

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA NO TRÓPICO ÚMIDO

**EFEITO DO USO DE BIOCARVÃO, CAMA DE FRANGO E NPK NA  
FERTILIDADE DO SOLO, NO CRESCIMENTO E NA NUTRIÇÃO DA  
LARANJEIRA ‘PÊRA-RIO’ EM LATOSSOLO AMARELO COM A  
ANTRÓPICO (TERRA MULATA) NO AMAZONAS**

**EDERLON FLÁVIO DA VEIGA MOLINE**

Manaus, Amazonas  
Fevereiro, 2012

EDERLON FLÁVIO DA VEIGA MOLINE

**EFEITO DO USO DE BIOCARVÃO, CAMA DE FRANGO E NPK NA  
FERTILIDADE DO SOLO, NO CRESCIMENTO E NA NUTRIÇÃO DA  
LARANJEIRA ‘PÊRA-RIO’ EM LATOSSOLO AMARELO COM A  
ANTRÓPICO (TERRA MULATA) NO AMAZONAS**

Orientador: Dr. NEWTON PAULO DE SOUZA FALCÃO  
Co-orientadores: Dr. CHARLES ROLAND CLEMENT  
Dr. JOSÉ LAVRES JÚNIOR

Dissertação apresentada ao Instituto Nacional de  
Pesquisas da Amazônia como parte dos requisitos  
para obtenção do título de Mestre em Ciências  
Agrárias.

Manaus, Amazonas  
Fevereiro, 2012

## Ficha Catalográfica

M722 Moline, Ederlon Flávio da Veiga

Efeito do uso de biocarvão, cama de frango e NPK na fertilidade do solo, no crescimento e na nutrição da laranjeira 'Pêra-Rio' em Latossolo Amarelo com a Antrópico (Terra Mulata) no Amazonas / Ederlon Flávio da Veiga Moline. --- Manaus : [s.n.], 2012.  
x, 52 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Agricultura no Trópico Úmido)--INPA, Manaus, 2012.

Orientador: Dr. Newton de Paulo de Souza Falcão

Co-orientadores: Dr. Charles Roland Clement; Dr. José Lavres Júnior

Área de concentração: Ciências Biológicas, Agrárias e Humanas

1.Solos Antrópicos – Amazonas 2.Fertilidade do solo 3.Plantas – Nutrição  
I.Título

CDD 19ª ed. 631.42

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

#### **Sinopse:**

Foi avaliado o estado nutricional e o comportamento da laranjeira 'Pêra-Rio' com adubos isolados e associados sob cultivo em Latossolo Amarelo com A Antrópico (Terra Mulata); caracterização química de perfis, variação na fertilidade do solo e no estado nutricional em função dos tratamentos. O experimento foi conduzido na Costa do Laranjal, Manacapuru, Amazonas.

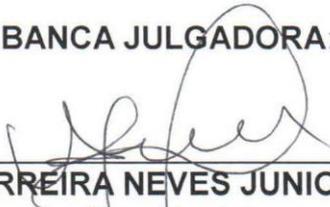
**Palavras-chave:** Fertilidade do solo, biocarvão, estado nutricional, amostragem.

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

A Banca Julgadora, abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado

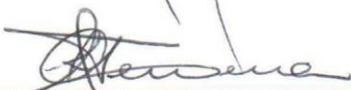
**TÍTULO:** “EFEITO DO USO DE BIOCÁRVÃO, CAMA DE FRANGO E NPK NA FERTILIDADE DO SOLO, NO CRESCIMENTO E NA NUTRIÇÃO MINERAL DA LARANJEIRA “PÊRA-RIO” EM LATOSSOLO AMARELO COM A ANTRÓPICO (TERRA MULATA) NO AMAZONAS”

**AUTOR:**  
EDERLON FLÁVIO DA VEIGA MOLINE

**BANCA JULGADORA:**

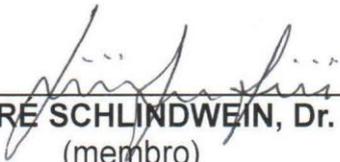
---

**AFRÂNIO FERREIRA NEVES JUNIOR, Dr. (UFAM)**  
(Presidente)



---

**PAULO CÉSAR TEIXEIRA, Dr. (EMBRAPA)**  
(membro)



---

**JAIRO ANDRÉ SCHLINDWEIN, Dr. (UNIR)**  
(membro)

Manaus, 24 de fevereiro de 2012.

**À minha amada mãe Maria Regina  
À futura esposa Eliza Barboza.**

**Dedico.**

## AGRADECIMENTOS

A Deus pela oportunidade, força, perseverança e por mais uma vitória na minha vida profissional.

À minha mãe, que tanto me apóia e sofre com a minha ausência. A minha vitória é sua também.

Ao Dr. Newton Falcão, pelo conhecimento repassado, paciência e todo o apoio para o desenvolvimento da pesquisa, além da contribuição para a minha vida profissional.

Aos co-orientadores, Dr. Charles Clement e ao Dr. José Lavres Júnior, por todo o apoio, orientação e incentivo.

Ao grupo de trabalho composto por Sandoval, Mozanei e Darcilene que foi essencial para o desenvolvimento deste projeto de pesquisa.

Ao Sr. Francisco e ao Marinilson, por conceder a área de pesquisa e por toda a mão-de-obra.

À minha namorada Eliza Barboza, pela paciência, dedicação, companheirismo e por todo apoio a esta etapa de minha vida.

Aos professores que fizeram parte do meu enriquecimento intelectual.

À secretária do ATU, Beatriz Nascimento, que foi paciente e ofereceu suporte durante a minha estadia no INPA e também a toda secretaria do ATU/INPA.

À Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior – CAPES pela concessão da bolsa.

Ao PROCAD, pela missão de estudo realizada junto ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, pela oportunidade.

E as demais pessoas que participaram direta e indiretamente da minha vida acadêmica e que me ajudaram que esse sonho/etapa fosse concluído.

