



**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS**  
**ESCOLA DE CIÊNCIAS DA SAÚDE**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA E RECURSOS**  
**NATURAIS DA AMAZÔNIA**

**PATRÍCIA FARIAS SOUZA**

**ESTUDO DO CRESCIMENTO E ESTADO NUTRICIONAL DE *Carapa guianensis* EM**  
**SISTEMAS DE PLANTIOS EM ÁREA DEGRADADA NA AMAZÔNIA CENTRAL**

**MANAUS**  
**2013**



**PATRÍCIA FARIAS SOUZA**

**ESTUDO DO CRESCIMENTO E ESTADO NUTRICIONAL DE *Carapa guianensis* EM  
SISTEMAS DE PLANTIOS EM ÁREA DEGRADADA NA AMAZÔNIA CENTRAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia e Recursos Naturais da Amazônia da Universidade do Estado do Amazonas (UEA), como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Biotecnologia e Recursos Naturais.

**Orientador: Prof. Dr. Paulo de Tarso Barbosa Sampaio**  
**Co-Orientador: Prof. Dr. João Baptista Silva Ferraz**

**MANAUS**  
**2013**

**PATRÍCIA FARIAS SOUZA**

**ESTUDO DO CRESCIMENTO E ESTADO NUTRICIONAL DE *Carapa guianensis* EM  
SISTEMAS DE PLANTIOS EM ÁREA DEGRADADA NA AMAZÔNIA CENTRAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia e Recursos Naturais da Amazônia da Universidade do Estado do Amazonas (UEA), como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Biotecnologia e Recursos Naturais.

Data da aprovação \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Banca Examinadora:

\_\_\_\_\_

Nome  
Universidade

\_\_\_\_\_

Nome  
Universidade

\_\_\_\_\_

Nome  
Universidade

**MANAUS  
2013**

Ficha Catalográfica  
(Catalogação na fonte realizada pela Biblioteca Central – UEA)

Souza, Patrícia Farias

Estudo do crescimento e estado nutricional de *Carapa guianensis* em sistemas de plantios em área degradada na Amazônia Central / Patrícia Farias Souza. - Manaus: UEA, 2013.

58 f.; il. color.

Dissertação (Mestrado em Biotecnologia e Recursos Naturais) — Universidade do Estado do Amazonas, 2013.

Orientador: Prof. Dr. Paulo de Tarso Barbosa Sampaio

Co-Orientador: Prof. Dr. João Baptista Silva Ferraz

1. *Carapa guianensis*, 2. Crescimento 3. Nutrição Mineral 4. Área degradada 5. Amazônia Central. I. Universidade do Estado do Amazonas II. Título

CDU

*À minha mãe  
exemplo de força, amizade e amor.  
DEDICO*

*“Quem atinge o seu ideal, ultrapassa-o precisamente por isso”.*

Friedrich Nietzsche

## AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-graduação em Biotecnologia e Recursos Naturais da Amazônia da Universidade do Estado do Amazonas;

Ao meu orientador Prof. Dr. Paulo de Tarso Barbosa Sampaio, pela sua compreensão, apoio e todo o suporte para a realização deste trabalho durante esses dois anos;

Ao Prof. Dr. João Baptista Silva Ferraz, meu co-orientador, pela sua generosidade, agradável companhia e amizade, com quem desde a graduação tive o prazer de trabalhar, tendo me presenteado com grandes ensinamentos e experiências de vida;

A todos os professores e funcionários do MBT-UEA e aos meus colegas de curso pela convivência e trocas de experiências, em especial à Jaqueline Souza e Diego Freitas por toda a ajuda e parceria nas informações nos meus momentos de ausência;

Ao Daniel Uchôa, Flávio e Jair, pela ajuda no trabalho prático, obtenção de material, coletas de campo, preparação de amostras e disponibilidade em ajudar sempre;

À equipe do LTSP do INPA: Jonas, Nonato, Orlando, Erison, por todo o empenho na análise das amostras e pela grande disposição em ensinar;

Aos meus queridos e amados pais, e aos meus irmãos, pelo amor, carinho, compreensão, incentivo e total apoio na realização desta dissertação e por me ensinarem os verdadeiros princípios de convivência, honestidade e ética;

Aos meus colegas de trabalho na PC-AM, pelo apoio e substituição em todos os momentos em que precisei me ausentar, sabendo de todas as adversidades da nossa área de atuação. Em especial ao meu chefe imediato, Delegado Ricardo Aparecido Leite, pela confiança e palavras de incentivo para minha formação profissional;

Aos amigos Carlos, Bel, Bonora, Carol, Gerlândia, Neyla, Chis, Raldson, Úrsula, pela convivência mais próxima, amizade e companheirismo;

Enfim, a todos aqueles que contribuíram para a realização deste trabalho e curso, eu deixo o meu MUITO OBRIGADO!

## RESUMO

Analizamos o crescimento em altura total (ht), diâmetro a 1,30m do solo (DAP) e estado nutricional de folhas de árvores de andiroba (*Carapa guianensis*) aos 46 meses de idade plantadas em espaçamento 5 m x 5 m, em áreas degradadas pela agricultura e pecuária, em um sítio na Comunidade Rio Canoas, km 139, BR-174, no município de Presidente Figueiredo-AM. O esquema experimental adotado foi o DIC (delineamento inteiramente casualizado), disposto em oito tratamentos com quatro repetições de cinco plantas cada. Os tratamentos receberam diferentes dosagens de adubação química e esterco de galinha na data do plantio, sendo que um tratamento não recebeu nenhuma adubação (testemunha). Foram realizadas três medições de altura e diâmetro, na data do plantio, aos 38 meses e aos 46 meses de plantio, e duas coletas de folhas e solo (38 e 46 meses). Foram coletadas 10 folhas de cinco árvores com altura dominante por tratamento. Foram determinados os teores de N, P, K, Ca e Mg e dos micro-nutrientes Mn, Fe, Cu e Zn. Para análise do solo, foram realizadas duas coletas em cada tratamento, num total de duas amostras compostas, cada uma resultante de três amostras simples e determinados os teores de macro e micronutrientes. Não foram observadas diferenças significativas ( $f=1,65$ ;  $p>0,05$ ) das médias de altura total entre os diferentes tratamentos, entretanto, o tratamento T7 adubado com NPK (4-14-18) apresentou média da altura total de 6,8m. O DAP apresentou diferença significativa entre os tratamentos ( $f=2,12$ ;  $p<0,05$ ) sendo que o T2, adubado com NPK (10-10-10), apresentou maior média do diâmetro (8,5cm) aos 46 meses. O maior índice de sobrevivência (95%) foi observado nos tratamentos T1, T2 e T4 e diferem significativamente ( $p<0,05$ ) do tratamento T6 (75%). Com relação à nutrição das folhas, foi observada diferença significativa ( $p<0,05$ ) entre os tratamentos nos teores de Ca, K, P, Fe, Mn e Cu. Os teores médios dos demais nutrientes Mg, N e Zn não apresentaram significância estatística ( $p>0,05$ ). Em análise geral, as diferentes formas de adubação mostraram efeitos diversos no desenvolvimento e teor de nutrientes no solo de cada tratamento. Pode-se concluir que a espécie *C. guianensis* apresenta excelente potencial para plantios em área degradada na região amazônica. De maneira geral, são visíveis os efeitos proporcionados pelos tratamentos com adubação química (T1, T2, T3, T5, T7, T8) e esterco de galinha (T4) no que diz respeito aos nutrientes foliares, em razão das maiores teores de macro e micronutrientes, índice de crescimento e sobrevivência quando comparados com o tratamento controle (T6) que não foi adubado. Esses resultados reforçam a hipótese de que a adoção de melhores práticas de manejo do solo, através da utilização de fertilizantes e corretores de acidez do solo, constitui a melhor alternativa para restauração de áreas degradadas utilizando-se a espécie estudada.

**Palavras-chaves:** *Carapa guianensis*; Crescimento; Nutrição mineral; Área degradada; Amazônia Central

## ABSTRACT

We analyzed the growth in total height (ht), diameter at 1,30m (DAP) and nutritional status of leaves of trees (*Carapa guianensis*) at 46 months old planted 5 m x 5 m spacing in areas degraded by agriculture and livestock, at a site in the Community Rio Canoas, km 139, BR-174, in the city of Presidente Figueiredo-AM. The experimental design used was DIC (completely randomized design), arranged in eight treatments with four replicates of five plants each. The treatments received different doses of chemical fertilizer and chicken manure at the time of planting, and one treatment received no fertilizer (control). Were three measurements of height and diameter, on the date of planting, at 38 months and at 46 months of planting, and two collections of leaves and soil (38 and 46 months). 10 leaves were collected from five trees per plot with dominant height. The contents of N, P, K, Ca and Mg and micronutrients Mn, Fe, Cu and Zn. For soil analysis, two samples were taken in each treatment, a total of two composite samples, each resulting three single samples and determined the levels of macro and micronutrients. There were no significant differences ( $F = 1,65$ ,  $p > 0,05$ ) in the mean total height between the different treatments, however, the T7 treatment fertilized with NPK (4-14-18) had a mean total height of 6,8m. The DAP had significant difference between treatments ( $F = 2,12$ ,  $p < 0,05$ ) whereas the T2, fertilized with NPK (10-10-10), had a higher mean diameter (8,5 cm) to 46 months. The highest rate of survival (95%) was observed in T1, T2 and T4 and differ significantly ( $p < 0,05$ ) treatment T6 (75%). With regard to nutrition leaves, there was significant difference ( $p < 0,05$ ) between treatments in Ca, K, P, Fe, Mn and Cu. The average levels of other nutrients Mg, N and Zn were not statistically significant ( $p > 0,05$ ). In overview, the different forms of fertilization showed different effects on the development and content of nutrients in the soil of each treatment. It can be concluded that the species *C. guianensis* has excellent potential for planting in degraded areas in the Amazon region. In general, the effects are visible provided by chemical fertilization treatments (T1, T2, T3, T5, T7, T8) and chicken manure (T4) with regard to foliar nutrients, due to higher levels of macro and micronutrients, growth rate and survival when compared with the control treatment (T6) that was not fertilized. These results support the hypothesis that the adoption of best practices in soil management, through the use of fertilizers and brokers soil acidity, is the best alternative for restoration of degraded areas using the species studied.

**Keywords:** *Carapa guianensis*; Growth; Mineral nutrition; Degraded area; Central Amazon

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I

**Tabela 1-** Tratamentos com andiroba utilizados no experimento, e suas respectivas dosagens.....24

**Tabela 2-** Índice de sobrevivência das plantas de Andiroba nos diferentes tratamentos após 46 meses de plantio.....27

### CAPÍTULO III

**Tabela 1** - Percentual da quantidade de areia, silte e argila em amostras de solo de um plantio de Andiroba sob diferentes níveis de adubação em área degradada no município de Presidente Figueiredo-AM.....52

## LISTA DE FIGURAS

### INTRODUÇÃO

**Figura 1** - Plantio de Andiroba (*Carapa guianensis*) em uma área degradada na Comunidade Rio Canoas, km 138, BR-174, Presidente Figueiredo-AM.....15

### CAPÍTULO I

**Figura 1** - Mapa mostrando o local onde foi realizado experimento: Ramal do Rio Canoas, km 139, BR-174, Presidente Figueiredo-AM.....23

**Figura 2** – Valores médios e desvio padrão de DAP em árvores de *Carapa guianensis* aos 0, 38 e 46 meses de plantio, plantadas sob oito diferentes tipos de adubação em Presidente Figueiredo-AM / T1 – 50 g de NPK (10-10-10); T2 – 150g de NPK (10-10-10); T3 – 100g de NPK (10-10-10); T4 - Esterco de galinha; T5 – 50g de NPK (4-14-18); T6 – Testemunha; T7 – 100g de NPK (4-14-18); T8 – 150g de NPK (4-14-18).....25

**Figura 3** - Valores médios e desvio padrão de altura total (m) em árvores de *Carapa guianensis* aos 0, 38 e 46 meses de plantio, plantadas sob oito diferentes tipos de adubação em Presidente Figueiredo-AM / T1 – 50 g de NPK (10-10-10); T2 – 150g de NPK (10-10-10); T3 – 100g de NPK (10-10-10); T4 - Esterco de galinha; T5 – 50g de NPK (4-14-18); T6 – Testemunha; T7 – 100g de NPK (4-14-18); T8 – 150g de NPK (4-14-18).....26

### CAPÍTULO II

**Figura 1** – Valores médios e desvio padrão (n=80) de teores de macronutrientes (g/kg<sup>-1</sup>) em folhas de Andiroba de árvores sob um plantio sob diferentes níveis de adubação em área degradada. (a) Ca, (b) Mg, (c) K, (d) P e (e) N. T1 – 50 g de NPK (10-10-10); T2 – 150g de NPK (10-10-10); T3 – 100g de NPK (10-10-10); T4 - Esterco de galinha; T5 – 50g de NPK (4-14-18); T6 – Testemunha; T7 – 100g de NPK (4-14-18); T8 – 150g de NPK (4-14-18)....37

**Figura 2** - Valores médios e desvio padrão (n=80) de teores de micronutrientes (mg/kg<sup>-1</sup>) em folhas de Andiroba de árvores sob um plantio sob diferentes níveis de adubação em área degradada. (f) Cu, (g) Fe, (h) Zn, (i) Mn. T1 – 50 g de NPK (10-10-10); T2 – 150g de NPK (10-10-10); T3 – 100g de NPK (10-10-10); T4 - Esterco de galinha; T5 – 50g de NPK (4-14-18); T6 – Testemunha; T7 – 100g de NPK (4-14-18); T8 – 150g de NPK (4-14-18).....39

### CAPÍTULO III

**Figura 1** - Coqui dos pontos de coleta de solo em cada tratamento do plantio de Andiroba. Duas amostras compostas por três amostras simples (quadrados em vermelho e azul respectivamente).....47

**Figura 2** – Valores médios e desvio padrão (n=51) de teores de C, N e Matéria Orgânica (g/kg) e índice de acidez (pH) em amostras de solo de um plantio de Andiroba sob diferentes níveis de adubação em área degradada. (a) pH H<sub>2</sub>O, (b) pH KCl, (c) C, (d) N e (e) M.O. T1 – 50 g de NPK (10-10-10); T2 – 150g de NPK (10-10-10); T3 – 100g de NPK (10-10-10); T4 - Esterco de galinha; T5 – 50g de NPK (4-14-18); T6 – Testemunha; T7 – 100g de NPK (4-14-18); T8 – 150g de NPK (4-14-18).....49

**Figura 3** - Valores médios e desvio padrão (n=51) de teores nutricionais em amostras de solo de um plantio de Andiroba sob diferentes níveis de adubação em área degradada. (f) P, (g) K, (h) Na, (i) Ca, (j) Mg, (l) Al, (m) Fe, (n) Mn, (o) Zn. T1 – 50 g de NPK (10-10-10); T2 – 150g de NPK (10-10-10); T3 – 100g de NPK (10-10-10); T4 - Esterco de galinha; T5 – 50g de NPK (4-14-18); T6 – Testemunha; T7 – 100g de NPK (4-14-18); T8 – 150g de NPK (4-14-18).....51

## LISTA DE SIGLAS

DAP – Diâmetro à Altura do Peito

DAC – Diâmetro à Altura do Colo

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1 Botânica e ecologia da espécie: <i>Carapa guianensis</i> Aubl.....	14
2.2 Plantios Florestais em área degradada.....	16
3. REFERÊNCIAS.....	18
CAPÍTULO I.....	20
CAPÍTULO II.....	32
CAPÍTULO III.....	43
CONCLUSÃO GERAL.....	54
REFERÊNCIAS.....	55

## 1. INTRODUÇÃO

Na Amazônia brasileira, cerca de 35 milhões de hectares haviam sido desmatados até 2007, devido à exploração desordenada e seletiva das florestas nativas (INPE, 2009). Do total deste levantamento, mais de 10 milhões de hectares encontram-se degradados ou em processo de degradação. Geralmente o ecossistema que requer restauração foi transformado, danificado, degradado ou totalmente destruído como resultado direto ou indireto de atividades humanas. De acordo com Vieira et al. (2009) a degradação pode ser ambiental (ou ecológica) ou degradação da capacidade produtiva.

