

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

CRESCIMENTO DE PLANTAS JOVENS NODULADAS *DE Inga edulis* MART. SUBMETIDAS À FERTILIZAÇÃO NITROGENADA E FOSFATADA SOB REGIMES HÍDRICOS CONTRASTANTES

Bolsista: Bruna de Oliveira dos Santos, FAPEAM

MANAUS

2014

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

RELATÓRIO FINAL

PIB-A/0021/2013

CRESCIMENTO DE PLANTAS JOVENS NODULADAS *DE Inga edulis* MART. SUBMETIDAS À FERTILIZAÇÃO NITROGENADA E FOSFATADA SOB REGIMES HÍDRICOS CONTRASTANTES

Bolsista: Bruna de Oliveira dos Santos, FAPEAM

Orientador: Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Marciel José Ferreira

MANAUS

2014

## RESUMO

As estratégias das plantas quanto à captação e utilização de recursos primários (e.g. luz, temperatura, água, CO<sub>2</sub> e nutrientes) são determinantes para sua sobrevivência e crescimento. A resistência das plantas ao estresse hídrico pode ser aumentada através da melhoria do estado nutricional, em especial em relação ao N e P que são determinantes em diferentes etapas do processo fotossintético. *Inga edulis* é uma espécie capaz de fixar nitrogênio atmosférico sendo usada para restauração de áreas alteradas por melhorar as condições edáficas. O objetivo dessa pesquisa foi investigar os efeitos das fertilizações nitrogenada e fosfatada no crescimento de plantas jovens de *Inga edulis* quando submetidas a regimes hídricos contrastantes. O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). As mudas de *Inga edulis* foram cultivadas em vasos de 30 litros contendo como substrato latossolo e areia na proporção de 2:1. Foram analisados durante 117 dias os parâmetros altura e diâmetro para obtenção das taxas de crescimento relativo (TCR) e absoluto (TCA) e o número de folhas. Para matéria seca (MS), as plantas foram seccionadas em folhas, caules, raízes e nódulos e secas em estufa à 65°C. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial (2x4), com dois níveis de irrigação: plantas irrigadas (IR) e não irrigadas (NI), sob 4 níveis de fertilização: (C) controle, (N) nitrogênio, (NxP) interação nitrogênio e fósforo e (P) fósforo. Plantas jovens de *Inga edulis* quando submetidas a adubações fosfatada e nitrogenada, bem como sua interação, não foram afetadas pelo estresse hídrico tanto em acúmulo de massa seca quanto em crescimento. Com relação à produção de matéria seca total em função da adubação, constatou-se que plantas fertilizadas apenas com nitrogênio obtiveram crescimento inferior quando comparadas aos tratamentos de interação (NxP) e fertilização fosfatada. Observou-se que entre os tratamentos analisados, a interação NxP resultou em melhores resultados de crescimento das mudas de *Inga edulis*. Ademais, plantas adubadas com fósforo apresentaram valores 75, 48, 103 e 51% superiores a nitrogênio para CR-a, CR-d, CA-a e CA-d, respectivamente. Plantas jovens de *Inga edulis* quando submetidas a adubações fosfatada e nitrogenada, bem como sua interação, não são afetadas pelo estresse hídrico. Ao mesmo tempo, a espécie possui melhor crescimento e acúmulo de biomassa quando cultivada com fósforo.

Palavras-chave: Estresse hídrico, biomassa, Fabaceae.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	5
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	6
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	11
<b>3.1 Localização e instalação do experimento</b> .....	11
<b>3.2 Caracterização do substrato</b> .....	12
<b>3.3 Análise de crescimento</b> .....	14
<b>3.4 Delineamento Experimental e Análise Estatística</b> .....	15
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	16
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	21
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	22
<b>7. CRONOGRAMA</b> .....	27

# 1. INTRODUÇÃO

As estratégias das plantas quanto à captação e utilização de recursos primários (e.g. luz, temperatura, água, CO<sub>2</sub> e nutrientes) são determinantes para a sobrevivência e estabelecimento em ambientes adversos, uma vez que a baixa disponibilidade de algum desses recursos pode afetar significativamente o ciclo biológico da planta (GRANDIS et al., 2010; LIBERATO et al., 2010).

Quanto à disponibilidade hídrica, as plantas percebem e respondem rapidamente a alterações no estado de água por meio de uma série de eventos fisiológicos, celulares e moleculares (CHAVES et al., 2009). Tais respostas são moduladas pela intensidade, duração, e velocidade de progressão da seca imposta. Todavia, as plantas desenvolveram mecanismos de adaptação/resistência para minimizarem ou se adaptarem as condições de estresse ambiental, em que o estado nutricional desempenha um papel crítico no aumento da resistência das plantas a fatores de estresses ambientais (WARAICH et al., 2011).

Dentre os nutrientes essenciais para as plantas, o nitrogênio e o fósforo, em particular, desempenham papéis efetivos no crescimento e desenvolvimento das plantas (CHAPIN et al., 1990; LAMBERS et al., 2008), bem como no ganho carbono (C) (LEWIS et al., 2004; NEPSTAD et al., 2008), visto que estão correlacionados com a fotossíntese e a respiração (WRIGHT et al., 2005).

O efeito positivo do maior potencial de absorção e utilização de nitrogênio sob estresse hídrico, por exemplo, é importante para o crescimento da planta, pois este nutriente afeta o particionamento de carbono ao acumular açúcares solúveis e, especialmente, amido, que por sua vez, é determinante para o crescimento das folhas (RUFTY et al., 1993). Embora o nitrogênio (N) e o fósforo (P) no solo sejam encontrados em baixa disponibilidade, seus efeitos podem variar por elemento devido a diferenças na mobilidade, disponibilidade, absorção e a demanda celular (LAMBERS et al., 2008).

A espécie *Inga edulis* Mart. é uma arbórea nativa da América Tropical e regionalmente conhecida como inga-cipó pertencente à família Fabaceae, amplamente distribuída e cultivada nas Américas do Sul e Central. A espécie é classificada como secundária inicial, apresentando crescimento rápido. Dentre seus benefícios estão a melhoria da fertilidade do solo, a produção de uma liteira foliar rica em nutrientes, a manutenção da umidade do solo, o sombreamento de espécies perenes em sistemas agroflorestais e a produção de frutos comestíveis. *Inga edulis* é reconhecida como

uma proeminente fixadora de N<sub>2</sub> em biomas da America do Sul (LEBLANC et al., 2005) e que apresenta associação com fungos micorrízicos (IGLESIAS et al., 2011).

Diante deste cenário alguns questionamentos são relevantes, por exemplo: Quais os efeitos da fertilização nitrogenada e fosfatada, bem como sua interação são determinantes para o crescimento (alocação de biomassa, acúmulo de biomassa)? As características de crescimento são alteradas significativamente com as variações nutricionais (nitrogenadas e fosfatadas), assim como as relações hídricas?