“Como as folhas, como o vento  
até onde vai dar o firmamento  
toda hora enquanto é tempo  
vivo aqui neste momento  
hoje aqui amanhã não se sabe  
vivo agora antes que o dia acabe  
neste instante nunca é tarde  
mal começou e eu já estou  
com saudade...  
...Como as ondas com a maré  
até onde não vai dar mais pé  
este instante tal qual é  
vivo aqui e seja o que Deus quiser  
hoje aqui não importa pra onde vamos  
vivo agora, não tenho outros planos  
é tão fácil viver sonhando  
enquanto isso a vida vai passando...”

L.S. Jack

## **Efeito do uso de biocarvão, cama de frango e NPK na fertilidade do solo, no crescimento e na nutrição da laranjeira ‘Pêra-Rio’ em Latossolo Amarelo com A Antrópico (Terra Mulata) no Amazonas**

**Resumo** – Os solos amazônicos apresentam, em sua maioria, baixa fertilidade natural. Porém, são encontradas manchas de solos de coloração escura intensa caracterizada pela alta fertilidade chamada de Terra Preta de Índio. Adjacentes a esses solos, a Terra Mulata chama a atenção pela coloração menos escura, de menor fertilidade e em maiores extensões. A laranja ‘Pêra-Rio’ é uma cultura de grande importância para o Brasil, e para o Estado do Amazonas é uma importante fonte de renda. Na Costa do Laranjal em Manacapuru, essa cultura está sendo plantada em solos antrópicos que recebem adubação de forma desordenada. Desta forma, o objetivo deste experimento foi avaliar o efeito do biocarvão, da cama de frango e do formulado NPK na fertilidade do solo, no estado nutricional e no crescimento das plantas cultivadas em Terra Mulata. O estudo foi desenvolvido em uma Terra Mulata na Costa do Laranjal em Manacapuru, Amazonas, em um delineamento experimental de blocos casualizados com oito tratamentos: **T1**, Controle (sem adição de adubo); **T2**, Biocarvão; **T3**, Cama de frango; **T4**, Formulado NPK (4-14-8); **T5**, Biocarvão + Cama de frango; **T6**, Biocarvão + Formulado NPK (4-14-8); **T7**: Cama de frango + Formulado NPK (4-14-8); **T8**: Biocarvão + Cama de frango + Formulado NPK (4-14-8). Para avaliação foram coletadas amostras de solos na camada de 0 – 20 cm, retirada amostras de folhas da laranjeira e coletado dados biométricos (diâmetro do tronco e altura das plantas) da cultura. Os resultados mostraram o efeito das adubações na fertilidade do solo para os tratamento cama de frango + formulado NPK para disponibilidade de Ca ( $9,07 \text{ cmolc kg}^{-1}$ ), P ( $3242,06 \text{ mg kg}^{-1}$ ) e Zn ( $89,08 \text{ mg kg}^{-1}$ ), e o tratamento biocarvão + cama de frango + formulado NPK para teores de K ( $0,37 \text{ cmolc kg}^{-1}$ ). Com relação as concentrações de nutrientes nas folha da laranjeira, o K obteve significância na primeira amostragem nos tratamentos com biocarvão + cama de frango ( $26,13 \text{ g kg}^{-1}$ ) e biocarvão + cama de frango + formulado NPK ( $25,28 \text{ g kg}^{-1}$ ) e na segunda amostragem nos tratamentos cama de frango ( $20,40 \text{ g kg}^{-1}$ ) e biocarvão + cama de frango ( $20,66 \text{ g kg}^{-1}$ ), constatando diferença também nas médias da primeira amostragem para a concentração de Mg ( $5,25 \text{ g kg}^{-1}$ ) no mesmo tratamento, e na segunda amostragem para Ca nos tratamentos controle ( $33,68 \text{ g kg}^{-1}$ ) e biocarvão ( $31,81 \text{ g kg}^{-1}$ ), e para o Mg nos tratamentos controle ( $3,57 \text{ g kg}^{-1}$ ) e biocarvão ( $3,45 \text{ g kg}^{-1}$ ). O tratamento biocarvão + cama de frango + formulado NPK apresentou diferença estatística para a altura e o diâmetro das laranjeiras aos 24 meses. No final de experimento foram observados que os tratamentos com biocarvão apresentou efeito condicionante com menor disponibilidade de nutrientes, e os altos teores de Ca, Mg e Zn no solo não refletiram na maior concentração de nutrientes nas folhas de laranjeira, ao contrário do K.

**Palavras-chave:** Solos antrópicos, fertilidade do solo, nutrição de plantas.

## **Effect of biochar, chicken litter and NPK on soil fertility, growth and nutrition of sweet orange 'Pêra-Rio' in with Antropic Soil (Terra Mulata) in the Amazonas**