Na base da definição dos métodos adequados para a restauração ecológica dos ecossistemas duas questões são essenciais para o sucesso do objetivo, independentemente do método selecionado, qual espécie plantar e quanto plantar de cada espécie de modo a recobrir o solo e restaurar os processos ecológicos intrínsecos à vegetação em menos tempo, com menores perdas e menor custo. O estabelecimento de plantios florestais em metade destas áreas representaria um incremento de 100% no total de florestas plantadas no Brasil (Vieira *et. al.*, 2009).

A Amazônia apresenta grande potencial para o desenvolvimento de plantios florestais em áreas alteradas pelas atividades de agricultura e pecuária. Estima-se que a superfície desmatada na Amazônia foi de 60 milhões de hectares, representa aproximadamente mais de 15% da área total. A substituição da floresta natural pela agricultura e pecuária, em solos cada vez menos estáveis e produtivos, vem acompanhada por um aumento da pobreza e perda da capacidade reprodutiva da terra, tanto para cultivos agrícolas como para florestais, exigindo a busca de alternativas capazes de assegurar rendimentos sustentáveis (Tonini *et. al.*, 2005). São necessários estudos para avaliar quais as espécies mais adequadas para plantio nestas áreas, de acordo com as condições de solo e clima. Essa avaliação é de extrema importância para o desenvolvimento e a ampliação do setor de base florestal na região amazônica.

A revegetação é parte essencial no processo de restauração de áreas degradadas, implicando na seleção de espécies adequadas ao plantio para acelerar os processos de recomposição florística da paisagem antropizada. Neste contexto, Moreira (2004) afirma que para o desenvolvimento de novas tecnologias e formas de manejo há que se intensifiquem pesquisas multidisciplinares para o sucesso da restauração florestal. Os estudos das espécies florestais nativas geralmente relacionam-se principalmente às características botânicas e dendrológicas, identificação de espécies-chave, que são aquelas que controlam a estrutura da

comunidade devido à sua abundância, distribuição espacial, biomassa, porte ou cobertura e que influenciam a ocorrência das demais espécies associadas, é de fundamental importância para o sucesso da restauração florestal em áreas degradadas.

As plantações florestais são recomendadas para casos específicos, onde há necessidade de material mais homogêneo, para fins energéticos e onde a intenção seja introduzir espécies bem valorizadas em uma vegetação de baixo valor econômico, como as capoeiras. Em todos os casos, os plantios são indicados para áreas já alteradas, onde predominem florestas secundárias e/ou áreas abandonadas.

A maioria dos plantios florestais experimentais, realizados sobre áreas degradadas na Amazônia Central, tem utilizado as mesmas espécies. Entre essas, estão espécies consideradas pioneiras, como o pau-de-balsa (*Ochroma pyramidalis*), a caroba (*Jacaranda copaia*) e as consideradas como clímax ou semi-clímax, como por exemplo o mogno (*Swietenia macrophylla*), a andiroba (*Carapa guianensis* e *C. procera*), o jatobá (*Hymenaea courbaril*), o pau-rosa (*Aniba rosaeodora*) e a castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa*) (Silva *et. al.*, 2006). Dentre as espécies florestais estudadas, trabalharemos com a andiroba (*C. guianensis*), pois entre as espécies florestais de uso múltiplo com potencial de contribuir para o desenvolvimento econômico da região, a andiroba encontra-se como uma das principais espécies devido ao uso tanto em produtos florestais madeireiros quanto produtos não madeireiros.

Portanto, essa pesquisa teve como objetivo avaliar um plantio de andiroba localizado em área de pastagem degradada, em um sítio da Família Blind, na Comunidade do rio Canoas, km 139, BR-174, no município de Presidente Figueiredo- AM, considerando parâmetros como sobrevivência, crescimento e relações nutricionais entre a fertilidade do solo e as árvores de Andiroba (*Carapa guianensis*).

Para tanto, esta dissertação foi dividida em três capítulos. No capítulo I foi analisado os efeitos dos diferentes tratamentos de adubação sobre o crescimento em altura e diâmetro e índice de sobrevivência das plantas de *Carapa guianensis*. No capítulo II foi abordada a quantificação dos teores de macro e micronutrientes em folhas de *C. guianensis* sob as distintas adubações. Por último, no capítulo III foram analisados os teores de macro e micronutrientes e características físicas do solo do plantio de *C. guianensis* nas diferentes condições de adubação.

Deste modo, a expectativa é que as informações obtidas neste trabalho possam contribuir sobremaneira para aperfeiçoar os plantios dessa espécie para restauração e/ou de produção estabelecidos sobre áreas degradadas na Amazônia Brasileira.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Botânica e ecologia da espécie: *Carapa guianensis* Aubl.

A Andiroba foi descrita pela primeira vez pelo botânico francês Jean Baptiste Cristopher Fouseé Aublet, em 1775, na Guiana Francesa, como pertencente à família das meliáceas.

O gênero *Carapa* da família das Meliaceae apresenta duas espécies: *Carapa procera* D.C e *Carapa guianensis* Aubl. As duas espécies ocorrem na região do Amazonas e recebem o mesmo nome vulgar, andiroba, e são diferenciadas apenas por especialistas (Ferraz *et. al.*, 2002). As espécies de andiroba são árvores perenifolia. Ambas as espécies possuem copa de tamanho médio, densa e composta por ramos eretos ou com uma leve curvatura, proporcionando uma sombra intensa. A casca é grossa e amarga e apresenta uma coloração avermelhada a acinzentada. A casca se desprende facilmente em grandes placas.

No Brasil, esta espécie *C. guianensis* ocorre em toda a amazônica brasileira, sendo observada até o estado da Bahia (Lorenzi, 2002). Ocorre também na América Central, Colômbia, Venezuela, Suriname, Guiana Francesa, Peru, Paraguai, nas ilhas do Caribe e África tropical, preferencialmente em várzeas e faixas alagáveis ao longo dos cursos d'água, além de vertentes de colinas, em solos bem drenados. A andiroba é bastante cultivada em terra firme, onde atinge menor porte (Ferraz *et. al.*, 2002).

Também conhecida como andirova, angirova, carapa e purga-de-santo-inácio e pertencente à família Meliaceae (mesma do cedro e mogno), é uma árvore de grande porte, que chega a atingir 30 m de altura. A madeira é moderadamente pesada (densidade variando entre 0,70 e 0,75 g cm a 12% de umidade e 1,03 cm verde), de ótima qualidade, de cor avermelhada, comparável ao mogno (*Swietenia macrophylla* King.), dura, porém fácil de fender. A superfície é ligeiramente áspera ao tato, pouco resistente às intempéries, mas muito resistente ao ataque de insetos, como cupins. É empregada na fabricação de móveis, construção civil e na indústria naval (Clay *et. al.*, 2000).

Quanto ao uso medicinal, o óleo é usado principalmente como linimento contra pancadas e antiinflamatório contra dores de garganta. Pode ser usado também como matéria-prima para produção de repelente a insetos (Mendonça & Ferraz, 2007). Estima-se que o Brasil consome cerca de 30 mil litros de óleo por ano. Em vários países são encontrados produtos cosméticos à base de óleo de andiroba, como cremes para o corpo e hidratantes.

Segundo Ferraz (2003), a andiroba possui boas características silviculturais, sendo de porte mediano, com alturas variando de 20 a 30 m e diâmetro de 50 a 120 cm. O

fuste é reto, cilíndrico e possui sapopemas na base. A casca é grossa e amarga e desprende-se em placas. As folhas são compostas, as sementes devem ser colocadas para germinar logo após a colheita, não sendo necessário nenhum tipo de pré-tratamento. O poder germinativo é superior a 90%, quando recém-coletadas. Um quilograma de sementes contém aproximadamente 55 a 60 unidades (Lorenzi, 2002). A produção de mudas pode ser feita de duas maneiras: colocando-se as sementes para germinar em canteiros (sementeiras) ou semeando-as diretamente na embalagem plástica. A emergência ocorre em cerca de 30 dias. O desenvolvimento das mudas em viveiro é moderado, sendo que dentro de seis a sete meses as mudas estarão prontas para serem levadas ao campo (Ferraz, 2003).

Quanto ao clima, a andiroba ocorre em regiões com clima tropical úmido, com precipitações entre 1800 e 3500 mm anuais. As temperaturas podem variar de 17 a 30 °C e a umidade relativa, de 70 a 90%. A espécie desenvolve-se melhor em solos argilosos e barrentos (porém não encharcados) e com abundante matéria orgânica (Ferraz, 2003). Floresce duas vezes ao ano, em agosto-setembro e janeiro-fevereiro. Os frutos amadurecem em junho-julho e fevereiro-março (Lorenzi, 2002). O óleo contido na amêndoa é amarelo-claro e extremamente amargo. Quando submetido a temperatura inferior a 25 °C, solidifica-se, ficando com consistência parecida com a da vaselina. Contém substâncias como a oleína, palmitina e glicerina (Mendonça & Ferraz, 2007).

A espécie apresenta boa regeneração natural nas capoeiras de várzeas (Lorenzi, 2002). Estudos analisando a formação de mudas de andiroba, concluíram que a espécie é adaptada para regenerar-se e crescer sob o dossel da floresta, além disso, apresenta bom potencial para plantios de enriquecimento, já que responde favoravelmente ao sombreamento (Tonini *et. al.*, 2005; Souza *et. al.*, 2008; Ferraz *et. al.*, 2002).



Fonte: Patrícia Farias

**Figura 1 - Plantio de Andiroba (*Carapa guianensis*) em uma área degradada na Comunidade Rio Canoas, km 138, BR-174, Presidente Figueiredo-AM.**

Ferraz *et. al.* (2002) relata os aspectos tecnológicos e maneiras corretas de manejo para o sucesso de plantios com esta espécie.

## 2.2 Plantios florestais em área degradada

A escolha adequada de espécies florestais para plantios homogêneos é o primeiro passo para o sucesso do empreendimento florestal. A escolha deve ser feita baseada no produto final que se pretende obter, ou seja, madeira para lenha, serraria, celulose, laminação, etc. (Paiva & Vital, 2003).

De acordo com as pesquisas de Miranda (2000), entre os principais critérios para a seleção de espécies para reflorestamento de áreas degradadas estão a aptidão em relação ao sítio e a elevada produtividade. A escolha de espécies é um sério problema em países tropicais e subtropicais, onde o uso de uma espécie em local inadequado pode levar a problemas como produtividade inferior ao potencial da região, elevada suscetibilidade ao ataque de pragas, inadaptação da espécie e produção de madeira com características inadequadas. Apesar dos tratamentos culturais (adubação e capinas) e silviculturais (desrama e desbaste) serem práticas rotineiras nas empresas do setor florestal, a escolha de espécies que minimizem a necessidade dos mesmos, pode representar uma grande economia para os produtores, aumentando a rentabilidade dos plantios.

A história do uso do solo mostra que a alteração nem sempre dá lugar a um novo sistema ecológico sustentável, seja de lavouras ou de pastagens. Com isso, solos utilizados intensamente e de forma inadequada são levados à degradação. A avaliação da extensão de áreas degradadas é um processo complexo, pois o conceito de solo degradado não está claramente definido. Após atividades que causam grandes distúrbios, como a mineração, e em áreas de empréstimo para a construção de barragens e aterros, a caracterização torna-se óbvia; contudo, em áreas em que a degradação ocorre de forma lenta e gradual, como nas atividades agrícolas, a caracterização é mais difícil (Ferreira *et. al.*, 2007).

O aumento dos plantios florestais na Amazônia tem levado à utilização de áreas alteradas ou degradadas, com condições edáficas muito diversas, mesmo em escalas espaciais muito reduzidas. A reabilitação de áreas degradadas não consiste de ações isoladas, e sim de um conjunto de atividades que têm por objetivo recompor a paisagem que foi perturbada, e são raras as pesquisas que procuram avaliar a qualidade do solo sob o enfoque de degradação.

Por esse motivo, este trabalho estudou o crescimento e estado nutricional de uma espécie nativa da região, plantada em sistemas de plantio em área degradada na Amazônia Central.

### 3. REFERÊNCIAS

CLAY, J.W.; SAMPAIO, P. T. B.; CLEMENTE, C. R. *Biodiversidade amazônica: exemplos e estratégias de utilização*. Manaus, INPA/SEBRAE. 409p. 2000.

FERRAZ, I.D.K; CAMARGO, J.L.C.; SAMPAIO, P.T.B. *Sementes e Plântulas de andiroba (Carapa guianensis Aubl. e Carapa procera D.C.): Aspectos botânicos, ecológicos e tecnológicos*. Acta Amazonica, 32(4): 647-661. 2002.

FERRAZ, I. D. K. *Andiroba: Informativo técnico da Rede de Sementes da Amazônia*. Vol 1. ISSN 1679-6500. 2003.

FERREIRA, W.C.; BOTELHO, S.A.; DAVIDE, A.C. & FARIA, J.M.R. *Avaliação do crescimento do estrato arbóreo de área degradada revegetada à margem do Rio Grande, na Usina Hidrelétrica de Camargos, MG*. R. Árvore, 31:177- 185, 2007.

INPE. *Monitoramento da floresta Amazônica brasileira por satélite – projeto PRODES*. 2009. Disponível em: (<http://www.obt.inpe.br/prodes/>) Acesso em: 16/06/2012.

LORENZI, H. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. 4. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 384 p. 2002.

MENDOÇA, A. P.; FERRAZ, I. D. K. *Óleo de Andiroba: processo tradicional da extração, uso e aspectos sociais no estado do Amazonas, Brasil*. Acta Amazônica. Vol 37 (3), p. 353-364. 2007.

MIRANDA, E.M.; VALENTIM, J.F. *Desempenho de doze espécies arbóreas nativas e introduzidas com potencial de uso múltiplo no Estado do Acre, Brasil*. Acta Amazonica 30 (3): 471-480. 2000.

MOREIRA, P. R. *Manejo do solo e recomposição da vegetação com vistas a recuperação de áreas degradadas pela extração de bauxita, Poços de Caldas, MG*. 155 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2004.

PAIVA, H. N.; VITAL, B. R. *Escolha da espécie florestal*. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 42p. 2003.

SILVA, C. E. M.; GONÇALVES, J. F. C.; FELDPAUSCH, T. R.; LUIZÃO, F. J.; MORAIS, R. R.; RIBEIRO, G. O. *Eficiência no uso dos nutrientes por espécies pioneiras crescidas em pastagens degradadas na Amazônia Central*. *Acta Amazônica*, 36(4): 503-512. 2006.

SOUZA, C. R.; LIMA, R. M. B.; AZEVEDO, C. P.; ROSSI, L. M. B. *Desempenho de espécies florestais para uso múltiplo na Amazônia*. Piracicaba: Scientia Florestalis, v.36, n. 77, p.7-14. 2008.