Portanto, neste trabalho investigou-se os efeitos das fertilizações nitrogenada e fosfatada no crescimento de plantas jovens de *Inga edulis* quando submetidas a regimes hídricos contrastantes.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 *Inga edulis***

*Inga edulis* é uma espécie arbórea pertencente à família Fabaceae (sub-família Mimosoideae). Ocorre na Região Amazônica e em toda planície litorânea desde o Rio Grande do Norte até o norte de Santa Catarina na Floresta Pluvial Atlântica (LORENZI, 2002). É conhecida como ingá, ingá-cipó, ingá-de-metro, ingá-doce, ingá-de-macaco, ingá-macarrão, ingá-rabo-de-mico, angá (LORENZI, 2002).

O ingá pode atingir até 25 m de altura, com copa ampla e baixa, tronco claro com 30-60 cm de diâmetro e folhas compostas paripinadas, amplas, de raque alado, com 4-6 pares de folíolos, sobre pecíolo cilíndrico de 2-5 cm de comprimento. Os folíolos são um pouco discolorados, sendo que os basais tem de 4-8 cm e os terminais de 12-18 cm de comprimento, respectivamente. As inflorescências são em espigas axilares, variando de 1-2 por axila, com muitas flores tubulares e pubescentes de coloração branca. Seu fruto é um legume alongado, tomentoso, reto ou em ampla espiral, estriado longitudinalmente, de 15-80 cm de comprimento e com muitas sementes envoltas por arilo flocoso e adocicado (LORENZI, 2002).

Quanto à ecologia é uma planta semidecídua, heliófita, seletiva higrófila, secundária inicial e se desenvolve bem em solos alagados no período chuvoso. Ocorre principalmente em capoeiras localizadas sobre solos de baixadas que no período chuvoso são alagados (LORENZI, 2002). Possui sementes do tipo recalcitrantes e frutificam anualmente, até quatro ou cinco vezes por ano, normalmente nos meses de abril, junho, setembro/outubro e novembro/fevereiro (FALCÃO e CLEMENT, 2000).

A madeira pode ser utilizada para carpintaria leve e caixotaria, carvão e para lenha (CORRÊA, 1926). Seus frutos comestíveis são muito apreciados, consumidos e comercializados pelas populações da região Amazônica (LORENZI, 2002). Da polpa do fruto prepara-se um xarope usado na medicina caseira contra bronquites e a decocção da casca é empregada na cura de feridas e diarreias. A casca é rica em tanino e serve para curtume (PRANCE e SILVA, 1975).

É uma árvore de interesse florestal na Amazônia por suas características de múltiplo aproveitamento, rusticidade, rápido crescimento e adaptação aos solos ácidos que predominam nessa região (BRITO e SOUZA, 1997). Apresenta excelente desempenho em sistemas agroflorestais com função de sombrear culturas perenes, principalmente café, cupuaçu e cacau e ainda por amenizar o potencial de degradação de ecossistemas frágeis e complexos como os da Amazônia, devido sua capacidade de capturar e reciclar nutrientes e de apresentar crescimento satisfatório mesmo em solos de baixa fertilidade (ROSA *et al.*, 2000).

## **2.2 Importância das espécies arbóreas na restauração de áreas alteradas**

Franco (1996) defende o uso de espécies florestais na recuperação de áreas degradadas, inclusive as leguminosas, pois estas se apresentam como uma boa opção para restaurar de maneira sustentável os solos das regiões tropicais, devido a sua influência positiva em vários atributos na qualidade do solo. Curcio *et al.* (2007) confirma a importância da escolha adequada das espécies arbóreas nativas a serem implantadas na restauração de áreas alteradas, por meio da adaptabilidade das espécies às diferentes condições hídricas dos solos, proporcionando melhor estabelecimento das plântulas, crescimento e sobrevivência.

Segundo Dickow *et al.* (2009), conhecer como as espécies contribuem para ciclagem de nutrientes facilita a seleção das espécies mais adequadas para restaurar sítios degradados. Espécies pioneiras, que produzem bastante serapilheira e que, por conseguinte reciclam grande quantidade de nutrientes são espécies chave para acelerar os processos de recuperação das áreas alteradas. O grupo das espécies pioneiras necessita de níveis maiores de radiação solar para germinação e crescimento de suas plântulas. O grupo das espécies clímax, é considerado tolerante ao sombreamento inicial podendo germinar e se desenvolver sob dossel fechado com reduzida radiação solar (FELFINI *et al.*, 1999).

Em áreas invadidas por gramíneas onde os níveis de irradiância são acentuados, o uso de espécies pioneiras é adequado, pois estas são tolerantes a altas intensidades de radiação solar, normalmente são de rápido crescimento e se mostram mais eficientes à competição com as gramíneas.

### **2.3 Água na planta**

As plantas apresentam alguns mecanismos de resistência à seca que podem ser divididos em retardo da dessecação, quando as plantas mantêm a hidratação dos tecidos apesar das condições ambientais, e tolerância a dessecação, capacidade de continuar suas atividades mesmo desidratada (Taiz e Zeiger, 2009). A resposta das espécies ao estresse hídrico depende das características das mesmas, que podem ser relacionadas ao estágio sucessional ao qual a espécie pertence. De acordo com Bazzaz (1979), as espécies do estágio inicial de sucessão possuem maior plasticidade fisiológica para mudanças ambientais.

Os fatores de crescimento podem tornar-se limitantes para as plantas por poucos minutos (temperatura); por dias, semanas (água) ou até mesmo meses (nutrientes). A radiação solar e a concentração de CO<sub>2</sub> da atmosfera são fatores não-manejáveis em condições normais e tendem a não limitar o crescimento nos trópicos. Nestas condições, a água e os nutrientes são os principais limitantes da produtividade florestal (Barros & Comerford, 2002). Atualmente, tem sido sugerido que o estado nutricional desempenha papel fundamental no aumento da tolerância das plantas a fatores de estresses ambientais, inclusive sob déficit hídrico (Waraich et al. 2011).

Algumas evidências sugerem que o acúmulo de nutrientes, em condições de deficiência hídrica, pode minimizar efeitos negativos de estresse hídrico, produzindo maiores concentrações de antioxidantes (ex: superóxido dismutase; catalase e peroxidase) minimizando a fotoinibição. Além disso, os nutrientes podem estimular o crescimento radicular, ajudar no ajuste da condutância estomática, na manutenção do potencial de água na folha e no ajuste osmótico, bem como na manutenção das taxas fotossintéticas (Waraich et al. 2011).

O déficit hídrico se estabelece quando a absorção da água pelo sistema radicular não consegue atender as demandas da planta (FAN et al. 2006). Entre os principais processos que demandam água estão a fotossíntese e a transpiração da parte aérea, dois processos essenciais ao crescimento vegetal. Antes que o déficit hídrico se estabeleça, as raízes têm que “sentir” a seca no solo e transmitir essa informação à parte aérea, o que gera uma resposta integrada da planta permitindo sua sobrevivência até

que a disponibilidade de água aumente. Esta comunicação é feita por vários meios além da redução no fluxo ascendente de água (DAVIES; ZHANG, 1991).

## **2.4 Aspectos fundamentais do fósforo e nitrogênio em plantas**

Segundo Malavolta (1989), o fósforo possui um papel fundamental na vida das plantas, por participar dos chamados compostos ricos de energia, como o trifosfato de adenosina (ATP), sendo absorvido pelas raízes como  $H_2PO_4^-$ , encontrando-se no xilema em maior proporção nessa forma.