**Abstract** - The Amazonian soil presents mostly low natural fertility, however, patches of dark colored soil have been discovered, and are characterized by intense high fertility called Anthropogenic Dark Earths. Adjacent to these soils, Terra Mulata calls attention to the less dark coloration, lower fertility and higher extensions. The orange 'Pêra-Rio' is an important crop in Brazil, and in the state of Amazonas, is an important source of income. In Costa Laranjal Manacapuru, this crop is being planted on anthropic soils receiving manure in a disorderly fashion. Thus, the purpose of this study was to evaluate the effect of biochar, poultry litter, and NPK fertilizer on soil fertility, nutritional status and growth of cultivated plants in Terra Mulata. The study was conducted in a Terra Mulata Costa Laranjal Manacapuru, Amazonas, in a randomized complete block design with eight treatments: T1, Control (without fertilizer); T2, biochar; T3, poultry litter; T4, NPK (4-14-8); T5, biochar + poultry litter; T6, Biochar + NPK Formulated (4-14-8); T7: poultry litter + NPK Formulated (4-14-8), T8: Biochar + poultry litter + NPK Formulated (4-14-8). To evaluate, soil samples were collected from 0-20 cm below the ground floor, removal of the orange leaf samples collected and biometric data (trunk diameter and plant height) of culture. The results showed the effect of fertilization on soil fertility for the treatment of poultry litter + NPK for availability Ca ( $9.07 \text{ cmolc kg}^{-1}$ ), P ( $3242.06 \text{ mg kg}^{-1}$ ) and Zn ( $89.08 \text{ mg kg}^{-1}$ ), and treatment of poultry litter + biochar + NPK to values of K ( $0.37 \text{ cmolc kg}^{-1}$ ). Regarding the concentrations of nutrients in the leaf of the orange, the K obtained significance in the first sampling in treated poultry litter + biochar ( $26.13 \text{ g kg}^{-1}$ ) and poultry litter + biochar + NPK ( $25.28 \text{ g kg}^{-1}$ ) and the second sampling in poultry litter treatments ( $20.40 \text{ g kg}^{-1}$ ) and biochar + poultry litter ( $20.66 \text{ g kg}^{-1}$ ), also noting the difference in the averages of the first sample to the concentration of Mg ( $5.25 \text{ g kg}^{-1}$ ) in the same treatment, and the second sampling for Ca in the control treatment ( $33.68 \text{ g kg}^{-1}$ ) and biochar ( $31.81 \text{ g kg}^{-1}$ ), and Mg in the control treatments ( $3.57 \text{ g kg}^{-1}$ ) and biochar ( $3.45 \text{ g kg}^{-1}$ ). Treatment of poultry litter + biochar + NPK showed statistical significance to the height and diameter of the orange trees at 24 months. At the end of the experiment it was observed that treatments with biochar presented a conditioning effect with lower nutrient availability, and high levels of Ca, Mg and Zn in soil were not reflected in the higher nutrient concentration in orange leaves, unlike K.

**Keywords:** Anthropic soils, soil fertility, plant nutrition

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	x
1. INTRODUÇÃO .....	11
2. OBJETIVO .....	13
2.1. Objetivo geral .....	13
2.2. Objetivos específicos .....	13
3. REVISÃO DE LITERATURA .....	14
3.1. Aspectos gerais sobre a cultura da laranjeira .....	14
3.1.1. Distribuição geográfica .....	14
3.1.2. Aspectos sociais e econômicos .....	14
3.1.3. Condições edáficas .....	15
3.1.4. Concentração e funções dos nutrientes na cultura da laranjeira .....	15
3.1.5. Diagnose foliar da laranjeira ..	16
3.2. Características da Terra Mulata ..	17
3.2.1. Aspectos gerais .....	17
3.2.2. Fertilidade e manejo .....	18
3.3. Adubos .....	19
3.3.1. Adubação mineral .....	19
3.3.2. Adubação orgânica .....	20
3.3.3. Biocarvão .....	21
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	22
4.1. Características da área de estudo ..	22
4.2. Instalação do experimento .....	22
4.3. Delineamento experimental .....	23
4.4. Amostragem do solo .....	24
4.5. Análise química do solo .....	24
4.6. Análise química dos adubos utilizados .....	25
4.7. Coleta e análise química das folhas .....	25
4.8. Dados biométricos das plantas ..	26
4.9. Análises estatísticas .....	26
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO ..	27
5.1. Fertilidade do solo da Terra Mulata .....	27
5.2. Teores foliares da laranjeira .....	40
5.3. Efeito dos tratamentos nos dados biométricos da laranjeira .....	45
6. CONCLUSÕES .....	48
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..	49

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Índices de pH do solo com leitura em água, pH do solo com leitura em KCl,  $\Delta$ pH, teores de Al trocável e teores de Al + H em profundidades no perfil de uma Terra Mulata submetido a adubações isoladas e em combinações após 24 meses de instalação do experimento .....29
- Tabela 2. Teores de Cálcio, Magnésio, Potássio e Soma de bases em profundidades no perfil de uma Terra Mulata submetido a adubações isoladas e em combinações após 24 meses de instalação do experimento .....32
- Tabela 3. Atributos químicos do solo CTCefetiva, CTCpotencial, Saturação por bases e Saturação por Alumínio em profundidades no perfil de uma Terra Mulata submetido a adubações isoladas e em combinações após 24 meses de instalação do experimento .....34
- Tabela 4. Teores de Carbono Orgânico, Nitrogênio Total, Relação C/N e Fósforo em profundidades no perfil de uma Terra Mulata submetido a adubações isoladas e em combinações após 24 meses de instalação do experimento .....37
- Tabela 5. Teores de Ferro e Zinco no solo em profundidades no perfil de uma Terra Mulata submetido a adubações isoladas e em combinações após 24 meses de instalação do experimento .....39
- Tabela 6. Teores de Nitrogênio, Fósforo e Potássio em folhas de laranjeira ‘Pêra-Rio’ em Terra Mulata submetido a adubações isoladas e combinações coletadas em 18 e 24 meses após a instalação do experimento .....40
- Tabela 7. Teores de Cálcio, Magnésio, Ferro e Zinco em folhas de laranjeira ‘Pêra-Rio’ em Terra Mulata submetido a adubações isoladas e combinações coletadas em 18 e 24 meses após a instalação do experimento .....43

## 1. INTRODUÇÃO

Os Latossolos e os Argissolos são a grande predominância dos solos amazônicos de terra firme correspondendo à cerca de 75% da área total da Amazônia (Vieira e Santos, 1987). Esses solos apresentam baixa concentração de bases trocáveis, argila de baixa atividade e elevada concentração de óxidos e hidróxidos de Fe e Al, baixa disponibilidade de P, além da alta acidez e teores tóxicos de Al (Sanchez *et al.*, 1982).