SOUZA, C. R.; AZEVEDO, C. P.; LIMA, R. M.; ROSSI, L. M. B. *Comportamento de espécies florestais em plantios a pleno sol e em faixas de enriquecimento de capoeira na Amazônia*. *Acta Amazônica*. Vol. 40(1): 127 – 134. 2010.

TONINI, H.; ARCO-VERDE, M. F.; SÁ, S. P. P. *Dendrometria de espécies nativas em plantios homogêneos no Estado de Roraima - Andiroba (*Carapa guianensis* Aubl), Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), Ipê-roxo (*Tabebuia avellaneda* Lorentz ex Griseb) e Jatobá (*Hymenaea courbaril* L.)*. *Acta Amazônica*. VOL. 35(3): 353 – 362. 2005.

THIBAU, C.E. *Produção sustentada em florestas: Conceitos e tecnologias, biomassa energética, pesquisas e constatações*. Ed. do autor, Belo Horizonte. 509 p. 2000.

VIEIRA, I. C. G. et al. *Bases técnicas e referenciais para o Programa de Restauração Florestal do Pará: um bilhão de árvores para a Amazônia*. Pará. Desenvolvimento, Belém, v. 2, p. 9- 03, 2009.

## CAPÍTULO I

**Análise do crescimento e índice de sobrevivência das árvores de *Carapa guianensis* sob diferentes níveis de adubação em um plantio sob área degradada em Presidente Figueiredo-AM.**

## **Análise do crescimento e índice de sobrevivência das árvores de *Carapa Guianensis* sob diferentes níveis de adubação em um plantio sob área degradada em Presidente Figueiredo-AM.**

Souza, P. F.; Sampaio, P. T. B.; Ferraz, J. B. S.; & Uchôa, D. M.

*Escola Superior de Ciências da Saúde, Universidade do Estado do Amazonas, Manaus.*

### **Resumo**

Existem diversos estudos acerca do desenvolvimento de espécies florestais com interesse econômico na região amazônica, entretanto, pouco se conhece a respeito do desenvolvimento da espécie Andiroba (*Carapa guianensis*) plantada em área degradada. Usando a análise do crescimento em altura e diâmetro a altura do peito (DAP), avaliamos o desenvolvimento das árvores de andiroba com 46 meses de idade plantadas em uma área degradada no município de Presidente Figueiredo-AM. O plantio foi realizado no mês de novembro/2008, utilizando mudas de cinco meses de idade. Foram realizadas três medições, sendo que o esquema experimental adotado foi o DIC (delineamento inteiramente casualizado), dispostos em oito tratamentos com quatro repetições de cinco plantas cada uma. Os tratamentos receberam diferentes dosagens de adubação química e esterco de galinha no momento do plantio, sendo um tratamento utilizado como testemunha, o qual não recebeu nenhuma adubação. O tratamento T7 adubado com NPK (4-14-18) apresentou maior crescimento em altura (6,8m) após os 46 meses de plantio, sendo que as médias não apresentaram diferença estatística significativa quando comparadas entre si ( $f=1,65$ ;  $p>0,05$ ). Enquanto que o T2, adubado com NPK 10-10-10, apresentou maior crescimento em diâmetro, com uma média de 8,5cm, apresentando diferença significativa entre os tratamentos ( $f=2,12$ ;  $p<0,05$ ). O índice de sobrevivência após 46 meses de plantio foi maior nos tratamentos T1, T2 e T4, todos apresentando uma taxa de 95% de sobrevivência, sendo que o tratamento T6 foi o único que apresentou diferença estatística no teste de significância.

### **1. INTRODUÇÃO**

A proliferação de áreas degradadas na região amazônica por causas antrópicas recomenda medidas compensatórias de recuperação da cobertura vegetal. O uso de árvores nativas para plantios de regeneração florestal, pela sua idiosincrasia ecológica e importância socioeconômica, pode ocupar papel protagonista (Salomão *et al.*, 2006; Tonini *et al.*, 2008). Existem alguns exemplos documentados de plantações experimentais de espécies nativas bem sucedidas, seja em consórcio com outras árvores (Bentes Gama *et al.*, 2005), seja em monocultura (Tonini *et al.*, 2008; Souza *et al.*, 2008).

Poucos trabalhos foram desenvolvidos acerca do crescimento de árvores de andiroba plantadas em área degradada.

Fatores como luz, água e temperatura são alguns dos elementos do ambiente que influenciam no desenvolvimento da vegetação. O suprimento inadequado de um desses fatores pode reduzir o vigor da planta e limitar seu desenvolvimento (Lima Júnior, 2006). Por exemplo, quando as plantas são expostas à alta irradiância, o balanço entre a produção de espécies reativas de oxigênio e os mecanismos de defesa das plantas podem ser alterados, resultando normalmente em danos às células (Lima *et al.*, 2002).

Silva (2000) explica que a grande diversidade de espécies florestais, principalmente na floresta amazônica, aliada a grande pressão exercida pela exploração desordenada e predatória dessa floresta, torna imperativo que estudos sejam realizados, buscando melhor atender e elucidar dentro dos aspectos formadores da estrutura florestal, aqueles que possam vir a subsidiar e garantir um manejo adequado da mesma. Os sistemas silviculturais propostos para o manejo das florestas naturais só serão eficientes na manutenção da produtividade da floresta, se a extração das espécies for feita de modo responsável e houver um compromisso efetivo com a sustentabilidade dos recursos.

Para indicar um tratamento silvicultural adequado é necessário que se conheça o comportamento das espécies em diferentes ambientes da floresta, de acordo com suas necessidades. O conhecimento da dinâmica de crescimento das espécies de interesse na floresta precede a adoção de técnicas adequadas de recuperação de áreas degradadas.

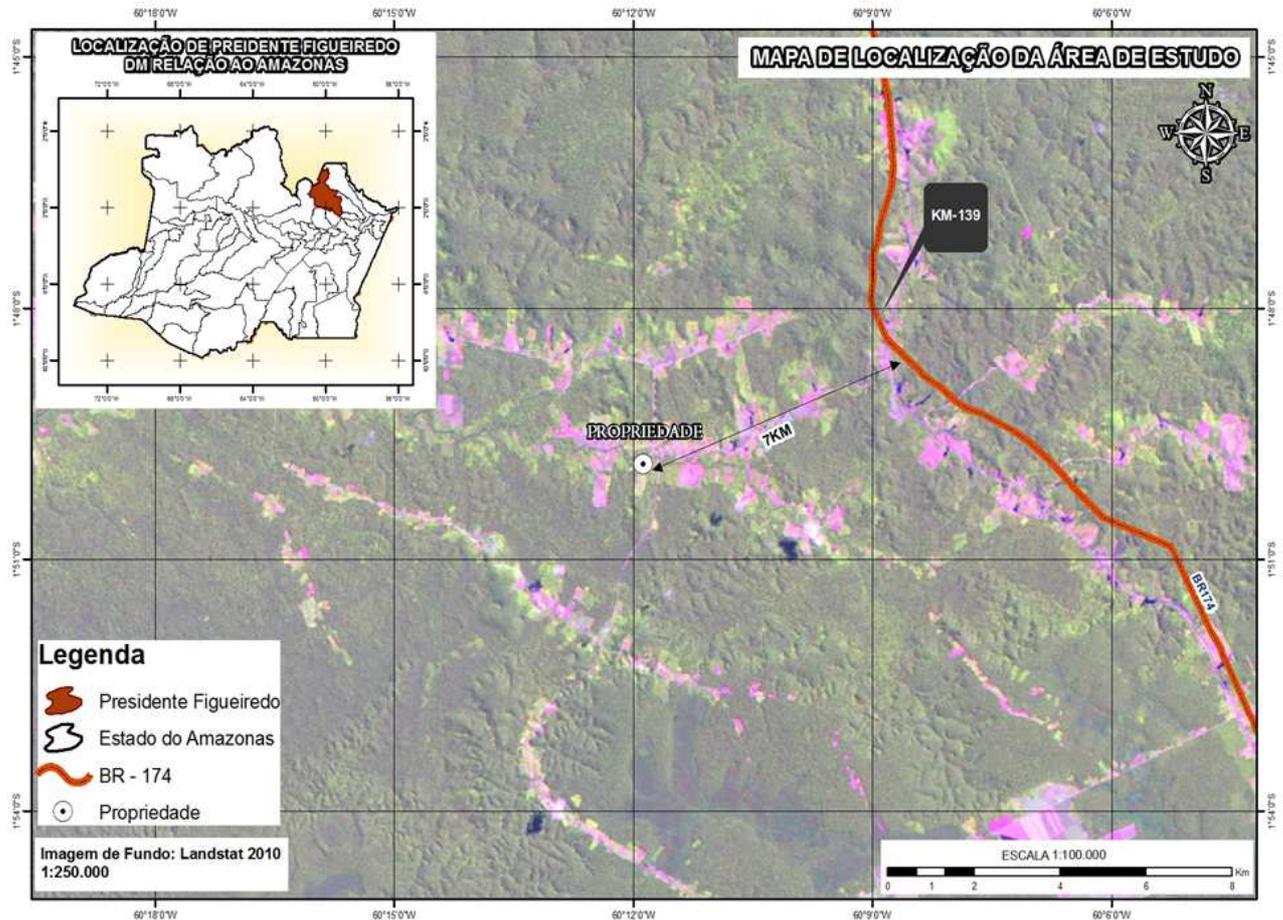
Poucos estudos realizados na Amazônia abordaram o comportamento das espécies arbóreas e apresentaram estimativas de crescimento em altura e diamétrico dessas espécies em condições de floresta natural e quando plantadas em área degradada (Jardim, 2010).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento em altura e diâmetro de árvores de *Carapa guianensis* e a taxa de sobrevivência após 46 meses de plantio sob diferentes níveis de adubação em uma área de agricultura familiar no município de Presidente Figueiredo-AM.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

O plantio experimental localiza-se no município de Presidente Figueiredo, estado do Amazonas, Brasil. O plantio foi feito em uma propriedade particular utilizada pela agricultura familiar. A propriedade pertence à família Blind, localizada no km 139, BR 174,

município de Presidente Figueiredo-AM. Coordenadas: S 01° 49' 51,5" e W: 60° 11' 52,0" (Figura 1).



**Figura 1 - Mapa mostrando o local onde foi realizado experimento: Ramal do Rio Canoas, km 139, BR-174, Presidente Figueiredo-AM.**

As sementes utilizadas para a produção das mudas são oriundas de matrizes registradas da Reserva Florestal Adolpho Ducke, localizada em Manaus-AM.

O plantio foi realizado no mês de novembro/2008, utilizando mudas de cinco meses de idade em um espaçamento de 5m x 5m, em covas de 30cm x 30cm. O esquema experimental adotado foi o DIC (delineamento inteiramente casualizado), dispostos em oito tratamentos com quatro repetições de cinco plantas cada uma. Os tratamentos receberam diferentes dosagens de adubação química na cova e em dose única: N-P-K (10-10-10) nos tratamentos T1, T2, T3; N-P-K (4-14-8) nos tratamentos T5, T7 e T8, e adubo orgânico (esterco de galinha) no tratamento T4, sendo o tratamento T6 delineado como testemunha (Tabela 1).

Tabela 1- Tratamentos com andiroba utilizados no experimento, e suas respectivas dosagens.

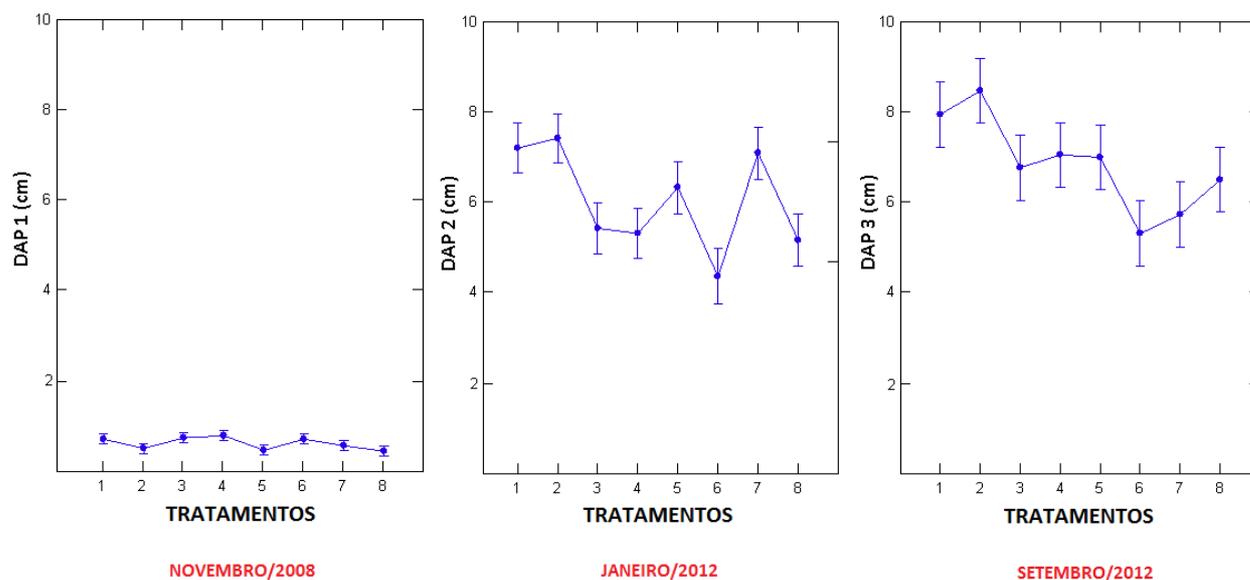
Adubo	Quantidade (g)	Tratamento (T)	Qntd. de mudas
N P K (10-10-10)	50	T1	20
	100	T2	20
	150	T3	20
N P K (4-14-8)	50	T5	20
	100	T7	20
	150	T8	20
Adub. Org. (Est. galinha)	Áprox. uma pá (3,0 Kg)	T4	20
Testemunha	-	T6	20

A primeira medição de altura e diâmetro foi realizada em novembro de 2008 na data do plantio. Em seguida foram realizadas medições em janeiro/2012 (38 meses) e setembro/2012 (46 meses), período chuvoso e seco, respectivamente.

Para o desenvolvimento deste estudo, foram coletadas as seguintes variáveis: diâmetro a altura do colo (DAC) e diâmetro a 1,30m do solo (DAP); altura total (ht); sobrevivência (S%). As medidas do DAC foram tomadas utilizando-se um paquímetro digital, as medidas de DAP (cm) foram tomadas utilizando-se fita diamétrica e uma vara graduada para medir a altura total (m).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de DAP (diâmetro a altura do peito) foram maiores no T2 após 46 meses de plantio, com média de 8,5cm em setembro/2012. Vale ressaltar que o T2 foi o tratamento que recebeu maior dosagem de adubo NPK (10-10-10): 150g. No mesmo período de medição, o tratamento que apresentou menor crescimento em diâmetro foi o T6, com 5,3cm, sendo que o tratamento mencionado foi o escolhido como testemunha, ou seja, não recebeu nenhum tipo de adubação na data do plantio (Figura 2).



