING, J.W. et al Growth responses of seedling of two neotropical pioneer species to simulated forest gap environments. *J. Trop. Ecol*, v.15, p. 827-839. 1999

EYRI S.R. *Vegetation and Soils*. 328 pp. 9681.

FRANCIS, J.K. *Ochroma pyramidale* Cav. Balsa-Bombacaceae. SO.-Institute of Tropical Forestry. USDA, SM-41. Rio Piedras. 1991.

FERREIRA, O.G.L.; ROSSI, F.D.; ANDRIGHETO, C. 2008. DDA: Determinador Digital de Áreas – Software para determinação de área foliar, índice de área foliar e área de olho de lombo. Versão 1.2. Santo Augusto: IF Farroupilha.

FURTINI NETO, A. E. et al. Fertilização em reflorestamento com espécies nativas. In: GONÇALVES, J. L. M. & BENEDETTI, V. Nutrição e fertilização florestal. Piracicaba:IPEF,. p.352-379. 2000 .

GRANT, C.A.; FLATEN, D.N.; TOMASIEWICZ, D.J.; SHEPPARD, S.C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. Informações agronômicas, v.95, p. 1-5. 2001.

GRIMALDI, M. et al. Efeitos da vegetação e da ação do homem sobre a estrutura dos latossolos argilosos da Amazônia Brasileira. In: First Internacional Symposion on Enviromental Studies in Tropical Rain Forests. p.25-29. 1992.

GOODLAND, R. G. The concept of environmental sustainability. Annual Review of Ecology and Systematics, v. 26, p.1-25. 1995

JORDAN C.F. Nutrient Cycling in Tropical Forest Ecosystems. 190 pp.1985.

KENDRICK, R.E. Photocontrol of seed germination. Science Progress, v.63, p.347-367. 1976.

LAMBERS, H. et al. Inherent variations in growth rate between higher plants: A search for physiological causes and ecological consequences. Advances in Ecological Research, v.23, p.188-261, 1992.

LAMPRECHT, H.. Silvicultura nos Tropicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas-possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado. GTZ.343. 1990

LAUER MJ. et al. <sup>31</sup>P -Nuclear magnetic resonance determination of phosphate compartmentation in leaves of reproductive soybeans as affected by phosphate nutrition. Plant Physiol, v. 89 p.1331-1336.1989.

LEÃO, N.V.M. et al Informativo Técnico Rede de Sementes da Amazônia: Pau-de balsa. Manaus: p.19. 2008.

LORENZI, H. Árvores brasileiras. Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Editora Plantarum. Nova Odessa/SP, 368p. 1992.

MARSCHNER, H. Mechanisms of adaptation of plants to acid soils. Plant and Soil, v.134,n.1, p.1-20. 1991.

MARENCO, R. A. et al. Leaf gas Exchange and carbohydrates in tropical trees differing in succesional statuts in two light environments in central Amazônia. *Tree Physiology*, Victoria, Canada, v.21: p.1311-1318. 2001

MARKESTEIJN, L. et al. Light-dependent leaf trait variation in 43 tropical dry forest tree species. *American Journal of Botany*. St. Louis Missouri.v. 94, p. 515-525. 2007.

---

MAXWELL,K. et al. Chlorophyll fluorescence-a practical guide. *Journal of experimental botany*, Lancaster United kingdom v.51 (345), p.659-668. 2000.

MENDONÇA-SANTOS, M.L. et al. Soil and land use in the Brazilian Amazon, in: Moreira, F.M.S. et al. (Eds.), *Soil Biodiversity in Amazonian and Other Brazilian Ecosystems*, CAB International, Wallingford, p. 13-42. 2006.

MULLER,P. et al. Non photochemical quencging. A response to excess light energy. *Plant physiology*, v.125, p.1158-1566. 2001.

NISHIYAMA, Y. et al. A new paradigm for the action of reactive oxygen species in the photoinhibition of of photosystem II. *Biochim. Biophys. Acta* v.1757, p. 742-749. 2006.

OSMOND,C.B. What is photoinhibition? Some insights from compararisons of shade and Sun plants. In: Baker, N.R.; Bower, J.R. (eds). *Photoinhibition of photosynthesis: from molecular mechanisms to the Field*. BIOS Scientific Publishers Ltda, Oxoford.p1-24. 1994.