O fósforo é dos três macronutrientes (N, P, Ca e Mg) aquele exigido em menor quantidade pelas plantas. Não obstante, trata-se do nutriente mais usado em adubação no Brasil. Explica-se esta situação pela carência generalizada de fósforo nos solos brasileiros e, também, porque o elemento tem forte interação com o solo (RAIJ, 1991).

Para Malavolta (1989), as plantas não conseguem aproveitar cerca de 10% do total de fósforo aplicado, pois nos solos tropicais ácidos, ricos em ferro e alumínio, ocorre a absorção deste elemento. O fósforo na planta estimula o crescimento das raízes, garantindo uma arrancada vigorosa.

A necessidade de adubação decorre do fato de que nem sempre o solo é capaz de fornecer todos os nutrientes que as plantas precisam para um adequado crescimento. Assim, as características e quantidade de adubos a aplicar dependerão das necessidades nutricionais da espécie utilizada, da fertilidade do solo, da forma de reação dos adubos com o solo, da eficiência dos adubos e de fatores de ordem econômica (GONÇALVES, 1995).

À medida que uma raiz cresce num solo ela absorve os nutrientes que inicialmente se encontram no trajeto de seu crescimento. Com o tempo há um decréscimo da concentração dos nutrientes junto à superfície das raízes, à medida que eles são absorvidos, criando-se um gradiente de concentração entre a região mais próxima e aquela mais distante da raiz. O transporte do novo suprimento de nutrientes até a superfície de absorção é feito pela água, que é considerada o veículo do processo (NOVAIS, et al. 1990).

O nitrogênio (N) figura entre os elementos minerais mais abundantes na biomassa vegetal e é, frequentemente, um dos principais fatores limitantes para o crescimento de plantas. A constituição estrutural de ácidos nucléicos, proteínas e clorofilas talvez seja uma das funções mais marcantes do N no metabolismo vegetal. A biossíntese de moléculas orgânicas e a absorção e conversão da energia luminosa em energia

química existem por meio do conhecimento das propriedades físicas e químicas do N (KERBAUY, 2008).

O N inorgânico disponível no meio ambiente inclui o N do ar e o N mineral, este último representado pelo nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) presentes no solo. O N do ar não é aproveitável diretamente pela planta, mas incorporado com ajuda de microrganismos, através do processo simbiótico (KERBAUY, 2008).

As transformações do N no solo ocorrem em três processos: a mineralização, que compreende a transformação do N orgânico em  $\text{NO}_3^-$  por meio da amonificação e nitrificação; a imobilização, que é caracterizada pela utilização do N mineral durante o metabolismo microbiano e ocorre simultaneamente a mineralização; a desnitrificação, processo de respiração anaeróbica que resulta em perdas do N na forma de gás (VICTORIA et al., 1992).

A amonificação é a transformação do N orgânico em  $\text{NH}_4^+$ . Durante a nitrificação, o  $\text{NH}_4^+$ , produto da amonificação ou via fertilização nitrogenada no solo, é oxidado a nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) e depois a  $\text{NO}_3^-$ . Ao contrário da amonificação, a nitrificação ocorre em condições aeróbicas, na presença de oxigênio. A desnitrificação é um processo de respiração anaeróbica, realizada por microrganismos capazes de utilizar  $\text{NO}_2^-$  ou  $\text{NO}_3^-$  como aceptores finais de elétrons em lugar do oxigênio, produzindo óxidos gasosos ( $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ) podendo ser novamente reduzidos a  $\text{N}_2$  (VICTORIA et al., 1992). É importante ressaltar que a rizosfera apresenta interface anaeróbia/anaeróbia que favorece a nitrificação e, portanto, as perdas de N (URGUIARGA et al., 1993).

Um dos mais importantes processos conhecidos na natureza e realizados por microrganismos procariontes é o da fixação biológica do nitrogênio (FBN). Estes microrganismos procariontes desenvolveram mecanismos bioquímicos capazes de quebrar a tripla e estável ligação do  $\text{N}_2$ . Estes microrganismos, coletivamente, conhecidos como “rizóbios” (bactérias diazotróficas) passaram a se associar simbioticamente, com bastante sucesso, com plantas pertencentes à família Fabaceae (ROGERS et al., 2009), fixando o  $\text{N}_2$  dentro de estruturas conhecidas como nódulos.

A taxa de fixação varia de acordo com a espécie, mas é, geralmente, limitada pelas condições abióticas do solo, como: a acidez do solo (WOLFF et al., 1991; ANYANGO et al. 1995), o tipo de solo, textura e composição, temperatura e umidade (WOLFF et al. 1991) e as concentrações de metais pesados (HIRSCH et al. 1993). Outros fatores presentes no meio são determinantes na nodulação ou FBN por leguminosas, por exemplo, a tensão da água, quantidade de oxigênio no nódulo, salinidade, toxinas e predadores os principais que podem atuar junto as variedades de

estirpes de rizóbios que se encontram no solo (FERNANDES, 2010). Entretanto, em condições favoráveis, inoculando com o rizóbio específico, corrigindo deficiências dos demais nutrientes e adequando a espécie às condições edafoclimáticas, altas taxas de fixação podem ser obtidas.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Localização e instalação do experimento**

O experimento foi conduzido em Casa de Vegetação no Campus III (v-8) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA (3°05'30" S e 59°59'36" W), entre os meses de agosto de 2013 a maio de 2014. O período experimental foi de 117 dias.

Plantas jovens de *Inga edulis* Mart. (Mimosoideae), foram obtidas a partir de sementes de matrizes localizadas no Lago do Cururu (3°37'32" S e 59°28'43" W), Município de Autazes - AM. Essas sementes (sem o arilo) foram embebidas em água destilada por 24h e em seguida semeadas em bandejas plásticas contendo areia lavada e peneirada como substrato. Vinte cinco (25) dias após a semeadura, as plantas foram transferidas para sacos de polietileno contendo areia onde foram inoculadas com três estirpes de rizóbios apresentados pelos códigos 842, 847 e 852, obtidos a partir de macerados de espécies de *Inga* presentes no banco de germoplasma de rizóbios da Coordenação de Sociedade, Ambiente e Saúde (CSAS/INPA).

#### **3.2 Inoculação**

A preparação do inoculante seguiu a recomendação de Vincent (1970). Preparou-se o meio líquido YM (Yeast Mannitol), onde as bactérias fixadoras cresceram e se multiplicaram. As plântulas foram inoculadas, com 5 mL do coquetel no dia do transplante e 15 dias após a primeira inoculação.