**Figura 2 – Valores médios e desvio padrão de DAP em árvores de *Carapa guianensis* aos 0, 38 e 46 meses de plantio, plantadas sob oito diferentes tipos de adubação em Presidente Figueiredo-AM / T1 – 50 g de NPK (10-10-10); T2 – 150g de NPK (10-10-10); T3 – 100g de NPK (10-10-10); T4 - Esterco de galinha; T5 – 50g de NPK (4-14-18); T6 – Testemunha; T7 – 100g de NPK (4-14-18); T8 – 150g de NPK (4-14-18).**

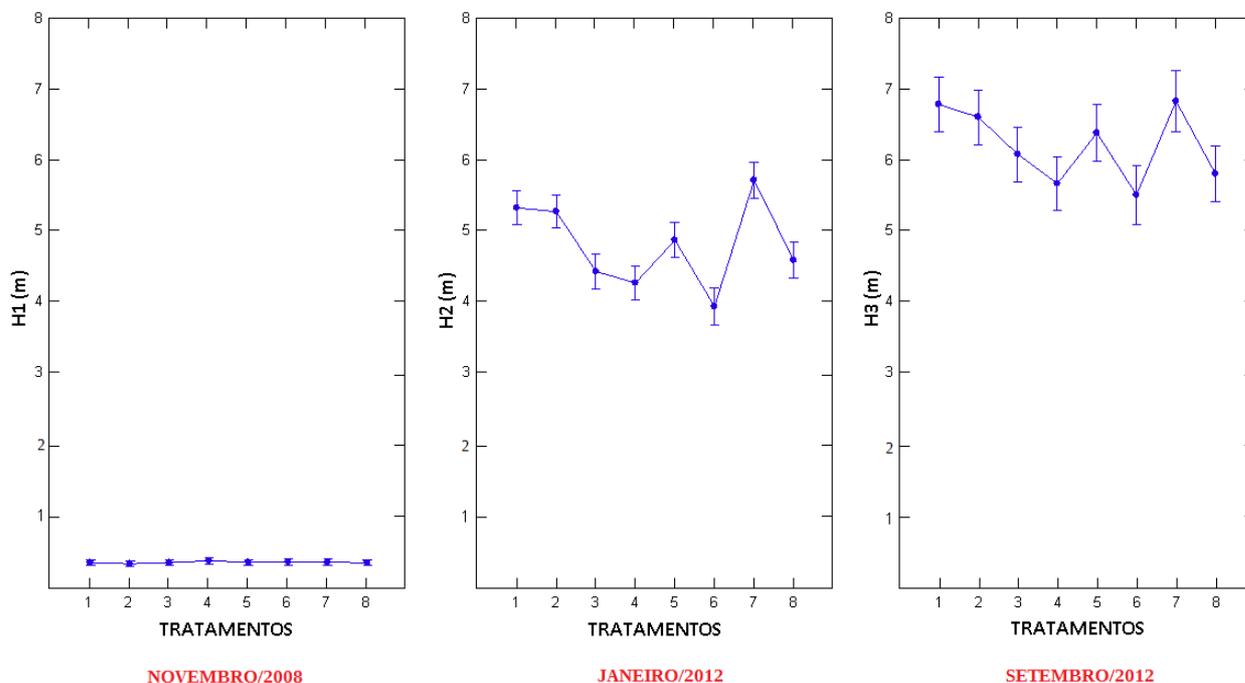
Apesar de uma pequena quantidade de medições durante o intervalo de tempo entre o plantio e o presente estudo, podemos observar uma visível regularidade no bom crescimento em diâmetro do tratamento T2, adubado com maior quantidade de NPK (10-10-10). O tratamento apresentou um valor médio de 8,5 cm de diâmetro após 46 meses de plantio, sendo que observamos diferença estatística significativa entre os tratamentos ( $F=2,12$ ;  $p<0,05$ ).

Por outro lado, tanto no período seco quanto no período chuvoso o menor crescimento em diâmetro das árvores se deu no T6 (testemunha), com uma média de 5,2 cm.

Em trabalhos realizados por Souza *et. al.* (2008), avaliando o crescimento de plantios homogêneos de espécies amazônicas em áreas degradadas, observamos resultados semelhantes, com o valor médio do DAP em torno de 8 cm para árvores da mesma idade de *Carapa guianensis* com três anos de idade sob um sistema único de adubação química na cova.

Com relação à altura, o tratamento T7 adubado com NPK (4-14-18) apresentou maior crescimento em altura (6,8 m) após os 46 meses de plantio, sendo que as médias não apresentaram diferença estatística significativa quando comparadas entre si ( $f=1,65$ ;  $p>0,05$ ). Enquanto que o T2, adubado com NPK 10-10-10, apresentou maior crescimento em diâmetro,

com uma média de 8,5 cm, apresentando diferença significativa entre os tratamentos ( $f=2,12$ ;  $p<0,05$ ) (Figura 3).



**Figura 3 - Valores médios e desvio padrão de altura total (m) em árvores de *Carapa guianensis* aos 0, 38 e 46 meses de plantio, plantadas sob oito diferentes tipos de adubação em Presidente Figueiredo-AM / T1 – 50 g de NPK (10-10-10); T2 – 150g de NPK (10-10-10); T3 – 100g de NPK (10-10-10); T4 - Esterco de galinha; T5 – 50g de NPK (4-14-18); T6 – Testemunha; T7 – 100g de NPK (4-14-18); T8 – 150g de NPK (4-14-18).**

A maior média de crescimento em altura total como foi supracitado foi no T7, adubado com 100 g de NPK (4-14-18) com 6,8 m, e o menor crescimento após os 46 meses de plantio foi no tratamento T6 (testemunha), 5,5 m. Um aspecto interessante foi que entre os meses de período chuvoso e seco, segunda e terceira medição respectivamente, o T1 (50 g de NPK 10-10-10) cresceu cerca de 50% mais que o T7. O valor em janeiro/2012 foi de 5,3 m e em setembro/2012 o mesmo tratamento alcançou a média de 6,8 m, um aumento de 1,5 m, quase alcançando a mesma altura média do T7.

Neves *et al.* (1993) avaliaram o comportamento de espécies florestais plantadas a pleno sol em Manaus (AM). Dentre as espécies que apresentaram melhor desempenho quanto à altura e ao DAP está *C. guianensis* com 4,95 m de altura e 10,2 cm de DAP aos três anos de idade.

Souza *et al.* (2003) testaram o desempenho de 25 espécies florestais nativas e exóticas em uma área degradada localizada no Campo Experimental da Embrapa Amazônia Ocidental, no Município de Manaus/AM, em espaçamento 3 m x 4 m. Nesse trabalho o autor cita a

espécie sumaúma, a qual apresentou as seguintes características dendrométricas, aos quatro anos de idade: 8,9 cm de DAP e 4,1 m de altura. Apesar do baixo desempenho da espécie, seu crescimento foi equivalente a outras como andiroba (*Carapa guianensis*), eucalipto (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*), freijó (*Cordia* sp.) e ucuúba (*Virola surinamensis*). Tais resultados mostram-se inferiores aos de outros experimentos devido principalmente ao solo pobre da área experimental, confirmando que a espécie é extremamente exigente no que diz respeito à fertilidade do solo.

O índice de sobrevivência após 46 meses de plantio foi maior nos tratamentos T1, T2 e T4, todos apresentando uma taxa de 95% de sobrevivência, sendo que o tratamento T6 foi o único que apresentou diferença estatística no teste de significância.

**Tabela 2- Índice de sobrevivência das plantas de Andiroba nos diferentes tratamentos após 46 meses de plantio.**

		Taxa de Sobrevivência (%)							
		Tratamentos							
Meses		T1	T2	T4	T7	T3	T5	T8	T6
0 meses		100	100	100	100	100	100	100	100
46 meses		95	95	95	90	90	90	85	75
Classificação		a	a	a	ab	ab	ab	b	c

\*Médias seguidas pela mesma letra na mesma linha não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Entre os fatores bióticos importantes neste trabalho, se destaca o ataque da *Hypsipyla grandella* às espécies da família Meliaceae, independente do sistema de plantação, influenciando negativamente a sobrevivência e o crescimento durante os primeiros anos (Souza, 2010). Esta praga, conhecida como broca dos ponteiros, destrói o broto terminal das árvores, diminuindo sua altura e causando o aparecimento de galhos laterais, o que reduz sensivelmente o valor comercial da madeira.

Neste trabalho, as árvores de *C. guianensis* sofreram ataques de brocas, mas de menor intensidade, o que não afetou significativamente a sobrevivência do plantio (Uchôa et. al., 2012).

Nos trabalhos de Souza (2010) verificamos um experimento com idade semelhante à este trabalho, onde as espécies da família Meliaceae (*S. macrophylla*, *C. guianensis* e *C. odorata*) tiveram 100% de suas árvores atacadas, causando alta mortalidade, mas de menor

intensidade, o que não afetou significativamente a sobrevivência destas espécies quando plantada em área de capoeira. Já no plantio realizado em área a pleno sol, como em nosso experimento, a sobrevivência, aos seis anos de idade da espécie *C. guianensis*, apresentou os resultados mais satisfatórios (com taxas superiores a 90%).

Embora haja muitos estudos que dizem respeito ao crescimento em geral das espécies florestais na Amazônia, pouco se conhece sobre as respostas ecofisiológicas de espécies nativas da Amazônia em plantios para restauração de áreas degradadas (Santos Júnior *et. al.*, 2006). É também pouco entendida a contribuição proporcionada por diferentes fontes de adubação com relação à mitigação da degradação dos atributos físicos e químicos do solo e seus reflexos nos mecanismos fisiológicos e de crescimento das espécies utilizadas para o reflorestamento em áreas alteradas.

Apesar de a espécie apresentar crescimento satisfatório, este pode ser fortemente influenciado pelas técnicas silviculturais aplicadas, principalmente quanto ao espaçamento de plantio adotado. O espaçamento é uma decisão muito importante e deve ser escolhido com base no destino final da produção, pois refletirá significativamente no crescimento, produção, qualidade da madeira e também nas técnicas de colheita empregadas.

Em trabalhos que acompanharam o crescimento e desenvolvimento desta espécie, sob alguns tipos de manejo, solteiro e consorciado (enriquecimento) em Latossolo Amarelo (LA), Volpato *et. al.* (1973) observaram ser esta espécie, dentre outras estudadas, a que melhor responde com crescimento satisfatório em altura, chegando a 9 e 10 m em plantios de sete (solteiro) e oito (consorciado) anos, com diâmetro à altura do peito (DAP) variando entre 13 e 8 cm, em plantios de sete e oito anos, respectivamente. Em avaliação feita em plantios comerciais de andiroba, em solos de diferentes texturas, nas proximidades de Manaus, AM, Magalhães *et. al.* (1987) observaram que esta espécie apresenta maior crescimento de raízes e altura em solos com textura mais argilosa, sendo 2,5 vezes maior do que em solos arenosos, mostrando-se sensíveis a estes solos quimicamente mais pobres.

Muitos autores confirmam a influência do espaçamento nas características de crescimento e sobrevivência dos povoamentos (Berger, 2000), sendo que essas influências são dependentes das características de cada espécie e podem ser positivas ou negativas com o aumento ou diminuição do espaçamento. Espaçamentos mais amplos tendem a produzir árvores com maiores diâmetros e maior volume individual, enquanto em espaçamentos mais fechados as árvores possuem menor diâmetro e conseqüentemente maior volume por unidade de área (Pauleski, 2010).

De acordo com Oliveira Neto *et. al.*, (2010), o incremento em altura é pouco influenciado pelo espaçamento, sendo este incremento associado com a qualidade do plantio e a idade de avaliação.

#### 4. CONCLUSÃO

O trabalho de monitoramento de plantios experimentais no município de Presidente Figueiredo-AM mostrou o melhor desempenho das mudas plantadas nos tratamentos T1 e T7 após 46 meses. Com isso, o estudo confirma a andiroba como uma árvore nativa com excelente resposta de crescimento em condições de alta luminosidade. O trabalho não evidenciou estatisticamente diferenças significativas de crescimento em altura das árvores entre os tratamentos, apesar de haver tendência de melhor desempenho tratamento adubado com NPK (4-14-8). Dessa forma, o estudo alerta sobre possíveis medidas de enriquecimento em áreas de plantio com *Carapa guianensis*, recomendando-se a utilização de adubação com NPK e calagem do solo no momento do plantio.

Houve um alto índice de sobrevivência da andiroba, independentemente do tratamento de adubação, ainda que a taxa de mortalidade tenha sido um pouco elevada no T6 (tratamento sem adubação, denominado como testemunha). O estudo reafirma a necessidade de realizar maior monitoramento com relação aos predadores e demais focos de mortalidade em todas as experiências de reflorestamento com *C. guianensis*, como garantia da eficiência na sobrevivência de indivíduos.

Por último, revela-se a andiroba como uma espécie com alta capacidade de rebrote e de recuperação. Trata-se, portanto, de uma espécie de grande potencial para reflorestamentos, recuperação de ambientes degradados e enriquecimento de capoeiras, desde que, neste caso, sejam tomados os devidos cuidados para manter as árvores longe de predadores e brocas.

## 5. REFERÊNCIAS

BENTES-GAMA, M. M., M. L. SILVA, L. J. M. VILCAHUAMÁN & M. LOCATELLI, *Análise econômica de sistemas agroflorestas na Amazônia Ocidental*. Machadinho d'Oeste-RO. Revista Árvore 29(3): 401-411. 2005.

JARDIM, F.C.S; SOARES, M.S. *Comportamento de Sterculia pruriens (Aubl.) Schum. em floresta tropical manejada em Moju-PA*. Acta Amazônica. VOL. 40(3): 535 – 542. 2010.

LIMA JÚNIOR, É.C.; ALVARENGA, A.A. de; CASTRO, E.M. de; VIEIRA, C.V.; BARBOSA, J.P.R.A.D. *Aspectos fisiológicos de plantas jovens de Cupania vernalis Camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento*. Árvore, 30: 33-41. 2006.

LIMA, A.L.S.; DAMATTA, F.M.; PINHEIRO, H.A.; TÓTOLA, M.R.; LOUREIRO, M.E. *Photochemical responses and oxidative stress in two clones of Coffea canephora under water deficit conditions*. Environmental and Experimental Botany, 47: 239-247. 2002.

MAGALHÃES, L. M. S.; BLUM, W. E. H.; FERNANDES, N. P. *Características edáficas e nutricionais de Carapa guianensis Aubl. em solos de diferentes texturas*. Acta Amazônica, v. 16/17, p. 523 – 534. 1987.

NEVES, E. J. M.; SILVA, S. E. L.; MATOS, J. C. S.; CANTO, A. C. *Comportamento de espécies florestais a pleno sol e em linhas de enriquecimento em Manaus, AM*. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1.; CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., Curitiba. Anais. Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1995. v.2, p.756. 1993.

OLIVEIRA NETO, S. N de., REIS, G. G dos.; REIS, M das G. F.; LEITE, H. G.; NEVES, J. C. L. *Crescimento e distribuição diamétrica de Eucalyptus camaldulensis em diferentes espaçamentos e níveis de adubação na região de Cerrado de Minas Gerais*. Revista Floresta, Curitiba, PR, v. 40, n. 4, p. 755-762, out./dez. 2010.

PAULESKI, D. T. *Influência do espaçamento sobre o crescimento e a qualidade da madeira de Pinus taeda L.* 198p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

SALOMÃO, R. P., N. A. ROSA, A. CASTILHO & K. A. C. MORAIS. *Castanheira-do-Brasil recuperando áreas degradadas e provendo alimento e renda para comunidades de Amazônia Setentrional*. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais 1(2): 65-78. 2006.

SANTOS JÚNIOR, U. M.; GONÇALVES, J. F. C.; FELDPAUSCH, T. R. *Growth, leaf nutrient concentration and photosynthetic nutrient use efficiency in tropical tree species*

*planted in degraded areas in Central Amazonia*. Forest Ecology and Management, 226: 299-309. 2006.