OSUNKOYA, O.O. et al. Influence of seed size and seedling ecological attributes on shade-tolerance of rain-forest tree species in northern Queensland. *Journal of Ecology*, v.82, 149-p.163. 1994.

PLAXTON, WC. et al. Metabolic aspects of the phosphate starvation response in plants. In: Lerner R, ed. *Plant responses to environmental stresses. From phytohormones to genome reorganization*. New York, Basel: Marcel Dekker, p.349-372. 1999.

POORTER, L. Growth responses of 15 rain-forest tree species to a light gradient: the relative importance of morphological and physiological traits. *Functional Ecology*, London, v.13, n.3, p.396-410. 1999.



POORTER, H. et al. The role of biomass allocation in the growth responses of plants to different levels of light, CO<sub>2</sub>, nutrients and water: a quantitative review. *Australian Journal of Plant Physiology*, v. 27, p. 595-607. 2000.

POORTER, L. et al. Photosynthetic induction responses of two rainforest tree species in relation to light environment. *Oecologia*, v.96, p. 193-199. 1993.

RAAIJMAKERS J.M. et al. Dose–response relationships in biological control of fusarium wilt of radish by *Pseudomonas* spp. *Phytopathol* v.85, p.1075–1081.1995

REIS, M.G.F. et al. Crescimento e forma do fuste de mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* Fr. Allem.), sob diferentes níveis de sombreamento e tempo de cobertura. v.15(1) 23-24. 1991.

RESENDE, A. V. et al. Mineral nutrition and fertilization of native tree species in Brazil: research progress and suggestions for management. *Journal of Sustainable Forestry*, v.20, n.2, p.45-81. 2005.

REVILLA, J. Plantas Úteis da Bacia Amazônica. Manaus: SEBRAE-AM / INPA. 2002.

SANTOS, J. Z. L. et al. Crescimento, acúmulo de fósforo e frações fosfatadas em mudas de sete espécies arbóreas nativas. *Revista Árvore*. Viçosa, v.32, n.5, p 799-807. 2008.

SASAKI, S; MORI, T. Responses of Dipterocarp seedling to light. *Malayan Forester*. v.44, p.319-345. 1981.

SARIJEVA, G.; KNAPP, M. e LICHTENTHALER, H.K. 2007. Differences in photosynthetic activity, chlorophyll and carotenoid levels, and in chlorophyll fluorescence parameters in green sun and shade leaves of *Ginkgo* and *Fagus*. *Journal of Plant Physiology* v.164, p. 950-955.

SCALON, S. P. Q. et al. Crescimento inicial de mudas de *Bombacopsis glabra* (Pasq.) A. Robins sob condição de sombreamento. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 27(6), p. 753-758. 2003.

SILVA, J.N.M. The behavior of the tropical rain forest of the Brazilian amazon after logging. (Doctor thesis) – University of Oxford, Oxford, p. 302. 1989.

SHUMAN, L.M. Mineral Nutrition. In: WILKISON, R.E.,ed. Plant –environmental interactions. New York, Marcel Dekker, p. 149-182. 1994.

STITT, M. Fructose-2,6-bisphosphate as a regulatory molecule in plants. Annu Rev Plant Physiol Plant Biol. Bayreuth, V. 41, p. 153-185. 1990.

TAIZ, L. et al. Fisiologia vegetal. Tradução: Eliane Romanato Santarém. 3.ed, Porto Alegre: Artmed, 690p. 2004.

TERASHIMA. Et al. KComparative ecophysiology of leaf and canopy photosynthesis. Plant cell environ. V.18 p.1111-1128. 1995.

WANDELLI, E.V.; et al. Medidas de radiação solar e índice de área foliar em coberturas vegetais. Acta Amazônica, Manaus, v.29 (1), p.57-78. 1999.

VANCE, C.P. et al. Phosphorus acquisition and use: Critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. New Phytol. v.157, p.423-447. 2003.

VÁZQUEZ-YANES, C.; A. et al. Seed germination of a tropical rain forest pioneer tree (*Heliconia donnel-smithii*) in response to diurnal fluctuation of temperature. Physiologia Plantarum, v.56, n.3, p.295-298. 1982.