#### **3.3 Substrato**

Foram coletados no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia solo (Latossolo Amarelo) e areia branca na proporção 2:1, os quais foram submetidos a secagem ao ar, destorroamento e peneiramento, resultando em substrato argilo-arenoso. Neste substrato, realizou-se a calagem e a fertilização com macro e micronutrientes seguindo a metodologia de Silva et al., 2007. Posteriormente, as mudas foram transferidas para vasos plásticos de 10 litros contendo o substrato e separadas em seus respectivos tratamentos e aclimatadas durante 30 dias. As plantas receberam irrigação diária com água destilada. As fontes de fertilização de nitrogênio e

fósforo foi ureia para N ( $400 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e fosfato de potássio monobásico para P ( $300 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

### 3.4 Fertilização do substrato

Após o preparo do substrato e calagem, foi realizada a adubação com macro e micronutrientes, sendo que o nitrogênio foi aplicado de forma parcelada (três aplicações), devido a sua fácil lixiviação. A primeira aplicação foi realizada em agosto, a segunda em dezembro e a última em março.

Tabela 1. Dosagem aplicada de cada nutriente ao substrato de crescimento de plantas jovens noduladas de *I. edulis*.

Composição	Dose do nutriente
N	$0,3 \text{ g kg}^{-1}$
P	$0,2 \text{ g kg}^{-1}$
K	$0,2 \text{ g kg}^{-1}$
Ca	$0,139 \text{ g kg}^{-1}$
S	$0,082 \text{ g kg}^{-1}$
Mg	$0,046 \text{ g kg}^{-1}$
Fe	$5 \text{ mg kg}^{-1}$
Zn	$5 \text{ mg kg}^{-1}$
Mn	$4 \text{ mg kg}^{-1}$
Cu	$1,5 \text{ mg kg}^{-1}$
B	$0,8 \text{ mg kg}^{-1}$
Mo	$0,15 \text{ mg kg}^{-1}$

### 3.2 Caracterização do substrato

As análises químicas do solo foram realizadas a partir da coleta de três amostras simples na profundidade de 40–60 cm. As três amostras simples formaram uma amostra composta, segundo procedimentos de Dick et al., (1996), sendo a amostra composta seca à sombra, destorroada, homogeneizada e misturada com areia na proporção de 2:1.

Com relação à composição química do solo, foram analisadas as concentrações dos macro (N, P, K, Ca e Mg) e o  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ . O N total foi determinado conforme o método de Kjeldahl, o qual fundamenta-se na conversão do N em sulfato de amônio por meio de digestão com uma mistura de sulfato de cobre, ácido sulfúrico

e selenito de sódio, seguida de destilação e titulação em meio ácido (EMBRAPA, 1999). As extrações de Ca, Mg e Al foram feitas a partir de uma solução extratora de KCl 1 M (Miyazawa et al., 1999), sendo o Ca e Mg determinados por espectrofotometria de absorção atômica e o Al pelo método de titulação com NaOH. Os macronutrientes (P e K) foram extraídos com solução Mehlich 1 (HCl 0,05 M + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 M), sendo o P determinado pelo método do azul de molibdato e por espectrofotometria ( $\lambda = 660$  nm), K determinado por espectrofotometria de absorção atômica (Perkin–Elmer 1100B). Os valores de pH<sub>H<sub>2</sub>O</sub> foram obtidos potenciométricamente, utilizando eletrodo combinado, imerso em solução de solo e água (1:2,5). A leitura foi efetuada após 1 min de agitação individual das amostras e 1 h de repouso da solução (EMBRAPA, 1999). O substrato utilizado foi uma mistura de Latossolo Amarelo e areia (2:1), pobre em nitrogênio e fósforo. Para a correção do pH foram aplicados uma mistura de 3:1 de carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>) e carbonato de magnésio (MgCO<sub>3</sub>) e após 21 dias de incubação foi aplicada uma adubação básica para complementação dos demais nutrientes. A caracterização química do substrato é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Valores de pH, e concentrações de macronutrientes no substrato sob cultivo de plantas jovens de *Inga edulis*. As análises foram realizadas antes e após a aplicação dos tratamentos de fertilização, e após 117 dias de experimentação.

<b>Período da análise</b>	<b>pH H<sub>2</sub>O</b>	<b>pH KCl</b>	<b>N g kg<sup>-1</sup></b>	<b>P mg kg<sup>-1</sup></b>	<b>K</b>	<b>Ca cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup></b>	<b>Mg</b>
Início do experimento	4,87	4,41	1,0	0,3	0,01	0,1	0,06
Após fertilização	6,78	5,84	1,5	112,6	128,1	0,9	0,09
Fim do Experimento	4,22	4,21	1,3	71,0	45,3	0,5	0,04

### 3.3 Análise de crescimento

Os dados de altura e diâmetro do coleto foram coletados a cada 15 dias, desde a implantação dos tratamentos até o final do experimento. Para a medição de altura, utilizou-se uma trena graduada, considerando como padrão a medição desde a base do coleto ao nível do solo até a gema apical principal da planta. Para a medição do diâmetro, utilizou-se um paquímetro digital (marca Mitutoyo – modelo CD-8” CX-B). Ao mesmo tempo foram verificados o número de folhas e os novos lançamentos em cada planta.

Para matéria seca (MS), as plantas foram seccionadas em folhas, caules, raízes e nódulos, acondicionados em sacos de papel para secagem em estufa a temperatura de 65°C até atingirem massa constante. Em seguida cada um dos compartimentos foi pesado, para obtenção das variáveis: massa seca foliar (MSF), massa caulinar (MSC), massa radicular (MSR). A MS foi obtida pela soma de todos os compartimentos e a taxa de crescimento relativo para cada uma dessas variáveis foi obtida pelas seguintes equação:  $TCR = (LnMS_2) - (LnMS_1) / t_2 - t_1$ . Essas variáveis foram utilizadas para avaliar os parâmetros relacionados a alocação de biomassa e morfologia.

Com relação às taxas de crescimento (altura, diâmetro do coleto, número de folhas), estas foram calculadas conforme Bugbee (1996) e Davanso et al. (2002), a saber:

$$TCR-a = (LnA_2) - (LnA_1) / t_2 - t_1;$$

$$TCR-d = (LnD_2) - (LnD_1) / t_2 - t_1;$$

$$IGF = (NFN/NFO) * [100 / (t_2 - t_1)];$$

$$TCA-a = A_2 - A_1 / t_2 - t_1;$$

$$TCA-d = D_2 - D_1 / t_2 - t_1;$$

Em que TCR é a taxa de crescimento relativo e TCA é a taxa de crescimento absoluto em altura (a) e diâmetro (d); IGF é o índice de ganho foliar;  $A_2$  é a altura final;  $A_1$  altura inicial,  $D_2$  diâmetro final e  $D_1$  diâmetro inicial; NFN é o número de folhas novas lançadas e NFO número de folhas originais;  $T_2$  é o tempo final do experimento e  $T_1$  tempo inicial experimental.

Quanto as variáveis relacionadas à alocação de massa seca (KORNER, 1994) para cada órgão (folhas, caule, raiz) foram calculadas, a saber:

$$\text{FMF}=\text{MSF}/\text{MS};$$

$$\text{FMC}=\text{MSC}/\text{MS};$$

$$\text{FMR}=\text{MSR}/\text{MS};$$

$$\text{FMN}=\text{MSN}/\text{MS};$$

em que FMF é a fração de massa foliar; FMC é a fração de massa caulinar; FMR é a fração de massa radicular; FMN é a fração de massa seca nodular; MSF é a massa seca foliar; MSC é a massa seca caulinar; MSR é a massa seca radicular; MSN é a massa seca nodular e MS é a matéria seca total.