SILVA, G. A. P. da. *Evaluation of phytosociological behavior of the equatorial rain forest of the Experimental Station of Tropical Silviculture of the National Institute of Research of the Amazônia-Inpa, Manaus-AM*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências Agrárias do Pará. 70p. (in Portuguese, with abstract in English). 2000.

SOUZA, C. R. de, ROSSI, L. M. B.; AZEVEDO, C. P. de; LIMA, R. M. B. de. *Desempenho de espécies florestais potenciais para plantios na Amazônia Central*. In: *congresso florestal brasileiro, 8. São Paulo. Benefícios, produtos e serviços da floresta: oportunidades e desafios do século XXI*. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura: Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais. 1 CD-ROM. 2003.

SOUZA, C. R. S.; LIMA, R. M. B.; AZEVEDO, C.P.; ROSSI, L. M. B. *Desempenho de espécies florestais para uso múltiplo na Amazônia*. Scientia Forestalis, Piracicaba, v. 36, n. 77, p. 7-14, 2008.

SOUZA, C. R. S.; AZEVEDO, C.P.; LIMA, R. M. B.; ROSSI, L. M. B. *Comportamento de espécies florestais em plantios a pleno sol e em faixas de enriquecimento de capoeira na Amazônia*. Acta Amazônica, vol. 40(1): 127 - 134, 2010.

TONINI, H., M. M. C. OLIVEIRA JR. & D. SCHWENGBER. *Crescimento de espécies nativas da Amazônia submetidas ao plantio no estado de Roraima*. Ciência Florestal 2(18): 151-158. 2008.

UCHÔA, D. M.; SAMPAIO, P. T. B.; ZIDKO, A.; BLIND, M. R. *Plantios de andiroba (Carapa guianensis Aubl): Caracterização morfológica e fitossanitária de plantio submetido a diferentes níveis de adubação em área de capoeira na Amazônia Central*. Universidade Federal do Amazonas. 49 p. 2012.

VOLPATO, E.; SCHMIDT, P.B.; ARAUJO, V.C. *Carapa guianensis Aubl. (andiroba). Estudos comparativos de tratamentos silviculturais*. Acta Amazonica. 2(1):71-82. 1972.

## CAPÍTULO II

**Análise dos teores de macro e micronutrientes de folhas das árvores de *Carapa guianensis* em um plantio sob área degradada em Presidente Figueiredo-AM.**

## **Análise dos teores de macro e micronutrientes das árvores de *Carapa guianensis* em um plantio sob área degradada em Presidente Figueiredo-AM.**

Souza, P. F.; Ferraz, J. B. S.; Sampaio, P. T. B.

*Escola Superior de Ciências da Saúde, Universidade do Estado do Amazonas, Manaus.*

### **Resumo**

Pouco se conhece acerca dos teores nutricionais de árvores da espécie Andiroba (*Carapa guianensis*) plantadas em área degradada. As áreas alteradas na Amazônia brasileira ocupam expressiva proporção do território. A reincorporação dessas áreas ao processo produtivo, a partir de plantações florestais, pode contribuir significativamente para o aumento da oferta de madeira de elevado valor econômico, e diminuir a pressão sobre as florestas nativas. A minimização de danos ambientais decorrentes de aumento na emissão de gases de efeito estufa; perdas de solo, água e nutrientes, além da biodiversidade que deve ser considerada. O estudo foi realizado na mesma área de experimento no município de Presidente Figueiredo-AM, em uma propriedade localizada no km 139, BR 174. O plantio foi realizado no mês de novembro/2008 e houve duas datas de coleta de folhas: em janeiro/2012 e setembro/2012. Foram coletadas amostras foliares de 5 árvores com altura dominante por parcela (tratamento), sendo cada uma formada pela composição de dez folhas por árvore. Foram determinados os teores de N, P, K, Ca e Mg e dos micro-nutrientes Mn, Fe, Cu e Zn. Dessa forma, foi observada diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos nos teores de Ca, K, P, Fe, Mn e Cu. Os teores médios dos demais nutrientes Mg, N e Zn não apresentaram significância estatística ( $p > 0,05$ ).

### **1. INTRODUÇÃO**

O monitoramento nutricional é uma ferramenta de grande auxílio nas tomadas de decisões no setor florestal, pois permite: avaliar o estado nutricional, de modo qualitativo e quantitativo; diagnosticar possíveis desequilíbrios nutricionais nas florestas; recomendar corretamente os fertilizantes a serem utilizados e as áreas a serem fertilizadas (Bellote & Silva, 2000).

As práticas de manejo nos sistemas florestais dependem da compreensão do ciclo de nutrientes, no que diz respeito à velocidade de fluxo, entradas e perdas, interação solo-planta, distribuição de componentes da parte aérea e sistema radicular ao longo do tempo (Vieira *et al.*, 2013). A distribuição dos nutrientes nos vários componentes da árvore tem grande

importância na nutrição de povoamentos florestais manejados em rotações sucessivas, pois o manejo intensivo das plantações pode aumentar significativamente a produção de biomassa, aumentando também a exportação de nutrientes do sítio, desestabilizando a produtividade do solo (Bellote e Silva, 2000). Para esses autores, cada componente possui concentração de nutrientes relacionada com suas funções. Segundo Viera e Schumacher (2009), fundamenta-se, dessa maneira, a necessidade de conduzir estudos referentes à dinâmica nutricional de plantios em sistemas agrossilviculturais e em plantios em área degradada, visando encontrar técnicas para melhorar a produtividade com base no manejo sustentável, fornecendo melhorias ao sistema como um todo, sem causar danos ao meio ambiente e utilizando espécies nativas da região.

Apesar do grande interesse comercial que a madeira e o óleo da andiroba despertam no mercado, existem poucas referências na literatura sobre a nutrição mineral dessas plantas. Entre poucos trabalhos destacam-se os realizados por Martins *et al.* (2000a), Martins *et al.* (2000b), Neves *et al.* (2002) e Santos (2002).

A adubação pode ser definida como a adição de elementos (nutrientes) de que a planta necessita para viver, com a finalidade de obter colheitas compensadoras de produtos de boa qualidade nutritiva ou industrial, provocando-se o mínimo de perturbação no ambiente. Em resumo, sempre que o fornecimento dos nutrientes pelo solo (reservatório) for menor que a exigência da cultura, torna-se necessário recorrer ao uso de adubos.

Sabe-se que o fator mais importante e maior para o aumento da produtividade é, certamente, o uso racional de corretivos agrícolas e fertilizantes, que associados a outros fatores de produção como sementes melhoradas, irrigação, controle de pragas e doenças, práticas culturais, criam condições favoráveis para atingir-se o objetivo final.

A utilização de soluções nutritivas constitui importante técnica para a realização de estudos envolvendo aspectos associados à nutrição de plantas, tais como: eficiência de absorção e utilização de nutrientes; caracterização de sintomatologias de carências e excessos de nutrientes; estudos sobre aspectos histológicos, morfológicos e anatômicos de raízes submetidas a diferentes teores e relações entre nutrientes; translocação e compartimentalização de nutrientes nas plantas; interações – antagonismo e sinergismo – entre nutrientes, etc. (Viera e Schumacher, 2009).

Portanto, este trabalho teve como objetivo avaliar a influência dos diferentes níveis de adubação utilizada no momento do plantio, no estado nutricional das árvores de andiroba plantadas em área degradada, após 46 meses, avaliando-se para isso os teores de macro e micronutrientes nas folhas das árvores.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na mesma área de experimento no município de Presidente Figueiredo, estado do Amazonas, em uma propriedade particular pertencente à família Blind, localizada no km 139, BR 174, município de Presidente Figueiredo-AM.

O plantio realizado em novembro/2008 atualmente com mais de três anos de idade, está dividido em oito tratamentos. Os tratamentos receberam diferentes dosagens de adubação química: N-P-K (10-10-10) nos tratamentos T1, T2, T3; N-P-K (4-14-8) nos tratamentos T5, T7 e T8, e adubo orgânico (esterco de galinha) no tratamento T4, sendo o tratamento T6 determinado como testemunha.

Houve duas datas de coleta de folhas: em janeiro/2012 (38 meses) e setembro/2012 (46 meses), período chuvoso e seco, respectivamente. Foram coletadas amostras foliares de 5 árvores com altura dominante por parcela (tratamento), sendo cada uma formada pela composição de dez folhas por árvore. As amostras foliares tiveram que atender os seguintes requisitos como: bom estado fitossanitário; plena exposição ao sol e situadas no terço médio da planta (Bellote & Silva, 2000). Após a coleta foram acondicionadas em sacos de papel e postas para secar em estufa de ventilação forçada a uma temperatura de aproximadamente 65°C por um período de 72 horas, estando assim prontas para o processo de moagem.

Os teores de N, P, K, Ca e Mg e dos micro-nutrientes Mn, Fe, Cu e Zn, foram determinados por meio dos seguintes métodos:

N: a partir de uma pré-digestão e digestão com duplo ácido ( $H_2O_2 + H_2SO_4$ ), o nitrogênio foi determinado de acordo com o método de Kjeldahl, a partir de uma alíquota de 25 ml do extrato puro;

P: pelo método molibdato de amônio. A leitura do P foi realizada no espectrofotômetro UV-VIS-120-01. O fósforo digerido é determinado por espectrofotômetro, através da leitura da intensidade da cor do complexo fosfomolibdico, produzido pela redução do molibdato com ácido ascórbico (Embrapa, 1999).

K, Ca, Mg, Mn, Fe, Zn, e Cu: Obtenção do extrato por via úmida (solução digestora nitroperclórica:  $HNO_3$  e  $HClO_4$  concentrados, na relação 2:1) (Malavolta et al., 1997). Os elementos são determinados por espectrofotometria de absorção atômica.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de N nas folhas das plantas do tratamento T1 foram superiores aos teores dos tratamentos T3 e T8, que foram adubados com maiores quantidade de NPK. No entanto, os teores de N em T1 podem ser considerados adequados ao desenvolvimento das plantas de *C. guianensis*, uma vez que não foram encontrados, em análise visual, sintomas de deficiência deste elemento (por exemplo, clorose generalizada das folhas), enquanto que em T3 e T8 esses sintomas foram diagnosticados em algumas plantas. Diferentemente dos teores de N, os teores de P apresentaram os menores valores no tratamento T1 quando comparado aos dos tratamentos T3 e T8 (Figura 1).

Para os nove nutrientes foram testados os teores ( $\text{g/kg}^{-1}$  e  $\text{mg/kg}^{-1}$ ) em folhas das árvores de andiroba. Dessa forma, foi observada diferença significativa ( $p < 0,05$ ) nos teores de Ca, K, P, Fe, Mn e Cu. Os teores médios dos demais nutrientes Mg, N e Zn não apresentaram significância ( $p > 0,05$ ) (ANOVA).

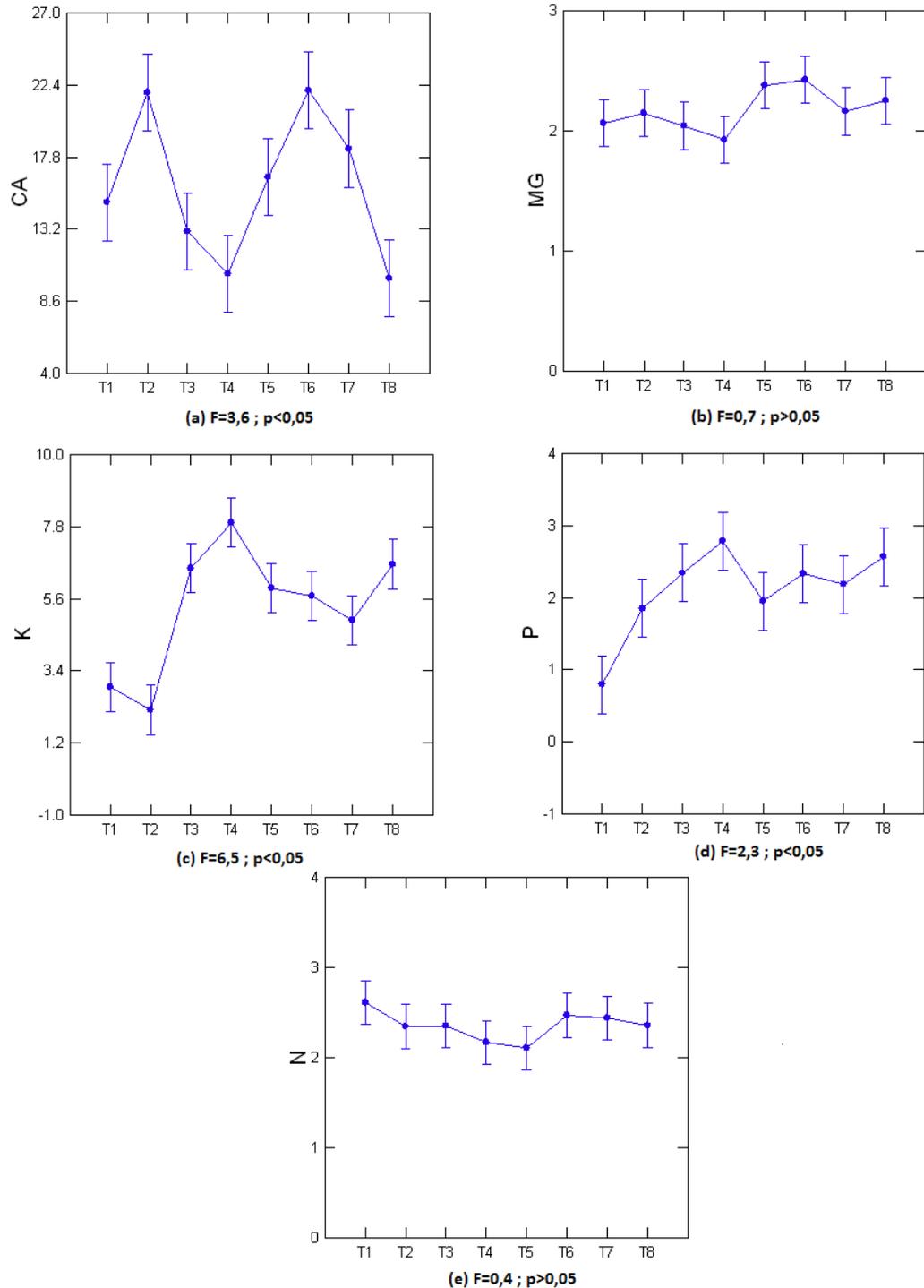
O maior teor de Ca foliar foi obtido no tratamento T6 ( $22,50 \text{ g/kg}^{-1}$ ), o qual foi estabelecido como testemunha, ou seja, não recebeu nenhum tipo de adubação. O maior teor de Mg também foi observado no tratamento T6 ( $2,40 \text{ g/kg}^{-1}$ ) seguido pelo tratamento T5 ( $2,30 \text{ g/kg}^{-1}$ ) (Figura 4). Os teores dos nutrientes foliares de N, Fe e Mn foram maiores no tratamento T1 ( $2,61 \text{ g/kg}^{-1}$ ,  $83,9 \text{ mg/kg}^{-1}$  e  $43,3 \text{ mg/kg}^{-1}$ , respectivamente. Sendo que Fe e Mn mostraram igualdade também no tratamento com menor teor T4, com  $42,3$  e  $23,7 \text{ mg/kg}^{-1}$ .