Em pontos distintos da Amazônia encontram-se manchas de solos com horizontes enegrecidos ou com coloração marrom escura contendo pedaços de cerâmicas indicando a presença primitiva de habitação humana nesses locais. Esses solos denominam como Terra Preta de Índio (TPI) ou Terra Preta Antropogênica (TPA), e são conhecidos pelos habitantes da região pela sua alta fertilidade para o cultivo agrícola (Sombroek, 1966; Falesi, 1972; Sombroek *et al.*, 2002; Falcão *et al.*, 2003). O solo adjacente à TPI, conhecido como Terra Mulata (TM), destaca-se pelo horizonte A com coloração mais clara, menos intensa e com poucos vestígios de cerâmicas e, por apresentar menor fertilidade quando comparado à TPI, porém com maior fertilidade quando comparado aos outros solos da região, como os Latossolos e os Argissolos (Falcão *et al.*, 2001). A fertilidade de ambos os solos, TPI e TM, é devido ao acúmulo de resíduos orgânicos associados ao elevado conteúdo de partículas de biocarvão (“black carbon”), não perdida por lixiviação e aumentando consideravelmente a fertilidade destes solos (Sombroek, 1966) destacando o menor teor de biocarvão em TM quando comparado à TPI. O húmus nas TPI e TM apresenta maior estabilidade em relação à degradação (Denevan, 1992).

Os agricultores locais utilizam esses solos como área agrícola de produção com constantes adubações. Contudo, a fertilidade natural encontrada nesses solos, tanto na TPI quanto na TM, já apresenta nutrientes em quantidade considerável para o desenvolvimento de plantas podendo ser desnecessária esta prática, excetuando para alguns casos com escassez de K, pelo qual sua origem é de material mineral, e neste solo encontram-se altos teores de material orgânico com altos teores de P, Ca, Mg e Zn (Falcão *et al.*, 2001).

O cultivo da laranjeira no interior do Estado do Amazonas tem se destacado pela importância social e econômica, e por sua plantação, não somente em Latossolos e Argissolos como também nas áreas de TPI e TM. Trabalhos desenvolvidos por Gondim Neto *et al.* (2007) e Lima *et al.* (2007) com a utilização de citros em solos antrópicos na Costa do Laranjal, foram realizados para otimização da produção nestas áreas.

A laranjeira [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] é uma espécie de origem Asiática (Índia e

China), que chegou ao Brasil pelos colonizadores portugueses adaptando bem às condições edafoclimáticas. Atualmente é uma cultura de grande importância socioeconômica para a agricultura brasileira, com área plantada em torno de 850 mil hectares com produção estimada de 18,5 milhões de toneladas da fruta, sendo o Brasil o maior produtor mundial, tendo o Estado de São Paulo como o maior produtor do Brasil exportando 97% do suco concentrado de laranja para outros países. O Estado do Amazonas é o 13º produtor de laranja no Brasil e o segundo maior produtor da região Norte, com área total de 3.382 hectares e com uma produção anual de 16.278 toneladas (IBGE, 2009b), tendo a cultura grande relevância para a agricultura da região na geração de renda.

O cultivo da laranjeira apresenta tendência de expansão devido às oportunidades que o mercado local possui em absorver a produção e pela grande importação para abastecer o mercado interno. Para isso, são conhecidas muitas tecnologias capazes de melhorar a produtividade da cultura como: a irrigação, o manejo de plantas invasoras, o controle de doenças e pragas. No entanto, o manejo da fertilidade do solo é uma das práticas que deve ser considerada pela determinação no crescimento (Sanches *et al.*, 1999) e interferir no estado nutricional das plantas, podendo ser um dos motivos para o insucesso da produção (Falcão e Silva, 2004). Segundo Santos *et al.* (1999), entre os fatores da produção, o manejo da nutrição mineral é considerada o meio mais rápido e menos oneroso para aumentar a produtividade dos citros. Uma adubação completa e balanceada tem efeito direto no crescimento da parte aérea antecipando a produção e na produção de frutos propriamente dita da laranjeira (Prado *et al.*, 2008).

A cama de frango é considerada um adubo orgânico rico em nitrogênio e contém alguns outros macronutrientes essenciais ao crescimento das plantas, sendo considerado também um fertilizante orgânico superior ao esterco bovino, motivo pelo qual tem sido utilizado em pomares de laranjeiras (Panzenhagen *et al.*, 1999). Outro composto orgânico que tem sido apresentado como alternativa para a melhoria das condições físicas, químicas e biológicas dos solos, é o biocarvão ou “biochar” como divulgado na comunidade científica internacional. O biocarvão participa no complexo de troca de cátions do solo retendo e liberando nutrientes para as plantas de acordo com a dinâmica dos nutrientes no sistema solo, solução do solo e sistema radicular, funcionando como um colóide orgânico ou mineral na CTC (Glaser *et al.*, 1998). O biocarvão apresenta capacidade físico-química de diminuir as perdas por lixiviação de nutrientes e de os reterem nos micro e mesoporos da superfície, além de uma lenta oxidação nas bordas do anel aromático tendo um aumento na capacidade de troca catiônica (Glaser *et al.*, 1998; Liang *et al.*, 2006).

## **2. OBJETIVO**

### **2.1. Objetivo geral**

Avaliar o efeito da aplicação do biocarvão, da cama de frango e do formulado NPK na fertilidade do solo, no estado nutricional e no crescimento das plantas de laranja cultivadas em Latossolo Amarelo com A Antrópico (Terra Mulata).

### **2.2. Objetivos específicos**

- I) Avaliar o efeito condicionante do biocarvão na disponibilidade de nutrientes da cama de frango e do formulado NPK;
- II) Avaliar o efeito da aplicação do biocarvão, cama de frango e formulado NPK no estado nutricional da laranjeira;
- III) Avaliar o efeito dos adubos nos parâmetros de desenvolvimento inicial (altura da planta e diâmetro do caule) da laranjeira.

### **3. REVISÃO DE LITERATURA**

#### **3.1. Aspectos gerais sobre a cultura da laranjeira**

##### **3.1.1. Distribuição geográfica**

A origem da laranjeira é relatada há milênios pelas populações da Indochina e do sul da China com possível extensão até o sul da Indonésia (Mattos Júnior *et al.*, 2005). A distribuição em diversos pontos do planeta deu-se pelos navegadores que levavam consigo as sementes da laranja em suas embarcações e as deixavam nos novos territórios como parte de seus resíduos. Com isto, o cultivo da laranjeira chegou a todos os continentes do mundo e hoje está presente em mais de 60 países, sendo o Brasil o maior produtor mundial da fruta.