### **3.4 Delineamento experimental e análise estatística**

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 2 x 4 com dez plantas, considerando cada planta como uma repetição por tratamento sob dois níveis de irrigação (Irrigada e não Irrigada) e quatro vias de fertilização: Controle (**C**), adubação nitrogenada (**N**), adubação fosfatada (**P**) e adubação nitrogenada e fosfatada (**N + P**). As análises foram processadas considerando dois cenários, a saber: 1- supressão da irrigação no tratamento NI até as leituras de fotossíntese alcançarem valores próximos de zero neste tratamento, 2- reidratação em NI até o registro de ausência de diferenças significativas entre as leituras de fotossíntese realizadas em IR e NI. Previamente às análises estatísticas, os dados foram submetidos aos testes de Lilliefors e Shapiro Wilk para verificação do cumprimento às premissas de normalidade e homocedasticidade, respectivamente. As médias foram comparadas pelo teste de *Tukey* ( $P < 0,05$ ). Todas as análises foram processadas no programa Statistica versão 7.0 (STATSOFT INC., 2004).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação ao acúmulo de massa seca, observou-se que a irrigação teve efeito significativo apenas na massa seca foliar (MSF), massa seca dos nódulos (MSN) e massa seca total (MST). Plantas irrigadas e submetidas à fertilização fosfatada exibiram valores 189, 73 e 95% superiores as plantas que tiveram irrigação suspensa para MSF, MSN e MST, respectivamente. Com relação aos demais parâmetros, massa seca foliar (MSF), radicular (MSR), de nódulos (MSN), e total (MST), fração massa foliar (FMF), caulinar (FMC), radicular (FMR) e de nódulos (FMN) nas diferentes condições de fertilização, não foram observadas diferenças entre os tratamentos irrigado e não irrigado (Tabela 3). A extensão dos efeitos da deficiência hídrica nas espécies vegetais depende da sua intensidade, duração e da capacidade genética das plantas em responder às mudanças do ambiente (PINCELLI, 2010).

Segundo Mariano et al. (2013), o estresse hídrico tende a reduzir as taxas de FBN devido às limitações fisiológicas, como a disponibilidade de oxigênio e nitrogênio da planta durante a simbiose. Outros estudos relataram que o aumento de massa seca dos nódulos durante o estresse hídrico pode ocorrer devido à diminuição do N no solo sob deficiência hídrica induzindo dessa forma aumento da nodulação em espécie fixadora de nitrogênio (WURZBUGER and MINIAT, 2014). Neste trabalho, verificou-se que plantas em condição não irrigada atingiram maiores valores de massa seca de nódulos. Esses valores para os tratamentos C, N, NxP e P foram cerca de 45, 25, 83 e 99% superiores, quando comparados aos observados nas plantas irrigadas, sendo assim pode-se afirmar que a indução de aumento da nodulação se deu devido à baixa quantidade de água disponível para a planta. Em relação ao número de nódulos, plantas adubadas com nitrogênio investiram em menor produção de nódulos (Tabela 3).

Com relação à produção de matéria seca em função da adubação, pode-se observar que as plantas adubadas com fósforo (P) e a interação (NxP) apresentaram melhor desempenho em relação aos demais tratamentos (Tabela 3). Plantas que receberam adubação fosfatada apresentaram valor 99% superior quando comparadas a plantas nitrogenadas. Observa-se que a contribuição do fósforo foi mais significativa que o nitrogênio em relação a matéria seca total. Resultados semelhantes foram observados em estudos realizados com *Schizolobium amazonicum*, em que essa espécie quando submetida à adubação com nitrogênio e fósforo e apenas com fósforo, exibiu maior acúmulo de massa seca da parte aérea (CAIONE et al. 2012).

Tabela 3. Massa seca foliar (MSF), caulinar (MSC), radicular (MSR), de nódulos (MSN) e total (MST), Fração massa foliar (FMF), caulinar (FMC), radicular (FMR), nódulos (FMN) e número de nódulos (n) em plantas jovens de *Inga edulis* fertilizadas com nitrogênio (N), fósforo (P) e NxP sob regimes hídricos contrastantes, irrigadas (IR) e não irrigadas (NI). Os valores são médias seguidas de erros-padrão da média.

ADUBAÇÃO	CONDIÇÃO	MSF	MSC	MSR	MSN	MST	FMF	FMC	FMR	FMN	Nº NÓDULOS
<b>Controle</b>	NI	2,03±0,38 aB	2,23±0,28 aB	5,84±0,81 bA	0,17±0,03 aB	10,09±1,18 aB	0,20±0,02 aA	0,24±0,04 aA	0,57±0,02 aA	0,17 aB	45,75±8,35 aA
	IR	3,48±0,55 aB	3,19±0,49 aB	10,44±1,39 aA	0,26±0,05 aB	17,11±2,16 aB	0,21±0,02 aB	0,19±0,02 aB	0,61±0,01 aA	0,26 aB	31,70±4,86 aA
<b>Nitrogênio (N)</b>	NI	1,31±0,17 aB	2,26±0,46 aB	5,18±0,51 aA	0,05±0,01 aB	8,75±0,60 aB	0,15±0,02 aA	0,26±0,04 aA	0,59±0,03 aA	0,05 aB	16,60±3,12 aB
	IR	3,16±0,52 aB	2,80±0,44 aB	7,04±1,31 aA	0,07±0,01 aB	13,00±2,19 aB	0,24±0,01 aA	0,22±0,02 aA	0,53±0,02 aA	0,05 aB	13,33±4,26 aA
<b>Fósforo (P)</b>	NI	3,20±0,86 bB	3,14±0,31 aA	6,93±0,47 aA	0,59±0,11 bA	13,27±1,29 bA	0,23±0,04 aA	0,24±0,02 aA	0,53±0,03 aA	0,59 aA	79,57±23,81aA
	IR	9,26±1,05 aA	5,47±0,38 aB	11,14±0,90 aA	1,02±0,08 aA	25,88±1,71 aA	0,35±0,03 aA	0,21±0,01 aA	0,44±0,03 aB	1,02 aA	40,00±7,92 aA
<b>NxP</b>	NI	9,70±3,65 aA	6,67±1,60 aA	9,22±1,58 aA	0,24±0,10 aA	25,59±6,78 aA	0,36±0,05 aA	0,26±0,01 aA	0,38±0,04 aA	0,11 aB	22,00±7,77 aA
	IR	10,49±1,5 aA	8,78±1,38 aA	10,71±1,07 aA	0,06±0,02 aB	29,98±3,35 aA	0,34±0,03 aA	0,30±0,03 aA	0,36±0,02 aB	0,06 aB	12,00±2,24 aA

Letras minúsculas e maiúsculas distintas nas linhas indicam valores significativamente diferentes entre os efeitos de irrigação e adubação, respectivamente (*teste t*,  $p < 0,05$ ).