Com maiores teores no T4, K e P apresentaram  $7,92$  e  $2,78 \text{ g/kg}^{-1}$  respectivamente. Entretanto o menor teor de K foi encontrado no T2 ( $2,21 \text{ g/kg}^{-1}$ ) e de P foi encontrado no T1 ( $0,79 \text{ g/kg}^{-1}$ ). O Zn apresentou maior índice no T7 com  $32,4 \text{ mg/kg}^{-1}$ , já o maior teor de Cu foi encontrado no T2 ( $16,2 \text{ mg/kg}^{-1}$ ) (Figura 2).

Apesar de ser o macronutriente menos exigido em quantidade pelas plantas, o fósforo é o nutriente aplicado em maiores quantidades em adubação no Brasil. Furtini Neto *et al.* (2001) explicaram que esse fato se relacionava com a baixa disponibilidade de fósforo nos solos brasileiros e, também, com a forte tendência do fósforo aplicado ao solo de reagir com componentes deste para formar compostos de baixa solubilidade (fixação de fósforo).

Os teores de P e K foram maiores nos tratamentos T4 quando comparados ao tratamento T1 e T7, adubados com os dois tipos de NPK. No tratamento T4 foi utilizado esterco de galinha como método de adubação. Várias podem ser as fontes de matéria orgânica, como esterco de curral, esterco de galinha, serragem, tortas, lodo de esgoto,

serrapilheira, e de origem vegetais como gramíneas, leguminosas etc. Desse modo, é importante conhecer a relação entre qualidade dos resíduos vegetais e a taxa de decomposição e liberação de nutrientes para as plantas (Monteiro *et. al.*,2002).



**Figura 1 – Valores médios e desvio padrão (n=80) de teores de macronutrientes ( $\text{g/kg}^{-1}$ ) em folhas de Andiroba de árvores sob um plantio sob diferentes níveis de adubação em área degradada. (a) Ca, (b) Mg, (c) K, (d) P e (e) N. T1 – 50 g de NPK (10-10-10); T2 – 150g de NPK (10-10-10); T3 – 100g de NPK (10-10-10); T4 - Esterco de galinha; T5 – 50g de NPK (4-14-18); T6 – Testemunha; T7 – 100g de NPK (4-14-18); T8 – 150g de NPK (4-14-18).**

Neste experimento usamos dois tipos de adubo NPK em concentrações diferentes. O NPK 4-14-8 (4 partes de nitrogênio, 14 partes de fósforo e 8 partes de potássio) geralmente é indicado para espécies que produzem flores e frutos. Além disso, segundo a maioria dos fabricantes, esta formulação é ideal para ser aplicada no momento do plantio dos vegetais, no preparo do solo, pois o alto teor de fósforo proporciona uma melhor formação e desenvolvimento das raízes e estrutura das plantas. E o NPK 10-10-10 (partes iguais dos 3 elementos) que normalmente é utilizado para espécies que não florescem e não produzem frutos, esta formulação também é ideal para ser aplicada em plantas já formadas, na forma de cobertura. Yamada (2002) menciona que ao invés de usar os nutrientes isoladamente, é sempre melhor usá-los em fórmulas N-P ou N-K ou NPK para melhor aproveitamento agrônômico e econômico dos nutrientes.

Conforme os resultados obtidos, os tratamentos adubados com NPK 4-14-18, apesar de não apresentarem maior índice de crescimento em altura e diâmetro foram os que apresentaram boas concentrações foliares de P ( $2,57 \text{ g/kg}^{-1}$ ) quase atingindo o índice do T4 ( $2,78 \text{ g/kg}^{-1}$ ).

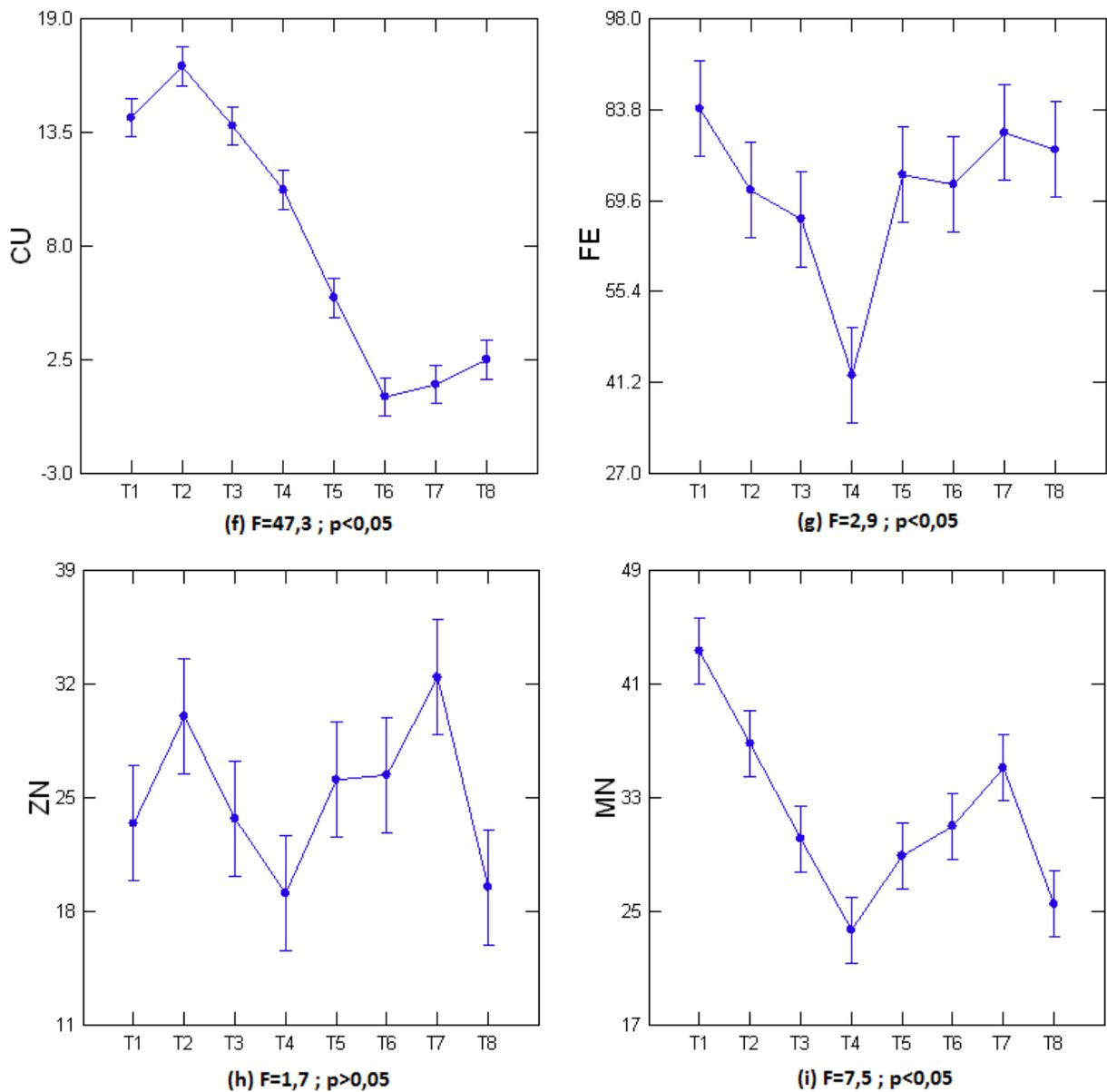
Com relação aos teores dos micronutrientes Fe, Mn e Cu, todos apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos. Observou-se maior teor de Fe e Mn nas folhas das plantas dos tratamentos T1 ( $83,9 \text{ mg/kg}^{-1}$  e  $43,3 \text{ mg/kg}^{-1}$ , respectivamente) e maior teor de Cu no tratamento T2 ( $16,2 \text{ mg/kg}^{-1}$ ) sendo que o T1 e T2 foram adubados com NPK 10-10-10. Os maiores teores de Zn foram encontrados no T7 ( $32,4 \text{ mg/kg}^{-1}$ ). Vale ressaltar, que de maneira geral o tratamento com esterco de galinha, T4, foi o que apresentou menores teores avaliando-se os micronutrientes nas folhas de Andiroba.

Os teores de Mg ( $F = 0,75$ ,  $P = 0,6$ ) não exibiram diferenças significativas entre os tratamentos. Em todos os tratamentos as plantas acumularam altos teores de Mg. O maior acúmulo deste elemento nas folhas de Andiroba foi no tratamento T6 ( $2,42 \text{ g/kg}^{-1}$ ). Os menores teores de Mg encontrados podem estar relacionados à interrupção do efeito sinérgico desempenhado pela presença de P no solo, onde as reduzidas concentrações deste elemento podem ter desfavorecido a aquisição de Mg pelas plantas (Santos Júnior *et al.* 2006).

Uma provável explicação para o reduzido efeito da correção do solo nos teores foliares dos micronutrientes para a espécie Andiroba, foi o tempo de reação do calcário na área do experimento. Roque *et al.* (2004) estudou o comportamento da seringueira e observou um decréscimo dos teores foliares de Zn após 14 meses da aplicação de corretivo da acidez no

solo. Este fato demonstra que o tempo de reação do calcário aplicado nos tratamentos pode ter significativa importância na concentração foliar de micronutrientes como o Zn.

Dentro dos valores medidos, há necessidade de levar em consideração quanto à possibilidade de influência de estresse por alta irradiação devido ao tamanho da clareira, efeito de borda e predadores naturais, entre outros fatores ambientais.



**Figura 2 - Valores médios e desvio padrão (n=80) de teores de micronutrientes (mg/kg<sup>-1</sup>) em folhas de Andiroba de árvores sob um plantio sob diferentes níveis de adubação em área degradada. (f) Cu, (g) Fe, (h) Zn, (i) Mn. T1 – 50 g de NPK (10-10-10); T2 – 150g de NPK (10-10-10); T3 – 100g de NPK (10-10-10); T4 - Esterco de galinha; T5 – 50g de NPK (4-14-18); T6 – Testemunha; T7 – 100g de NPK (4-14-18); T8 – 150g de NPK (4-14-18).**

#### 4. CONCLUSÃO

A espécie *Carapa guianensis* (andiroba) apresentou pouca deficiência nutricional quando comparada com outros estudos na Amazônia que utilizaram espécies nativas plantadas em área degradada. Observou-se que a utilização de adubação tanto química quanto orgânico (esterco de galinha) é um método eficiente para o desenvolvimento de culturas plantadas a pleno sol em área degradada, como foi o caso desse experimento.

Para que seja revertido o atual processo de degradação da Amazônia, é necessária a adoção de medidas visando a ocupação racional da região e a ampliação do conhecimento científico, especificamente da pesquisa florestal e agropecuária. Dentre as alternativas para restaurar ecossistemas degradados, estão o reflorestamento e o manejo da floresta secundária por meio do enriquecimento com espécies arbóreas de alto valor comercial, caso da andiroba.

Tratando-se de uma cultura que tende a se expandir, tanto na região Norte como em outras regiões do país, os conhecimentos de nutrição mineral dessa espécie tornam-se fundamentais, como base necessária para os programas de adubações e, conseqüentemente, o desenvolvimento sustentável da cultura. (Sabogal *et. al.*, 2006).

## 5. REFERÊNCIAS

BELLOTE, A. F. J. & SILVA, H. D. Técnicas de amostragem e avaliações nutricionais em plantios de Eucalyptus spp. In: Gonçalves, J.L.M., Benedetti, V. (ed.) **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, p.221-267, 2000.

EMBRAPA. *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Brasília. 370p. 1999.

FURTINI NETO, A. E. et al. *Fertilidade do solo*. Lavras: UFLA/FAEP, 2001. 252 p.

MALAVOLTA, E.; GODOFREDO, C.V.; OLIVEIRA, S.A. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2. ed., Piracicaba/SP: POTAFOS, 319p. 1997.

MARTINS, G. C. et al. *Efeito da omissão de micronutrientes no crescimento de mudas de andiroba (Carapa guianensis Aubl.)*. Anais da FERTBIO 2000. Santa Maria: [s.n], 214 p. 2000a.

MARTINS, G. C. et al. *Efeito da omissão de macronutrientes no crescimento de mudas de andiroba (Carapa guianensis Aubl.)*. Anais da FERTBIO 2000. Santa Maria: [s.n], 177p. 2000b.

MONTEIRO, H. C. de F.; CANTARUTTI, R. B.; JÚNIOR, D. do N.; REGAZZI, A. J.; FONSECA, D. M. *Dinâmica de decomposição e mineralização de nitrogênio em função da qualidade de resíduos de gramíneas e leguminosas forrageiras*. Revista Brasileira de zootecnia. v.31, n.3, p.1092-1102, 2002.

NEVES, O. S. C. et al. *Efeito de diferentes doses de fósforo no crescimento e produção de matéria seca de mudas de andiroba (Carapa guianensis) cultivadas em solo de várzea*. Anais da FERTBIO 2002. Rio de Janeiro: [s.n.] p.88. 2002.

ROQUE, C. G.; PRADO, R. M.; NATALE, W.; BEUTLER, A. N. CETURION, J. F. *Estado nutricional e produtividade da seringueira em solo com calcário aplicado superficialmente*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 39 (5) : 485-490. 2004.

SABOGAL, C. *Silvicultura na Amazônia brasileira: avaliação de experiências e recomendações para implementação e melhoria dos sistemas*. Belém: CIFOR, EMBRAPA, 190 p. 2006.

SANTOS, M. N. *et al. Produção de matéria seca de andiroba (Carapa guianensis) em função de doses de Mn em solução nutritiva*. Anais da FERTBIO 2002. Rio de Janeiro: [s.n.], p. 89. 2002.

SANTOS JÚNIOR, U. M.; GONÇALVES, J. F. C.; FELDPAUSCH, T. R. *Growth, leaf nutrient concentration and photosynthetic nutrient use efficiency in tropical tree species planted in degraded areas in Central Amazonia*. Forest Ecology and Management, 226: 299-309. 2006.

SISTAT, 8.0. 1998.

VIEIRA, M.; SCHUMACHER, M.V. CALDEIRA, M. V. W.; WATZLAWICK, L. F. *Teores de nutrientes em povoamentos monoespecíficos e mistos de Eucalyptus urograndis e Acacia mearnsii em sistema agrossilvicultural*. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 23, n. 1, p. 67-76, jan.-mar., 2013.

VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V. *Concentração e retranslocação de nutrientes em acículas de Pinus taeda L.* Ciência Florestal, Santa Maria, v. 29, n. 4, p. 375-382, out./dez. 2009.

YAMADA, T. *Melhoria na eficiência da adubação aproveitando as interações entre nutrientes*. Piracicaba, SP – Informações Agronômicas nº 100 – dezembro, 2002.

### CAPÍTULO III

**Análise química e física do solo no plantio de *Carapa guianensis* sob diferentes níveis de adubação em área degradada em Presidente Figueiredo-AM.**

## **Análise química e física do solo no plantio de Carapa Guianensis sob diferentes níveis de adubação em área degradada em Presidente Figueiredo-AM.**

Souza, P. F.; Sampaio, P. T. B.; Ferraz, J. B. S.