No Brasil, é relatada a sua chegada em 1530 pelos portugueses sendo as primeiras plantas encontradas no Estado de São Paulo (Taunay, 1923). Hoje esta cultura é encontrada em todo o país e com diversas variedades da fruta, sendo importante fonte econômica e social.

##### **3.1.2. Aspectos sociais e econômicos**

No Brasil, a área plantada de citros chega a cerca de 850 mil hectares com produção maior que 18,5 milhões de toneladas, sendo a maior do mundo e o maior exportador de suco concentrado de laranja, gerando bilhões de reais (IBGE, 2006). Deste montante, a produção principal são cultivares de laranja ‘Pêra-Rio’, ‘Natal’ e ‘Valência’, sendo, em menor escala, produzidas laranjas ‘Hamlin’, ‘Lima’ e do tipo umbigo (‘Bahia’, ‘Baianinha’ e ‘Monte Parnaso’) (Schaefer e Dornelles, 2000).

A produção está em sua totalidade no Sudeste do país, mas, é de extrema importância em outros locais do país como no Nordeste que responde a 8,65% da produção nacional (EMBRAPA, 2003). Os maiores Estados produtores do Brasil são: São Paulo (80%), Sergipe (4,8%), Bahia (3,8%) e Minas Gerais (3,8%) (IBGE, 2009b). Na região Norte, a cultura se destaca no Estado do Amazonas, sendo o 13º produtor do país, e o segundo maior da Região.

A citricultura brasileira gera 500 mil empregos diretos e indiretos somente no Estado de São Paulo e 1,5 bilhão de dólares anuais com exportação. No Amazonas, a produtividade média é cerca de 5 toneladas/hectare/ano de produção de citros em uma área com um pouco mais de 3,5 mil hectares plantados, gerando um valor total de 10 milhões de reais por ano (IBGE, 2006).

### 3.1.3. Condições Edáficas

O solo para cultivo da laranjeira deve apresentar determinadas características em relação à textura, dando-se preferência aos areno-argilosos (Malavolta e Violante Netto, 1989), embora as plantas adaptem-se bem a solos muito arenosos como também aos argilosos, considerando assim o porta-enxerto a ser utilizado (Agustí, 2000). Contudo, com relação à textura do solo, deve priorizar a capacidade do solo em armazenar água em quantidade disponível e suficiente para o desenvolvimento das plantas.

A profundidade do solo desejada é de 1,0 a 1,2 metros, mesmo que o sistema radicular fique concentrado nas camadas mais superficiais, esta profundidade garante o melhor aproveitamento de nutrientes do solo, observando se há ocorrência de impedimentos à drenagem e ao desenvolvimento radicular, assim como os impedimentos mecânicos e boa aeração (Souza *et al.*, 2004).

As classes de solos mais utilizados e indicados para o cultivo são os Latossolos e os Argissolos, desde que corrigida a sua fertilidade química e principalmente neutralizado o teor de Al tóxico (Malavolta e Violante Netto, 1989; Pavan e Jacomino, 1998). Cuidados com a declividade são muito importantes para não se ter problemas com erosão (Modenezi e Jordão, 1992; Politano *et al.*, 1993), compactação (Tavares Filho *et al.*, 1999; Sanches *et al.*, 1999) e enxarcamento (Tricart, 1961).

### 3.1.4. Concentração e funções dos nutrientes na cultura da laranjeira

A concentração de nutrientes varia consideravelmente entre as diversas partes da planta (folhas, ramos e raízes) e com a idade dos tecidos (jovens, maduros e senescentes) dos citros. O elemento Ca pode ser considerado o mais exigido pela cultura, principal constituinte das folhas (41,2 g kg<sup>-1</sup>), ramos (13,2 g kg<sup>-1</sup>), tronco (5,4 g kg<sup>-1</sup>) e raízes (5,2 g kg<sup>-1</sup>). O N é o segundo nutriente mais encontrado na laranjeira com concentrações nas folhas de 24,4 g kg<sup>-1</sup>, ramos (6,4 g kg<sup>-1</sup>), tronco (4,4 g kg<sup>-1</sup>) e raízes (3,8 g kg<sup>-1</sup>). O K é elemento mais encontrado nos frutos (10,7 g kg<sup>-1</sup>). Em geral, a exigência nutricional em macronutrientes para a cultura obedece à seguinte ordem decrescente: Ca>N>K> Mg>P>S.

Os teores de N e K diminuem com a idade da folha, enquanto os teores de Ca aumentam com o envelhecimento das folhas. Isso ocorre em resposta à característica que os nutrientes minerais apresentam quanto à redistribuição na planta, via floema, para suprimento

da demanda de órgãos novos e frutos de acordo com a fenologia da planta.

Entre os micronutrientes, o Fe é o mais exigido pela cultura para a composição de folhas ( $102 \text{ mg kg}^{-1}$ ), ramos ( $36 \text{ mg kg}^{-1}$ ), tronco ( $71 \text{ mg kg}^{-1}$ ), frutos ( $28 \text{ mg kg}^{-1}$ ) e raízes ( $44 \text{ mg kg}^{-1}$ ). Em ordem decrescente de micronutrientes mais encontrados nas plantas de laranjeiras resume-se:  $\text{Fe} > \text{B} > \text{Zn} > \text{Mn} > \text{Cu}$  (Mattos Júnior *et al.*, 2005).

### 3.1.5. Diagnose foliar da laranjeira

A diagnose foliar é definida como um método de avaliação do estado nutricional das culturas em que se averiguam determinadas folhas em períodos definidos da vida da planta verificando a fertilidade do solo e a necessidade da planta em adubação (Malavolta *et al.*, 1997). Analisando as folhas quimicamente, faz-se necessário a aplicação ideal de adubação, buscando assim a maximização da produtividade e maior eficiência no uso de adubos (EMBRAPA, 2003), ou ainda observa-se a presença de toxicidade de elementos. Segundo Carvalho e Lopes (1994), na folha acontecem importantes processos fisiológicos, como a fotossíntese, e reflete bem os problemas oriundos das oscilações nutricionais, sendo um parâmetro seguro e que revela a sua composição mineral.