Quanto a massa acumulada nas raízes (MSR) observou-se que não houve diferenças significativas entre os tratamentos. Dentre os nutrientes de plantas, o fósforo pode influenciar mais diretamente o crescimento radicular das plantas. A massa seca de raízes tem sido reconhecida como uma das melhores e mais importantes variáveis para estimar a sobrevivência e o crescimento inicial das mudas no campo, destacando que a sobrevivência é maior quanto mais abundante o sistema radicular (GOMES et. al. 2006).

Aos 117 dias de experimentação verificou-se que o fator irrigação não promoveu efeito significativo no crescimento das plantas. Pode-se observar que plantas adubadas com NxP apresentaram o maior incremento em altura, diâmetro e número de folhas (Tabela 4). Resultados de experimentos em viveiros têm demonstrado que a adubação, principalmente, com nitrogênio e fósforo promove aumentos significativos em altura (RIBEIRO et al. 2001). Em relação ao diâmetro, todos os tratamentos de adubação favoreceram positivamente o incremento de *I. edulis*. O diâmetro do coleto é um importante parâmetro para estimar a sobrevivência de mudas de diferentes espécies florestais durante a fase de estabelecimento inicial em campo (DANIEL et al.1997).

Em relação às taxas de crescimento, não observou-se diferenças significativas entre as plantas irrigadas e não irrigadas, ou seja, o fator irrigação não influenciou diretamente o crescimento das plantas fertilizadas. Em relação aos tratamentos de fertilização, adubações fosfatadas e a combinação de nitrogênio com fósforo (NxP) favoreceu positivamente o crescimento das plantas. Em relação às TCR e TCA, plantas submetidas a fertilização fosfatada e NxP apresentaram maiores taxas de crescimento. Plantas adubadas com fósforo apresentaram valores 75, 48, 103 e 51% superiores as plantas que receberam fertilização nitrogenada para o CR-a, CR-d, CA-a e CA-d, respectivamente. Plantas adubadas com NxP apresentaram valores 146, 104, 262 e 141% superiores a plantas nitrogenadas para CR-a, CR-d, CA-a e CA-d, respectivamente (Tabela 5). Diante disso, nota-se que os melhores resultados foram obtidos quando foram aplicados os dois macronutrientes em conjunto e o fósforo isoladamente. Em relação ao IGF, plantas fertilizadas individualmente com nitrogênio e fósforo apresentaram valores de 15 e 35% superior a adubação NxP, respectivamente. As funções exercidas na planta por cada nutriente explicam a eficiência em ganho foliar, onde o nitrogênio está intimamente ligado aos processos fisiológicos como a fotossíntese e a respiração e o fósforo, necessário para a síntese do ATP e de numerosos outros compostos fosforilados (MENGEL; et. al. 1987).

Tabela 4. Crescimento de plantas jovens de *Inga edulis* fertilizadas com nitrogênio (N), fósforo (P) e NxP sob regimes hídricos contrastantes, irrigadas (IR) e não irrigadas (NI) aos 117 dias de experimento. Os valores são médias seguidas de erros-padrão da média.

ADUBAÇÃO	ALTURA		DIÂMETRO		FOLHA	
	NI	IR	NI	IR	NI	IR
<b>C</b>	34,44±0,34aB	33,13±0,18aB	5,40±0,46aA	5,76±0,85aA	12±3,90aB	13±3,05aB
<b>N</b>	35,44±0,26aB	39,28±0,28aB	5,30±0,65aA	6,21±0,55aA	14±4,04aB	15±2,44aB
<b>P</b>	45,88±0,23aB	52,9±0,20aB	5,60±1,33aA	6,84±0,93aA	18±4,39aB	18±3,51aB
<b>NP</b>	68,88±0,32aA	72,55±0,43aA	7,70±1,84aA	8,54±1,93aA	24±1,92aA	27±5,19aA

Letras minúsculas e maiúsculas distintas nas linhas indicam valores significativamente diferentes entre os efeitos de irrigação e adubação, respectivamente (*teste t*,  $p < 0,05$ )

Tabela 5. Taxas de crescimento relativo em altura (TCR-a) e diâmetro (TCR-d), taxas de crescimento absoluto em altura (TCA-a) e diâmetro (TCA-d) e índice de ganho foliar (IGF) de *Inga edulis* fertilizadas com nitrogênio (N), fósforo (P) e NxP sob regimes hídricos contrastantes, irrigadas (IR) e não irrigadas (NI). Os valores são médias seguidas de erros-padrão da média.

ADUBAÇÃO	CONDIÇÃO	TCR-a (cm cm <sup>-1</sup> mês <sup>-1</sup> )	TCA-a (cm mês <sup>-1</sup> )	TCR-d (mm mm <sup>-1</sup> mês <sup>-1</sup> )	TCA-d (mm mês <sup>-1</sup> )	IGF (%)
<b>Controle</b>	NI	0,0005±0,0002 aB	0,0160±0,0043 aB	0,0019±0,0005 aA	0,0093 ±0,0026 aA	0,7701±0,0206 aA
	IR	0,0006±0,0004 aB	0,0176±0,0083 aB	0,001 ±0,0004 aB	0,0117±0,0016 aB	0,7874±0,0273 aA
<b>Nitrogênio (N)</b>	NI	0,0012±0,0002 aB	0,0427±0,0096 aB	0,0019±0,0004 aB	0,0055±0,0018 aB	0,7322±0,0215 aA
	IR	0,0024±0,0004 aB	0,0850±0,0147 aB	0,0023±0,0003 aB	0,0127±0,0020 aB	0,7561±0,0197 aA
<b>Fósforo (P)</b>	NI	0,0028±0,0007 aB	0,1026±0,0258 aB	0,0022±0,0003 aA	0,0108±0,0013 aA	0,6651±0,0348 aA
	IR	0,0042±0,0007 aA	0,1726±0,0296 aA	0,0034±0,0005 aA	0,0191±0,0026 aA	0,6450±0,0387 aB
<b>NxP</b>	NI	0,0060±0,0008 aA	0,2906±0,0285 aA	0,0036±0,0007 aA	0,0223±0,0043 aA	0,5739±0,0159 aB
	IR	0,0059±0,0009 aA	0,3081±0,0539 aA	0,0047±0,0006 aA	0,0307±0,0044 aA	0,5597±0,0313 aB

Letras minúsculas e maiúsculas distintas nas linhas indicam valores significativamente diferentes entre os efeitos de irrigação e adubação, respectivamente (*teste t*,  $p < 0,05$ ).