*Escola Superior de Ciências da Saúde, Universidade do Estado do Amazonas, Manaus.*

### **Resumo**

Existem diversos estudos acerca do desenvolvimento de espécies florestais com interesse econômico na região amazônica, entretanto a disponibilidade de nutrientes no solo também constitui aspecto de suma importância para o pleno crescimento e desenvolvimento das plantas. Este experimento trata do desenvolvimento da espécie *Andiroba* (*Carapa guianensis*) plantada em área degradada. Para a análise de macro e micronutrientes no solo do plantio, bem como a caracterização granulométrica do solo, foram realizadas coletas de solo em cada parcela (tratamento), num total de duas amostras compostas, cada uma resultante de três amostras simples que foram homogeneizadas em baldes plásticos para a formação das amostras compostas, adotando a coleta de solo em zigue-zague. Para efeito de comparação foi coletada uma amostra composta de solo em área de floresta primária próxima à área plantada para servir como parâmetro do estado do original do solo. No que diz respeito à análise granulométrica, verificou-se maior porcentagem de areia total em todos os tratamentos para todas as profundidades quando comparados aos teores de argila e silte. O maior percentual de areia (73,9%), silte (21,6%) e argila (18,0%), foram encontrados nos tratamentos T2, T8 e T7, respectivamente. Em análise geral, as diferentes formas de adubação mostraram efeitos diversos no desenvolvimento e teor de nutrientes no solo de cada tratamento, sendo que para os macronutrientes apresentou diferença estatística significativa entre as médias dos tratamentos ( $p < 0,05$ ), já para os micronutrientes e relação foi o inverso, sendo mais resultados sem significância estatística ( $p > 0,05$ ).

## **1 INTRODUÇÃO**

Estima-se que há milhões de hectares de solo degradado no Brasil. Ações como mineração, construção de estradas, métodos agropecuários impróprios, construções de represas e áreas industriais entre outras ações resultam em impacto imediato sobre a fertilidade do solo. Existem várias técnicas que permitem restabelecer a vegetação das áreas degradadas, inclusive utilizando camadas férteis do solo, de outros locais, como forma de permitir o estabelecimento da vegetação.

Segundo Costa (2009), nos processos tradicionais de revegetação e recuperação das áreas nos casos extremos de degradação, as alternativas usadas têm sido a adição de grandes quantidades de compostos orgânicos ou a transferência de terra fértil para as áreas

degradadas. A primeira alternativa é viável nas cidades com compostagem de lixo urbano, enquanto a segunda, representa a transferência de um problema para o outro. Nos dois casos, o custo do transporte é bastante elevado. Além disso, como os principais nutrientes minerais são perdidos em solos sem matéria orgânica, há a necessidade de fazer uma adubação o que torna ainda maior o custo do processo.

Os solos podem ser ricos ou pobres quanto ao fornecimento dos nutrientes, de maneira geral, os solos agrícolas brasileiros são ácidos e de baixa fertilidade e necessitam de manejo adequado e planejamento da sua fertilidade. Contudo, mesmo os solos ricos acabam empobrecidos com o decorrer da exploração agrícola, e isso agrava-se mais ainda em solos degradados, com é o caso deste experimento. Por isso, a adubação balanceada se torna necessária para fornecer ao solo os nutrientes essenciais ao desenvolvimento dos vegetais, função esta atribuída aos adubos ou fertilizantes.

Por sua vez, a disponibilidade de nutrientes no solo e suas concentrações foliares aliadas a outros fatores abióticos, como os mencionados anteriormente (luz e H<sub>2</sub>O), também constitui aspecto de suma importância para o pleno crescimento e desenvolvimento das plantas. O suprimento adequado de nutrientes pode favorecer diferentes mecanismos de crescimento das plantas, como no caso do desempenho fotossintético, contribuindo sobremaneira para o estabelecimento das plantas no campo (Costa, 2009; Gonçalves & Benedetti, 2000). Os nutrientes são incorporados aos tecidos das plantas, tornando-se componentes ou ativadores de enzimas, ou ainda reguladores do grau de hidratação do protoplasma. Alguns micronutrientes (Cu, Mn, Zn e B), por exemplo, podem conferir resistência às plantas tanto contra estresses abióticos quanto bióticos.

Paralelamente à disponibilidade de nutrientes no solo, a eficiência na sua utilização inerente a cada espécie, pode constituir mecanismo bastante vantajoso, utilizado pelas diversas espécies que colonizam solos pobres em nutrientes, como os degradados da região amazônica (Lima, 2001).

A maioria dos solos da região Amazônica apresentam limitações de fertilidade devido a elevada acidez, baixa capacidade de troca de cátions, deficiência de N, P K, S, Ca, Mg, B, Cu, Zn e também a alta capacidade desses solos para fixar o P aplicado como fertilizante (Lima, 2001). Isso tudo associado a forte influência das características climáticas da região com as suas chuvas torrenciais e os altos valores da temperatura e umidade, acelerando o processo de lixiviação e intemperismo. E também a idade dos solos, muito velhos (Demattê, 2000).

Do ponto de vista quantitativo, o solo é o meio menos importante no fornecimento de elementos às plantas; entretanto, é o mais facilmente modificável (torná-lo produtivo) pelo homem, tanto no aspecto físico (aração, gradagem, drenagem) quanto no químico (calagem e adubação). E a calagem e a adubação são a maneira mais rápida, mais barata e maior de que se dispõe para aumentar a produção de alimentos, fibras e energia.

Segundo Wadsworth (2000), o cultivo de árvores exige menos nutrientes e tolera maior acidez e toxicidade ao alumínio no solo do que a maioria dos cultivos agrícolas. A vocação florestal das regiões tropicais é uma consequência do próprio comportamento dos solos, em que o excesso de precipitação e as temperaturas elevadas durante todo o ano são condições que favorecem o empobrecimento da terra por lixiviação.

Ao passar das décadas, a demanda de produtos florestais madeireiros e não-madeireiros de espécies nativas da Amazônia vem crescendo drasticamente (Bentes-Gama et al., 2006), porém, devido à falta de estratégias de manejo sustentável para a exploração destes recursos, a ação antrópica vem cada vez mais degradando as florestas de forma predatória, e explorando intensivamente um leque muito pequeno de espécies visando somente a comercialização da madeira, consequentemente levando muitas delas ao processo de extinção.

Mediante isto, os plantios florestais com espécies nativas, surgem como uma excelente alternativa para a recuperação de áreas degradadas, e ainda atender a demanda do mercado consumidor, visto que, se manejados corretamente, apresentam ótima sustentabilidade e alto potencial econômico.

Neste contexto, uma espécie que aparece bastante cotada para estudos científicos é a andiroba (*C. guianensis* Aubl.), pois a mesma é bastante cobiçada nos mercados nacional e internacional, tanto pelo lado madeireiro quanto não-madeireiro em função do óleo extraído de suas sementes (Ferraz *et. al.*, 2003).

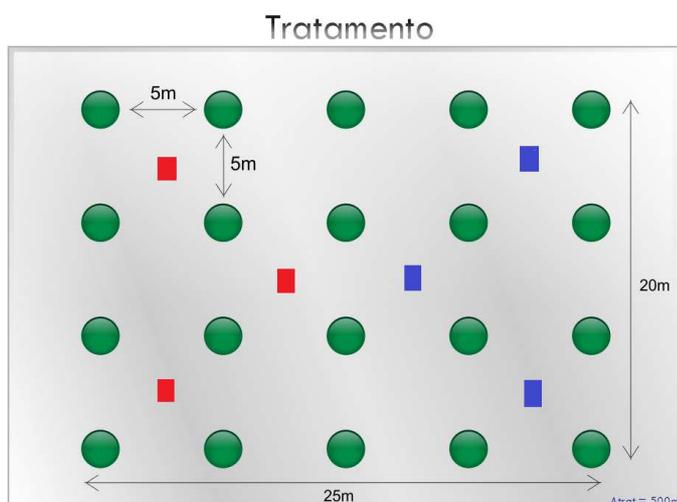
Desta forma, o objetivo deste estudo é monitorar e analisar o desenvolvimento da andiroba após 46 meses de plantio, em solo de capoeira, onde os tratamentos foram submetidos a diferentes níveis de fertilização orgânica e mineral, com o intuito de obter respostas de qual dosagem ideal que *C. guianensis* requer para seu melhor desempenho em solo de capoeira, consequentemente, obter respaldo para possivelmente sugerir aplicações mais adequadas em posteriores plantios (experimentos) da espécie. Para isso, foi realizada a avaliação de macro e micronutrientes no solo do plantio.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na mesma área de experimento no município de Presidente Figueiredo, estado do Amazonas, em uma propriedade particular pertencente à família Blind, localizada no km 139, BR 174, município de Presidente Figueiredo-AM.

O plantio realizado em novembro/2008 atualmente com mais de três anos de idade, está dividido em oito tratamentos. Os tratamentos receberam diferentes dosagens de adubação química: N-P-K (10-10-10) nos tratamentos T1, T2, T3; N-P-K (4-14-8) nos tratamentos T5, T7 e T8, e adubo orgânico (esterco de galinha) no tratamento T4, sendo o tratamento T6 determinado como testemunha.

As coletas de solo foram realizadas em cada tratamento aos 38 e 46 meses de plantio, num total de duas amostras compostas por cada tratamento, cada uma resultante de três amostras simples que foram homogeneizadas em baldes plásticos para a formação das amostras compostas, adotando a coleta de solo em zigue-zague (Fig. 6).



**Figura 1 - Coqui dos pontos de coleta de solo em cada tratamento do plantio de Andiroba. Duas amostras compostas por três amostras simples (quadrados em vermelho e azul respectivamente).**

Para efeito comparação foi coletada uma amostra composta de solo em área de floresta primária próxima à área plantada para servir como parâmetro do estado do original do solo.

Com auxílio de um trado de “rosca” foram coletadas amostras nas profundidades de 0-10 cm, 10-20 cm e 20-30 cm. Seguimos o mesmo esquema de amostragem utilizado para determinação dos parâmetros físicos do solo.

As amostras foram secas ao ar, feita a limpeza de raízes e restos vegetais, destorroadas e peneiradas, obtendo-se a fração < 2 mm, a qual foi submetida às seguintes análises, de

acordo com as recomendações da EMBRAPA (1999): pH em água; pH em KCl; N pelo método Kjeldahl; Ca<sup>+2</sup>; Mg<sup>+2</sup> e Al<sup>+3</sup> extraíveis em cloreto de potássio 1,0 mol L<sup>-1</sup>; K, P, e Na<sup>+</sup> extraíveis com solução Mehlich 1; acidez extraível (H<sup>++</sup>Al<sup>+3</sup>) com acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> e carbono orgânico pelo método Walkley & Black da combustão via úmida.

Para C fizemos via combustão a seco e cromatografia gasosa, adicionando os micronutrientes Mn, Fe, Cu e Zn. Esta técnica é baseada no método clássico de DUMAS et PREGL. Cromatografia fase gasosa – FISIONS Instruments – NA 1500 NC (Anderson & Ingram, 1993).

Para esse tipo de estudo, determinamos a textura do solo através da análise física realizada pela granulometria. Para as análises granulométricas foram adotados os seguintes limites: areia: 2-0,05 mm; 0,2-0,05 mm; silte: 0,05-0,002 mm e argila: < 0,002 mm (SBCS).

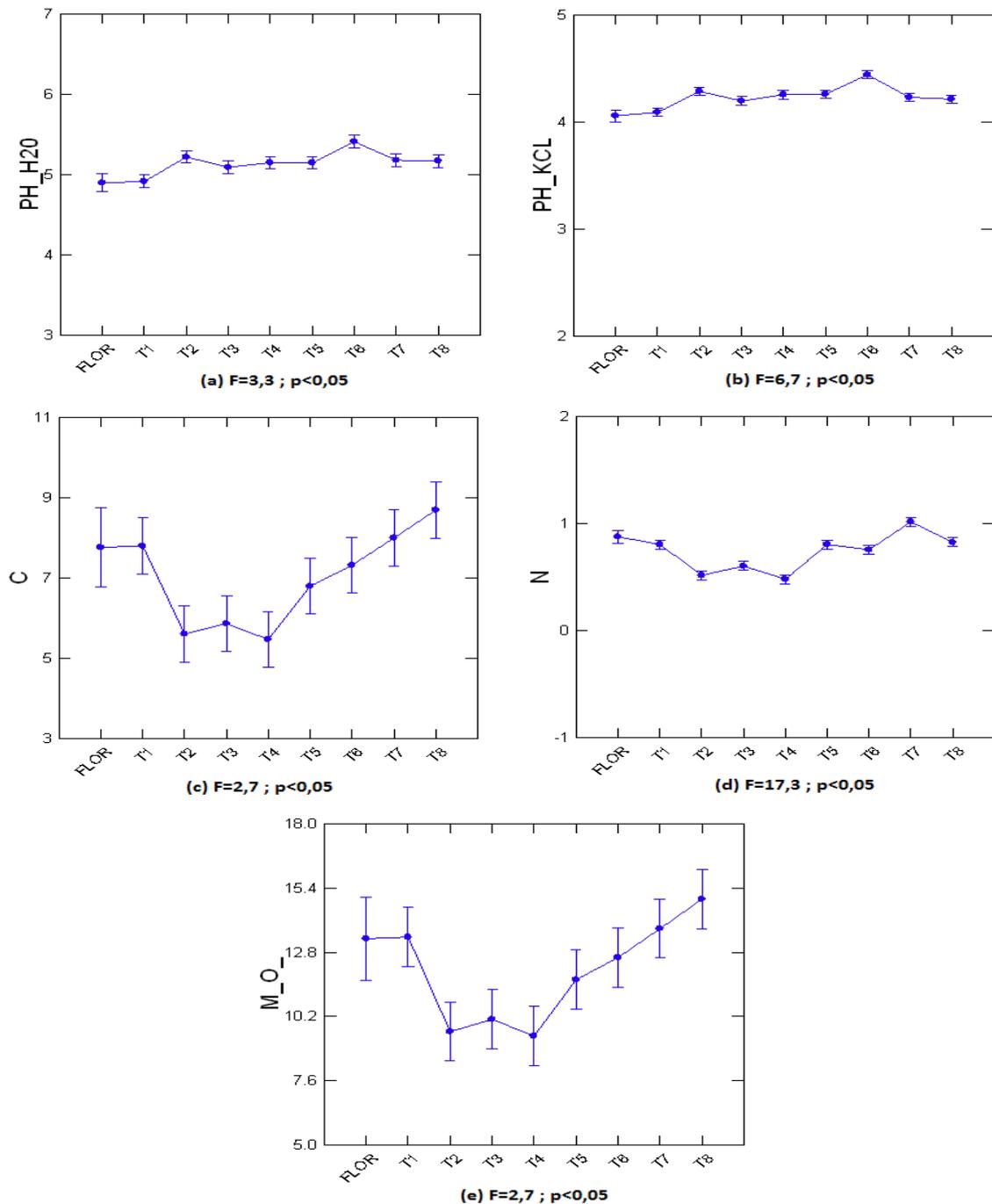
### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de pH H<sub>2</sub>O e pH KCl foram maiores no tratamento T6 (5,41), com menores índices igualmente no T1 (4,92), sendo que ambos apresentaram diferença significativa entre as médias dos tratamentos ( $p < 0,05$ ). Com relação ao C e M.O., o tratamento que apresentou maior teor foi o T8 (8,69 g/kg e 14,95, respectivamente).

Por outro lado, observamos a menor concentração destes elementos no T4, tratamento adubado com esterco de galinha, assim como no elemento N. Entretanto, o tratamento que apresentou maior concentração de N foi o T7 (1,02 g/kg). Vale ressaltar que os teores de M.O., C e N, apresentaram diferença estatística significativa entres os valores médios dos tratamentos (Fig. 2).

O aumento no valor do pH e a redução na concentração de Al no T6 (testemunha) pode ser atribuído à aplicação somente de corretivo da acidez. Porém, a correção da acidez do solo e, conseqüentemente, a redução na concentração de Al, não se evidenciou em tratamentos com aplicação de adubo químico ou esterco de galinha.