A composição mineral da folha ou o teor dos elementos nela encontrado, é consequência do efeito dos fatores que atuaram e, interagiram até o momento que o órgão foi colhido para análise. A função que descreve a variação nos tecidos foliares, de acordo com Malavolta *et al.* (1997), é a seguinte:

$$Y = f(\text{Pl}, \text{S}, \text{Cl}, \text{Pc}, \text{Pm})$$

Onde:

Y = Teor de nutriente na folha;

Pl = Planta (espécie, progênie, clone, tipo de folha, idade, etc.);

S = Solo, adubo, corretivos e entradas de adubos no sistema;

Cl = Condições climáticas (precipitação, luminosidade, etc.);

Pc = Práticas culturais (preparo do solo, espaçamento, etc.);

Pm = Pragas e/ou doenças.

Para que a diagnose foliar seja utilizada com sucesso, ela se baseia nas premissas de que existem dentro de limites, relações diretas entre: a) Dose de adubo e produção; b) Dose de

adubo e teor foliar; e c) Teor foliar e produção (Carvalho e Lopes, 1994; Malavolta *et al.*, 1997).

## **3.2. Características da Terra Mulata**

### **3.2.1. Aspectos gerais**

Em geral, os solos amazônicos apresentam baixa fertilidade natural, altos teores de Al tóxico e baixa saturação por bases (Corrêa, 1985; Chauvel *et al.*, 1991; Veloso *et al.*, 1995). Porém, em solos distintos na região Amazônica, chamam a atenção por reverter esse quadro, possuindo coloração enegrecida e fertilidade alta diferenciando dos solos mais comuns da região. Nesses solos é possível encontrar restos de artefatos cerâmicos evidenciando a presença humana. A Terra Preta de Índio (TPI) ou Terra Preta Antropogênica (TPA), como é nomeada, passou a ter suas características descritas por Sombroek (1966) e até hoje continua sendo estudada com grande interesse.

O efeito da ocupação intensiva por indígenas pré-colombianos de 5 a 10 milhões de habitantes e outros grupos, foi relatado em análise ao  $^{14}\text{C}$  sua presença há cerca de 1000 a 2000 anos na Amazônia brasileira (Glaser *et al.*, 2001). O domínio destas populações ao fogo para preparo de seus alimentos e outras atividades originou um carvão de combustão incompleta (biochar) que juntamente com cinzas e associados à matéria orgânica (restos de conchas, ossos, espinhas de peixes, carapaças, sementes, cipós entre outros) não foram degradadas devido à estabilidade proporcionada pelo carvão, desta forma, enriquecendo, geralmente, o comum Latossolo e transformando seus aspectos químicos, físicos e biológicos em um solo altamente fértil (Medeiros Júnior, 2007). Essas áreas apresentam muito material arqueológico como fragmentos de cerâmicas e a presença do biocarvão propriamente dito, responsável este pela coloração marcante da TPI (Kern e Costa, 1997).

A profundidade da TPI atinge em média de 50 cm, e de acordo com Smith (1980) para cada 1 cm de solo corresponde a 10 anos de ocupação humana. As áreas são abrangentes variando de 2 a 3 hectares, com exceção de uma área encontrada com 100 hectares em Santarém no Pará (Kern *et al.*, 1999; Woods e Mccann, 1999; Glaser *et al.*, 2001). Esses solos estão presentes principalmente próximos a uma fonte de água, normalmente em margens de igarapés e rios como: Rio Negro, Rio Solimões e Rio Madeira.

Em volta da TPI há uma faixa extensa de solo com coloração menos intensa conhecida como Terra Mulata. Estes solos apresentam pouco ou nenhum material cerâmico, e

a sua origem pode estar ligada à agricultura intensiva por estes povos (Sombroek, 1966; Glaser *et al.*, 2001).

É considerada a área de TM um antigo local de agricultura dessas antigas populações indígenas que manejavam a fertilidade do solo, e desta forma, ser mais alta em relação aos solos adjacentes devido à aplicação intencional de técnicas que visavam o melhor desenvolvimento de plantas (Sombroek, 1966; Denevan, 2001; Neves *et al.*, 2003). A compostagem, adubação verde, resíduos humanos ou animais, biocarvão, cinzas, restos de produtos da pesca, restos de conchas de moluscos, restos de árvores da floresta eram utilizadas para enriquecer as plantações, que eram abandonadas após o cultivo por longas temporadas devido à grande ocupação de plantas invasoras (Denevan, 1996).

Isso permitiu e permite até hoje a produção de alimentos nestas áreas, uma vez que a presença do biocarvão oriundo da queima lenta de árvores da floresta (Denevan, 1992) originou o carvão pirogênico que combinado à matéria orgânica contribuiu para a fertilidade do solo.

A TM é circundada por solos naturais de floresta primária, onde a maior concentração da matéria orgânica está principalmente nos 20 cm iniciais do perfil do solo (Medeiros Júnior *et al.*, 2007) e nos solos antrópicos a mistura de matéria orgânica e biocarvão está em maiores profundidades.

Certas dúvidas pairavam sobre a origem da TM, porém atualmente há a confirmação que esses solos não são formados naturalmente, ou seja, advindo de uma fonte de material mineral de origem rico em nutrientes, sendo a influência de populações antigas sobre os solos naturais da floresta, que por estarem localizados em margens de rios, trilhas florestais em comunidades indígenas, entre outros, foram acessos e pontos importantes de habitação de um povo (Denevan, 1996). Isso ajuda a entender o porquê destes solos possuírem a mesma mineralogia da argila, cor, textura e estruturas dos solos ao seu redor ou adjacentes (Lima, 2001).