## 5. CONCLUSÃO

Diante dos resultados obtidos neste estudo, pode-se concluir que:

- Plantas jovens de *Inga edulis* quando submetidas a adubações fosfatada e nitrogenada, bem como sua interação, não são afetadas pelo estresse hídrico. Ao mesmo tempo, a espécie possui melhor crescimento e acúmulo de biomassa quando cultivada com fósforo.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANYANGO, B.; WILSON, et. al.. Diversity of rhizobia nodulating *Phaseolus vulgaris* L. in two Kenyan soils with contrasting pHs. *Applied and Environmental Microbiology*. Washington. v.61, p.4016-4021. 1995.
- BAGAYOKO, M.; et. al. Effects of mycorrhizae and phosphorus on growth and nutrient uptake of millet, cowpea and sorghum on a West African soil. *Journal of Agricultural Science, Toronto, Canadá*. 135:399–407. 2000.
- BARROS, N.F. et. al. Sustentabilidade da produção de florestas plantadas na região tropical. In: ALVAREZ V., V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; BARROS,N.F.; MELLO, J.W.V. & COSTA, L.M., eds. *Tópicos em do solo.*, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG. v.2. p.487-592. 2002.
- BAZZAZ, F.A. The physiological ecology of plant succession. *Annual Review of Ecology and Systematics*. Danver, EUA. 10: 351-371. 1979.
- BRITO, V.M. de; et. al. Formação e caracterização e eficiência fixadora de nitrogênio de uma coleção de Rizóbios para Ingá Cipó (*Ingá edulis* MART. Leguminosae, Mimosoideae). In: REUNIÃO DOS BOTÂNICOS DA AMAZÔNIA. Salinópolis. Sociedade Botânica do Brasil/Seccional da Amazônia. p.82- 83.1997.
- BUGBEE, BG; et. al . Analises and yield components. In: Salisbury, F. B. (Ed.). *Units, Symbols and Terminology for plant physiology*, Oxford University Press, p. 115-119. 1996.
- CAIONE,G.; et. al. Crescimento de mudas de *Schizolobium amazonicum* (Huber ex Ducke) em substrato fertilizado com nitrogênio, fósforo e potássio. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 40, n. 94, p.213-221, 2012.
- CALDEIRA, M.V.W.; et. al. Crescimento de mudas de *Eucalyptus saligna* Smith em função de diferentes doses de vermicomposto. *Revista Floresta*, Curitiba, v.28, n.1/2, p.19-30, 2000a.
- CALDEIRA, M.V.W.;et. al. . Composto orgânico na produção de mudas de aroeira-vermelha. *Scientia Agraria*, Curitiba, v.9, n.1, p.27-33, 2008.
- CALDEIRA, M.V.W.;et. al. Crescimento de mudas de *Acacia mearnsii* em função de diferentes doses de vermicomposto. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, n.57, p.161-170, jun. 2000b.
- CHAPIN, FS; III, et. al. The ecology and economics of storage in plants. *Annual Review of Ecology Systems*, Danvers, EUA. 21:423–477. 1990.
- CHAVES, M.M; et.al. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. *Annals of Botany*, UK. 103:551-560. 2009.
- CORRÊA, M. P. *Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas*. Serviço de Informação Agrícola, Rio de Janeiro. v. 06. 1926.
- CURCIO, G. R.; et. al. Recomendação de espécies arbóreas nativas, por tipo de solo, para recuperação ambiental das margens da represa do Rio Iraí, Pinhais, PR. *Rev. Floresta* v.37 n. 1 Curitiba-PR jan./abr. 2007

- DANIEL, O. et. al. Aplicação de fósforo em mudas de *Acacia mangium*. Revista *Árvore*, Viçosa, v.21, n.2, p.163-168, 1997.
- DAVANSO, VM; et. al. Photosynthesis, growth and development of *Tabebuia avellanedae* Lor. Ex. Griseb (Bignoniaceae) in flooded soil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Palo Alto, California. 45(3):375-384. 2002.
- DAVIES, W. J.; et. al. Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil. *Annual Review of Plant Physiology and Molecular Biology*, Palo Alto, California. v. 42, p. 55-76. June 1991.
- DICK, RP; et.al. Soil enzyme activities and biodiversity measurements as integrative microbiological indicators. In: Doran, J.W.; Jones, A.J. *Methods for assessing soil quality*. Wisconsin, USA, p.247-271. 1996.
- DICKOW, K. M. C. et. al. Lixiviação de nutrientes da serapilheira recém-depositada em sucessão ecológica na floresta Atlântica, litoral do Paraná. *FLORESTA*, Curitiba, PR, v. 39, n. 1, p. 145-156, jan./mar. 2009.
- EMBRAPA. 1997. Manual de métodos de análise de solo. 2da ed. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro, 212p.
- EMBRAPA. 1999. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Solos/Embrapa Informática Agropecuária/Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia Embrapa, Brasília, 370p.
- EPSTEIN, E. *Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas*. São Paulo: USP, 1975. 344p.
- EVANS, J. R.; et. al. Photosynthetic acclimation of plants to growth irradiance: the relative importance of specific leaf area and nitrogen partitioning in maximizing carbon gain. *Plant, Cell and Environment*. United Kingdom. v.24, p. 755-767. 2001.
- EVANS, JR; et. al. Photosynthetic acclimation of plants to growth irradiance: the relative importance of SLA and nitrogen partitioning in maximising carbon gain. *Plant Cell & Environment*, United Kingdom 24:755–768. 2001.
- FALCÃO, M. A.; et. al. Fenologia e produtividade do ingá-cipó (*Inga edulis*) na Amazônia Central. *Acta Amazonica*. v. 30, p. 173-180. 2000.
- FAN, L.,; et.al. Progressive inhibition by water deficit of cell wall extensibility and growth along the elongation zone of maize roots is related to increase lignin metabolism and progressive stellar accumulation of wall phenolics. *Plant Physiology*, Rockville, v. 140, n. 2, p. 603-612. Feb. 2006.
- FELFILI, J. M.; et. al. Comportamento de plântulas de *Sclerolobium paniculatum* Vog. var. *rubiginosum* (Tul.) Benth. sob diferentes níveis de sombreamento, em viveiro. *Rev. bras. Bot.* v.22 n.2 São Paulo-SP out. 1999.
- FERNANDES, T. P. Diversidade genética de acessos nativos de *Macroptilium* spp. e seu simbionte bacteriano no semiárido pernambucano. Tese de mestrado apresentada a Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE. Recife/PE. 2010.

FERREIRA, OGL; et. al. : 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: IFFarroupilha. 2008.

FRANCO, A. A. Fixação biológica do nitrogênio na agricultura tropical. In: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E.; FONTES, M. P., eds. O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG. p.505-523. 1996.

GOMES, J.M.; et. al. Viveiros Florestais: propagação sexuada. Viçosa: UFV, 2006.

GOMES, J.M.; et. al. Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e fertilização N-P-K. Revista Árvore, Viçosa, v.27, n.2, p.113-127, 2003.

GONÇALVES, J. L. M. Recomendações de adubação para *Eucalyptus*, *Pinus* e espécies típicas da mata atlântica. ESALQ, Departamento de Ciências Florestais., Piracicaba. 1995. 23 p. (Documentos Florestais, 15). 1995.

GRANDIS, A; et. al. Respostas fisiológicas de plantas amazônicas de regiões alagadas às mudanças climáticas globais. Revista Brasileira de Botânica, São Paulo. 33(1)1-12. 2010.

HIRSCH, P. R.; et. al. Heavy metals from past applications of sewage sludge decrease the genetic diversity of *Rhizobium leguminosarum* biovar *trifolii* populations. Soil Biology and Biochemistry. Oxford. v.25, p.1485-1490. 1993.

IGLESIAS, L; et. al. Response of *Theobroma cacao* and *Inga edulis* seedlings to cross-inoculated populations of arbuscular mycorrhizal fungi. Agroforestry System, Holland. 83:63–73. 2011.