Comparando os resultado encontrados neste estudo com a classificação de solo da América Tropical (Cochrane et al., 1984), pode-se dizer que praticamente todos os valores de pH são considerados baixo (< 5,3: baixo).



**Figura 2 – Valores médios e desvio padrão (n=51) de teores de C, N e Matéria Orgânica (g/kg) e índice de acidez (pH) em amostras de solo de um plantio de Andiroba sob diferentes níveis de adubação em área degradada. (a) pH H<sub>2</sub>O, (b) pH KCl, (c) C, (d) N e (e) M.O. T1 – 50 g de NPK (10-10-10); T2 – 150g de NPK (10-10-10); T3 – 100g de NPK (10-10-10); T4 - Esterco de galinha; T5 – 50g de NPK (4-14-18); T6 – Testemunha; T7 – 100g de NPK (4-14-18); T8 – 150g de NPK (4-14-18).**

Apesar da prática da calagem aumentar a eficiência na disponibilização do N do solo quando o pH é corrigido (Rosolem *et. al.*, 2003), observou-se que os maiores teores do pH foram encontrado no tratamento controle T6, no qual foi realizada apenas a calagem do solo, sem agregação de adubo químico na cova de plantio. Talvez por esse motivo, tanto para as

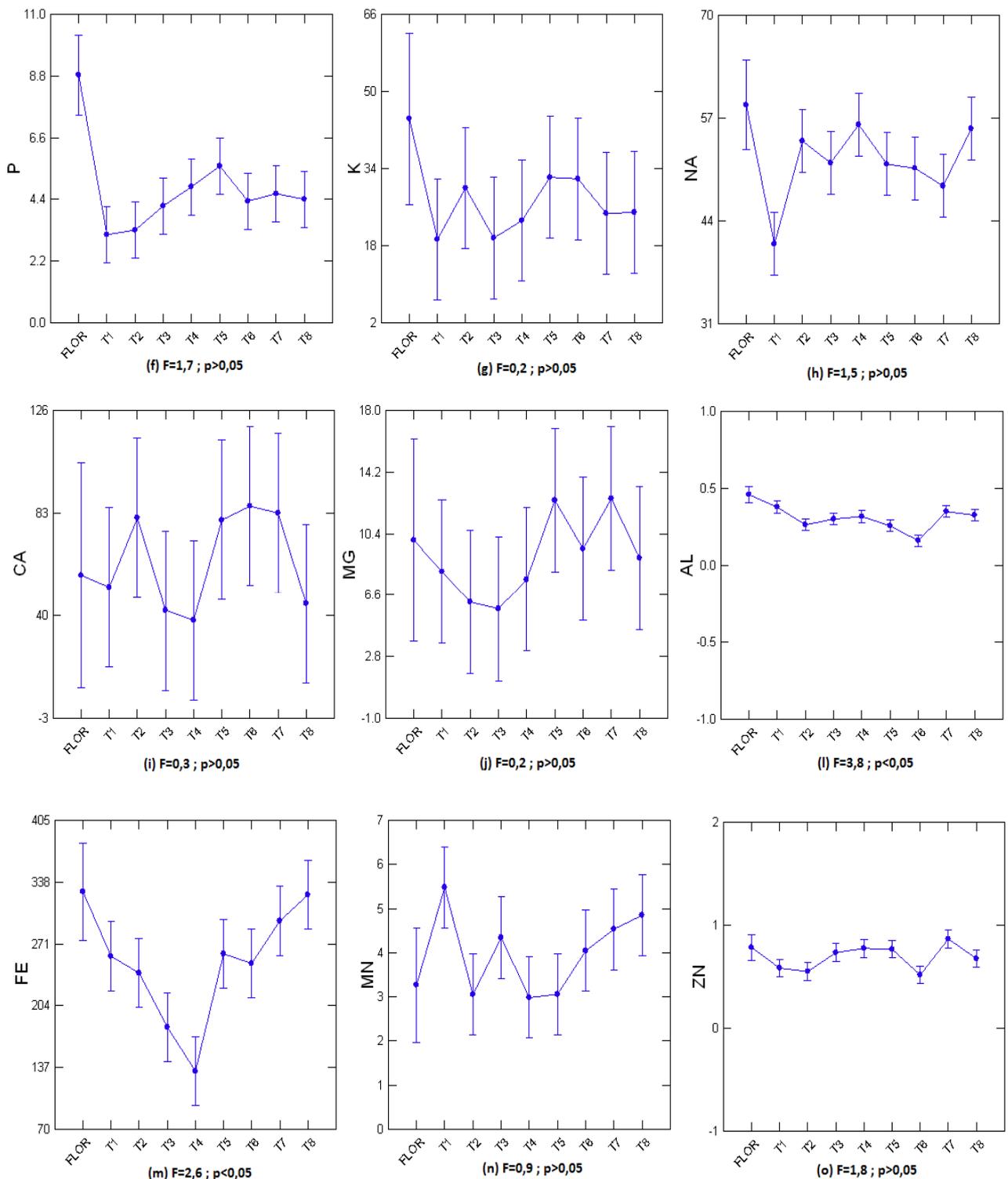
concentrações de C quanto de N no tratamento T1, não houve grande diferença com relação à amostra padrão colhida na floresta (FLOR) (Figura 2).

As concentrações de P, K e Na foram menores no T1, com os valores médios de 3,14  $\text{gm/kg}^{-1}$ , 19,33  $\text{mg/kg}^{-1}$  e 41,08  $\text{mg/kg}^{-1}$ , respectivamente. Sendo que não houve diferença significativa entre os tratamentos com relação a esses três elementos. Diferentemente de alguns macronutriente, os teores de Na foram maiores no T4. Mg e Zn apresentaram amiores valores médio no T7, enquanto que Fe e Mn coincidiram com o tratamento com menores teores, T4 (Figura 3).

Maiores concentrações de P e K foram observadas no tratamento T5 quando comparado aos valores médios dos outros tratamentos, sendo que os maiores teores de P e K encontrados no tratamento T5 (5,59  $\text{mg/kg}^{-1}$  e 32,18  $\text{mg/kg}^{-1}$ ) possivelmente estão relacionados à elevação na disponibilidade destes elementos no solo proporcionada pela correção da acidez e conseqüentemente pelo aumento da eficiência do fertilizante químico aplicado, já que nesse tratamento foi utilizado o fertilizante com maior proporção de P e K (NPK 4-14-18) (Carvalho e Raij, 1997).

Apesar de ser o macronutriente menos exigido em quantidade pelas plantas, o fósforo é o nutriente aplicado em maiores quantidades em adubação no Brasil. Furtini Neto *et. al.* (2001) explicaram que esse fato se relacionava com a baixa disponibilidade de fósforo nos solos brasileiros e, também, com a forte tendência do fósforo aplicado ao solo de reagir com componentes deste para formar compostos de baixa solubilidade (fixação de fósforo).

As maiores concentrações de Ca e Mg foram observadas nos tratamentos T6 e T7 (85,95  $\text{cmoc/kg}^{-1}$  e 12,57  $\text{cmoc/kg}^{-1}$ , respectivamente), de modo geral, podem ter sido proporcionadas pela aplicação de calcário. Ressalta-se que a análise estatística mostrou diferença estatística para os teores de Ca e Mg. Alguns autores enfatizam o efeito da calagem na redução da concentração de micronutrientes como o Fe, Mn e Zn em solos ácidos, pois, normalmente esses elementos são considerados prejudiciais às plantas em solos com baixo pH (Nunes *et al.*, 2004). Contudo, verificou-se tal efeito somente para a concentração de Fe, o qual apresentou em sua maioria valores abaixo do padrão da amostra coletada na floresta e diferença estatística significativa entre os tratamentos.



**Figura 3 - Valores médios e desvio padrão (n=51) de teores nutricionais em amostras de solo de um plantio de Andiroba sob diferentes níveis de adubação em área degradada. (f) P, (g) K, (h) Na, (i) Ca, (j) Mg, (l) Al, (m) Fe, (n) Mn, (o) Zn. T1 – 50 g de NPK (10-10-10); T2 – 150g de NPK (10-10-10); T3 – 100g de NPK (10-10-10); T4 - Esterco de galinha; T5 – 50g de NPK (4-14-18); T6 – Testemunha; T7 – 100g de NPK (4-14-18); T8 – 150g de NPK (4-14-18).**

O maior teor de Zn foi encontrado no tratamento T7 ( $0,87 \text{ mg/kg}^{-1}$ ), o qual foi o teor que mais se aproximou da amostra padrão ( $0,78 \text{ mg/kg}^{-1}$ ), sendo que a análise não mostrou diferença significativa entre os tratamentos.

No que diz respeito à análise granulométrica, verificou-se maiores porcentagem de areia total em todos os tratamentos para todas as profundidades quando comparados aos teores de argila e silte. O maior percentual de areia (73,9%), silte (21,6%) e argila (18,0%), foram encontrados nos tratamentos T2, T8 e T7, respectivamente. Os valores obtidos não apresentaram grande divergência dos padrão coletado em área de floresta (FLOR) (Tabela 1).

Tabela 1. Percentual da quantidade de areia, silte e argila em amostras de solo de um plantio de Andiroba sob diferentes níveis de adubação em área degradada no município de Presidente Figueiredo-AM.

(%)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	FLOR
<b>AREIA</b>	70,5	73,9	72,4	72,5	71,2	72,9	60,7	61,7	65,0
<b>SILTE</b>	17,7	15,1	18,1	17,0	12,8	15,2	21,3	21,6	17,2
<b>ARGILA</b>	11,8	11,0	9,5	10,5	16,0	12,0	18,0	16,7	17,8

Quanto a análise granulométrica das amostras de solo coletadas, verificou-se maiores porcentagem de areia total em todos os tratamentos para todas as profundidades quando comparados aos teores de argila e silte. Os valores obtidos não apresentaram grande divergência dos resultados da amostra padrão, coletada em área de floresta (FLOR), sendo que esta tem maior percentual de areia em sua composição (65%), demonstrando a homogeneidade do solo da área degradada em questão (Tabela 1).

#### 4. CONCLUSÃO

As amostras de solo apresentaram pouca diferença significativa entre alguns tratamentos adubados com substâncias distintas.

Os tratamentos adubados com adubo químico NPK 4-14-18 apresentaram maiores teores de macronutrientes em geral, destacando-se assim a utilização desse método de adubo sintético para um bom desenvolvimento de plantios em área degradada para a espécie Andiroba.

Com relação aos micronutrientes, indica-se também a utilização de adubação química para plantios desse nível, haja vista os tratamentos testemunha e outro tratamento adubado com esterco de galinha, apresentarem baixos teores de micronutrientes em geral.

Portanto, a espécie *Carapa guianensis* é uma boa indicação de espécie para recuperação de solos degradados, desde que haja uma correção de acidez e inserção de adubação no mínimo na data do plantio das mudas, para a estimulação da sobrevivência nos primeiros meses.

Observamos que a ciclagem de nutrientes é muito importante para a manutenção de um ecossistema de floresta, principalmente em solos de baixa fertilidade natural, como os Latossolos e Argissolos situados na Amazônia. Esta ciclagem é igualmente fundamental para manter os sistemas tradicionais de agricultura migratória verificados na região.

## 5. CONCLUSÃO GERAL

Pode-se concluir que a espécie *C. guianensis* apresenta excelente potencial para plantios na região amazônica. De maneira geral, são visíveis os efeitos proporcionados pelos tratamentos com adubação química (T1, T2, T3, T5, T7, T8) e esterco de galinha (T4) no que diz respeito ao uso dos nutrientes pelas plantas, em razão das maiores teores de macro e micronutrientes, índice de crescimento e sobrevivência quando comparados com o tratamento controle (T6). Esses resultados reforçam a hipótese de que a adoção de melhores práticas de manejo do solo, através da utilização de fertilizantes e corretores de acidez do solo, constitui a melhor alternativa para restauração de áreas alteradas (Baligar *et. al.* 2001).

Os tratamentos de adubação mostraram-se eficazes quanto ao aumento na disponibilidade da maioria dos nutrientes do solo. Com relação ao crescimento verificou-se que o tratamento T7 e T1 resultaram no maior incremento das alturas e diâmetros durante o período analisado, sendo estes uma média de um metro e meio superiores ao tratamento controle (T6).

Não observamos diferenças significativas dos tratamentos adubados com NPK 10-10-10 quanto aos tratamentos adubados com NPK 4-14-18, nem tampouco com relação a quantidade de adubo colocado na cova de plantio (50g, 100g e 150g). De maneira geral, registra-se a necessidade da recuperação a priori da fertilidade do solo para implantação de plantios florestais como suporte à elaboração e desenvolvimento de programas de restauração de áreas degradadas na Amazônia. Também salienta-se a importância de pesquisas relacionadas à fisiologia das espécies, do nível de estresse e de aspectos nutricionais das plantas em relação aos diferentes tratamentos silviculturais.

Ressalta-se a necessidade de novos estudos a fim de avaliar as espécies em plantios mais extensos para comprovação destes resultados.

## 6. REFERÊNCIAS

ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. *Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods*. 2nd ed. Wallingford: CAB International, 171 p. 1993.

BALIGAR, V. C.; FAGERIA, N. K. *Nutrient use efficiency in plants*. Communications in Soil Science and Plant Analysis 32:921-950. 2001.

CARVALHO, M. C. S.; RAIJ, B. Van. *Calcium sulphate, phosphogypsum and calcium carbonate in the amelioration of acid subsoils for root growth*. Plant Soil 192:37-48. 1997.

COCHRANE, T.T.; SÁNCHEZ, L.G.; AZEVEDO, L.G.; PORRAS, J. A.; GARVER, C.L. *Land in Tropical América*. Vol.3 EMBRAPA-CPAC. p.7-9. 1984.

COSTA, J. R. *Aspectos silviculturais da castanha-do-Brasil (Bertholletia excelsa) em sistemas agroflorestais na Amazônia Central*. Acta Amazônica, Manaus, v. 39, n. 4, p. 843-850, out./dez. 2009.

DEMATTÊ, J. L. I. Solos. In: Salati, E.; Absy, M. L.; Vistoria, R. L. *Amazônia: um ecossistema em transformação*. INPA, Manaus, AM, p.119-162. 2000.

EMBRAPA. *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Brasília. 370p. 1999.

FURTINI NETO, A. E. et al. *Fertilidade do solo*. Lavras: UFLA/FAEP, 2001. 252 p.

GONÇALVES, J. F. C. et al. *Características fotossintéticas e potencial hídrico foliar de plantas jovens de andiroba submetidas à deficiência hídrica e à reidratação*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 44, n. 1, p. 8-14, jan. 2009.

LIMA, H. N. *Gênese, química, mineralogia e micromorfologia de solos da Amazônia Ocidental*. Tese (Doutorado em ciência do solos ), UFV, Viçosa, Minas Gerais, 176p. 2001.

NUNES, F.N.; NOVAIS, R.F.; SILVA, I.R.; GEBRIM, F.O.; JOSÉ, J.F.B. *Fluxo difusivo de ferro em solos sob influência de doses de fósforo e de níveis de acidez e umidade*. R. Bras. Ci. Solo, 28: 423-429. 2004.

ROSOLEM, C.A.; FOLONI, J.S.S.; OLIVEIRA, R.H. *Dinâmica do nitrogênio no solo em razão da calagem e adubação nitrogenada, com palha na superfície*. Pesq. Agropec. Bras., 38(2): 301-309. 2003.