### **3.2.2. Fertilidade e manejo**

A fertilidade duradoura na TM é devido à queima úmida de material vegetal, feito por indígenas antepassados, criando o biocarvão que associado a matéria orgânica, além da ação dos microorganismos presentes no solo, mantêm-se estável refletindo em acúmulo de nutrientes no solo (Glaser *et al.*, 2001) retendo níveis de fertilidade até os dias atuais. Como descrito por Woods e McCann (1999), a junção da queimada e da matéria orgânica vinda de

cobertura morta e compostagem, resultou na formação e na persistência da fertilidade da TM, através do aumento da capacidade de retenção de nutrientes, aumento da fertilidade e manutenção da atividade biológica do solo.

A TM apresenta teores elevados de C, Ca, Mg, Zn, Mn e P disponível (acima de 100 mg dm<sup>-3</sup>), pH<sub>(H2O)</sub> em torno de 6,0, mas possui baixos teores de K. Este solo apresenta alta capacidade de troca catiônica, baixa acidez potencial e alta saturação por bases, quando comparado aos solos adjacentes. Os níveis de C chegam a 150 g kg<sup>-1</sup> no solo, comparando-se ao Latossolo que possui 20 - 30 g kg<sup>-1</sup> (Glaser *et al.*, 2001). Segundo algumas pesquisas a TM apresenta 70 vezes mais C que os solos adjacentes, sendo este responsável pela retenção e disponibilidade de nutrientes, estabilização da matéria orgânica, aumento dos níveis de pH, aumento da atividade microbiológica, mantém a umidade, ajudar a repelir insetos e organismos patogênicos e reduzir a lixiviação de nutrientes, mantendo elevada a fertilidade do solo e em consequência a produtividade agrícola e a sustentabilidade (Lehmann *et al.* 2003; Steiner *et al.* 2004).

Hecht (2003) relata que os indicadores do solo pH, N, P, K, Ca e Mg apresentam maior teor no cultivo agrícola em TM no primeiro ano quando comparados às áreas de floresta intacta e mantém-se estável após cinco anos ou até mais.

No manejo da TM há relatos das tribos indígenas Kayapós, Yanomanis e Kayabis no forramento do solo com cobertura morta e compostagem, empregando resíduos de colheita, plantas invasoras, restos de formigueiros e cupinzeiros e demais elementos da floresta adjacente como prática adicional na sua agricultura. Depois deste procedimento, queimavam os materiais e cultivavam na área por cerca de cinco anos e deixava descansar esta área de 10 a 11 anos por causa da alta infestação de plantas invasoras (Denevan, 1998). Major *et al.* (2005) verificaram que o crescimento e a densidade de invasão de ervas daninhas é muito maior quando comparada a solos adjacentes, ou seja, necessita maior controle de plantas invasoras em TM devido a sua fertilidade favorecer o aumento da infestação, não conseguindo manter a limpeza da área agrícola pelas técnicas que os indígenas dominavam, e isso foi decisivo para a formação da TM.

### **3.3. Adubos**

#### **3.3.1. Adubação mineral**

A adubação mineral pode ser definida pelo fornecimento de nutriente às plantas

através de compostos minerais oriundos por natureza inorgânica, natural ou sintética.

Esta adubação visa suprir as deficiências de nutrientes após o diagnóstico obtido pela análise de solo e utilizam-se adubos minerais/sintéticos que contém N, P e K como fornecimento. A adubação mineral é rapidamente disponibilizada para a planta para assimilação ou sofrem pequenas transformações no solo, por isso a aplicação de adubos minerais favorece o desenvolvimento vegetativo das plantas e o volume de folhas mais rapidamente (Filgueira, 1987). O uso de um adubo mineral pode fornecer mais de um nutriente as plantas.

Porém, a adubação mineral é muito questionada sobre o impacto ambiental gerado ocasionando poluição, pois a parte que não é absorvida pela planta é lixiviada e lavada pelas águas da chuva e percola para o lençol freático, rios, lagos e outros, causando eutrofização ou outros problemas ambientais (Primavesi *et al.*, 2006). Outro problema é acidificação do solo causado por alguns destes adubos, a uréia, por exemplo, diminuindo o pH do solo (Alfaia, 1997) sendo indesejável na maioria das vezes para o desenvolvimento de culturas.

### **3.3.2. Adubação orgânica**

A matéria orgânica do solo é composto por matérias ou substâncias vivas ou mortas do solo que possuam carbono na sua composição (Benites *et al.*, 2005) e são importantes do ponto de vista químico, físico e biológico. A matéria orgânica em solos tropicais decompõe-se com muita rapidez necessitando constantemente reposição de material vegetal para que não se perca a potencialidade de benefícios.

No cultivo agrícola, o efeito desejado com a adubação orgânica é o fornecimento de nutrientes essenciais para o desenvolvimento de determinada cultura, apesar de alguns nutrientes dos adubos orgânicos sofrerem o processo de mineralização, que inclui a decomposição do material por microorganismos, retardando o fornecimento de nutrientes ao solo quando se compara a adubação mineral, contudo a vantagem está agregada pelo maior tempo de disponibilização de nutrientes. Além dos benefícios químicos ao solo, a matéria orgânica atua em outros destaques que podem ser citados: formação de agregados estáveis, aeração, retenção de umidade, diminuição da temperatura e proteção da superfície do solo; manutenção das amplas funções biológicas, incluindo a imobilização e liberação de nutrientes; oferta de sítios de troca catiônica; e estocagem de carbono terrestre (Craswell e Lefroy, 2001; Bernardi *et al.*, 2002).

Alguns adubos orgânicos tem se destacado como: o esterco bovino e a cama de frango na adubação da citricultura. Porém, a cama de frango apresenta vantagens quando comparado ao esterco bovino pela sua maior concentração de nutrientes na adubação de laranjeiras. Esse tem a característica de ter em sua composição alta quantidade de N ( $30 \text{ g kg}^{-1}$ ). Os seus teores de P ( $16 \text{ g kg}^{-1}$ ) e de K ( $8 \text{ g kg}^{-1}$ ) enriquecem mais ainda este adubo (Malavolta *et al.*, 2002).