INOUE, M. T.; et. al. Fotossíntese e transpiração de clones de *Eucalyptus grandis* e *E. saligna*. Scientia Forestalis, Piracicaba, v. 40, p. 15-20, 1988

KERBAUY, G. B. Fisiologia Vegetal - Segunda edição expandida, revisada e atualizada. 2ª. ed. Editora Guanabara Koogan Ltda., Rio de Janeiro. 2008.

KORNER, C. 1994. Biomass fractionation in plants: a reconsideration of definitions based on plant functions. In: Roy, J.; Garnier, E. (Ed.) A whole plant perspective on carbon–nitrogen interactions. The Hague, the Netherlands, SPB Academic Publishing, p.173–185.

LAMBERS, H; et.al. Plant physiological ecology, 2da ed. New York, Springer Verlag. 2008.

LEBLANC, HA; et. al. Neotropical legume tree *Inga edulis* forms N<sub>2</sub>-fixing symbiosis with fast-growing *Bradyrhizobium* strains. Plant and Soil, Netherlands. 275:123-133. 2005.

LEWIS, SL; et. al. Fingerprinting the impacts of global change on tropical forests. Philosophical Transactions of the Royal Society B, London-UK. 359:437–62. 2004.

LIBERATO, AL; et. al. Influência de mudanças climáticas no balanço hídrico da Amazônia ocidental. *Revista Brasileira de Geografia*. Recife-PE. Física, 3:170-180. 2010.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 2. ed. Nova Odessa, SP. Instituto Plantarum, 2002.

MALAVOLTA, E. ABC da adubação. Agronômica Ceres, São Paulo. 292 p. 1989.

MARINO, et. al. Inhibition of nitrogen fixation in symbiotic *Medicago truncatula* upon Cd exposure is a local process involving leghaemoglobin. *Journal of Experimental Botany*, United Kingdom. 64(18): 5651-5660. 2013.

Marschner, P. 2012. *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. 3a ed. Academic Press is an imprint of Elsevier, 643p.

MENGEL, K.; et. al. Principles of plant nutrition. 4ed. International Potash Institute, Oxford. 687p. 1987.

NEPSTAD, DC; et. al. Interactions among Amazon land use, forests and climate: prospects for a near-term forest tipping point. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, London-UK. 363:1737–46. 2008.

NEVES, J. C. L.; et. al. Fertilizadade mineral de mudas de eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (Ed). *Relação solo-eucalipto*. Viçosa: ED. Folha de Viçosa, 1990. P. 99-126. 1990.

NICHOLS, J.D.; et. al. Intercropping legume trees with native timber trees rapidly restores cover to eroded tropical pasture without fertilization. *Forest Ecology and Management*, Netherlands-UK. 152:195-209. 2001.

NICHOLS, J.D.; et. al. Interplanting *Inga edulis* yields nitrogen benefits to *Terminalia Amazonia*. *Forest Ecology and Management*, Netherlands-UK. 233:344–351. 2006.

NOVAIS, R.F.; et. al. Nutrição Mineral o eucalipto. In: BARROS, N.F. & NOVAIS, R.F. (eds.). *Relação solo-eucalipto*. Viçosa: Editora Folha de Viçosa, 330 p. 1990.

PINCELLI, R. P. Tolerância à deficiência hídrica em cultivares de cana-de-açúcar avaliada por meio de variáveis morfofisiológicas. Dissertação de mestrado - Faculdade de Ciências Agrônômicas/ da UNESP, Botucatu, São Paulo. 78pp. 2010.

POORTER, H; et. al. Biomass allocation to leaves, stems and roots: meta-analyses of interspecific variation and environmental control. *Tansley Review*. *New Phytologist*, United Kingdom. 193:30–50. 2012.

PRANCE, G. T.; et.al. Árvores de Manaus. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus. 312 p. 1975.

RADFORD, P.J. 1967. Growth analysis formulae - their use and abuse. *Crop Science*, 7(3):171-5. 1967.

- RAIJ, B. van. Fertilidade do solo e adubação.. Agrônoma Ceres: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do fosfato, Piracicaba. 343 p. 1991.
- RIBEIRO, G.T; et. al. Produção de mudas de Eucalipto. Viçosa: Aprenda Fácil.112p. 2001.
- ROGERS, A.; et. al. Will elevated carbon dioxide concentration amplify the benefits of nitrogen fixation in legumes? *Plant Physiology*, v.151, p. 1009 – 1016. 2009
- ROSA, L.S.; et. al. Potencialidade do sistema “Alley Cropping” para recuperação de solos alterados por atividades agrícolas no Município de Igarapé-Açu, *Revista de Ciências Agrárias*, n.34, Pará. p.109-120. 2000
- RUFTY, TWJr; et. al. Phosphate regulation of nitrate assimilation in soybean. *Journal of Experimental Botany, United Kingdom*. 44:879–891. 1993.
- SILVA, J. M. S. Crescimento de mudas de *Pinus oocarpa* Schiede em diferentes condições hídricas e de adubação. 2007. 93 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.
- SILVA, WG; et. al. Efeito de micronutrientes sobre o crescimento de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King) em Latossolo Amarelo. *Acta Amazônica*, 37(3):371 - 376. 2007.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. (2009) *Fisiologia vegetal*. Ed. Artmed. 722p. 2009.
- URQUIARGA, S. S.; et. al. Dinâmica do N no solo. In: Fernandes, M. S.; Rossiello, R. O.; Dobereiner, J.; Neves, M. C. P.; Pimentel, e Miranda, R. M. eds. *Anais do I Simpósio Brasileiro sobre N em Plantas*. Itaguaí/RJ. p. 127-167. 1993.
- VICTORIA, R. L.; et. al. O ciclo do nitrogênio. In: Cardoso, E. J. B. N.; Tsai, S. M.; Neves, M. C. P. eds. *Microbiologia do solo*. Campinas/SP. 1992.
- VINCENT, J. A manual for the practical study of root-nodule bacteria. IBP Handbook, 15, Blackwell Scientific Publications, Oxford. 1970.
- WARAICH, EA; et. al. Improving agricultural water use efficiency by nutrient management. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-soil and Plant Science*, 61(4):291-304. 2011.
- WOLFF, A.B.; et. al. Competitiveness of *Rhizobium leguminosarum* bv. phaseoli strains in relation to environmental stress and plant defense mechanisms. *Biology and Fertility of Soils*, Berlin, v.12, n.3, p. 170-176, 1991.
- WRIGHT, IJ; et.al. Assessing the generality of global leaf trait relationships. *New Phytologist*, 166:485–496. 2005.
- WURZBURGER, N.; et. al. Drought enhances symbiotic di-nitrogen fixation and competitive ability of a temperate forest tree. The University of Georgia, Georgia, EUA. 25p. 2014.

## 7. CRONOGRAMA

Nº	Descrição	Ago 2013	Set	Out	Nov	Dez	Jan 2014	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	R		
5	Análises estatísticas dos resultados										R		
6	Elaboração do resumo e relatório final											R	R
7	Preparação da Apresentação Final para o Congresso												P

R= Atividades realizadas

P= Atividades previstas