### 3.3.3. Biocarvão

O biocarvão (biochar) sustenta a teoria em TPI e TM em ser o segredo para fertilidade nesses solos. Essa fonte com altos percentuais de C estável (Lehmann *et al.*, 2003) é recomendada na literatura como condicionador do solo, mas, alguns autores citam este material como fertilizante. Trabalhos como de Oguntude *et al.* (2004), observaram o aumento no nível de pH e nos teores de Ca, Mg, K e Na trocáveis, P disponível e alterações físicas positivas no solo com a aplicação de biocarvão. Topoliantz *et al.* (2005) notaram diminuição no nível de pH e um estreitamento da relação C/N usando biocarvão como adubo. Além destes autores, Gundale e DeLuca (2006) observaram em seus experimentos que usando biocarvão houve considerável mudanças benéficas na química do solo, além de físicas e biológicas.

Até o momento não se tem estudos conclusivos de qual a ação positiva e negativa sobre a utilização do biocarvão como meio de adubo, necessitando definir se há aumento de produção de cultivos com a utilização deste material.

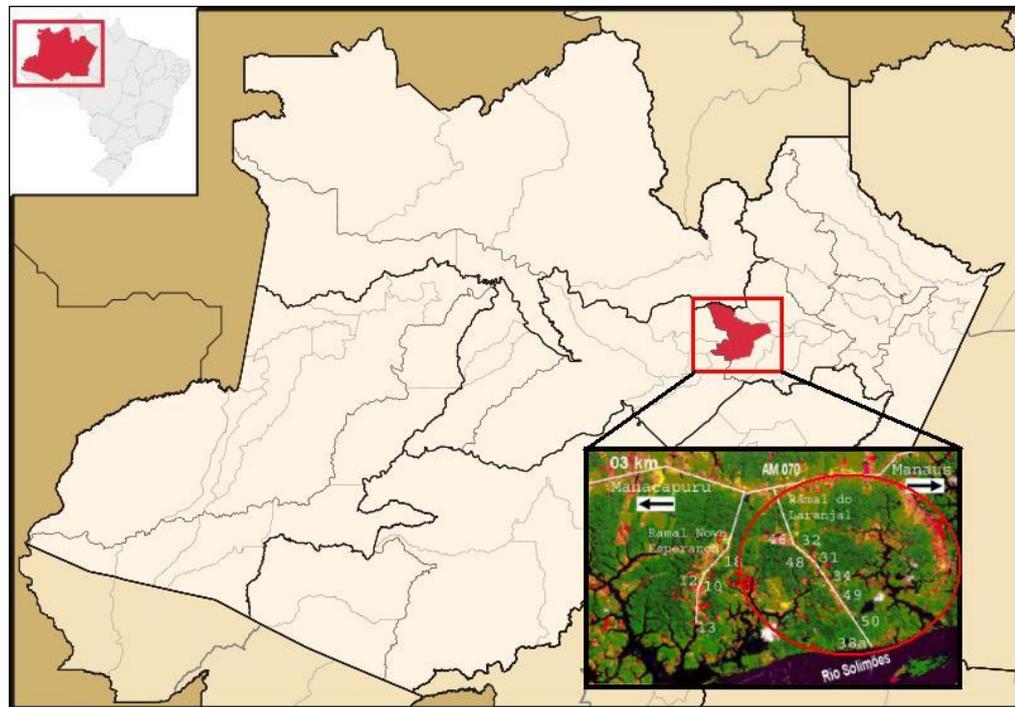
O biocarvão pode ser uma fonte de compostos orgânicos para solos tropicais, mesmo contendo praticamente C, H e O, pode criar cargas e aumentar a capacidade de troca de cátions (CTC). Na parte física do solo, devido à porosidade do biocarvão, este pode aumentar a capacidade de retenção de água e facilitar a ação e aumento de microorganismos quando em contato com o solo ou substratos.

A mistura de adubos minerais e biocarvão pode ser uma alternativa para minimizar perdas de nutrientes pela lixiviação e aumentar a retenção de água no solo, além da melhoria na estrutura do solo, e resumidamente em toda a qualidade do solo (Teixeira, 2008).

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Características da área de estudo

O estudo foi desenvolvido em uma propriedade rural de Terra Firme no ramal da Costa do Laranjal em Manacapuru-AM (Figura 1) localizado à margem esquerda do Rio Solimões e distante 84 km de Manaus. As coordenadas geográficas são de 3° 18'33"S e 60°33'21"W com o posicionamento do município numa altitude média de 34 metros acima do nível do mar. Segundo Koppen, a área integra o quadro macroclimático do tipo AmW tropical chuvoso e úmido, caracterizado pela alta umidade, em torno de 85%, com variações entre máxima de 31° C e mínima de 23° C e a temperatura média em 26° C com duas estações distintas, verão a partir de maio e inverno a partir de dezembro. A precipitação anual média está em torno de 2.250 mm (Koumrouyan e Santana, 2008; Salles e Cavalcanti Filho, 2009).



**Figura 1.** Localização do município de Manacapuru - AM com detalhamento do Ramal do Laranjal.

### 4.2. Instalação do experimento

O experimento foi instalado em abril de 2009 com mudas de laranjeiras obtidas em viveiros de produtores da região da Costa do Laranjal, sendo utilizadas mudas enxertadas de

laranja ‘Pêra-Rio’ em cavalo de limão ‘Cravo’, priorizando a uniformidade entre as mudas em tamanho (cerca de 30 cm), porte e aparência física. O espaçamento utilizado para o plantio foi de 6,0 m x 5,0 m em covas com profundidade de 0,30 cm x 0,30 cm x 0,30 cm.

O solo da área experimental foi um Latossolo Amarelo com horizonte A antrópico (Terra Mulata) com as seguintes características químicas: 5,0 de  $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$ ; 32,27  $\text{mg kg}^{-1}$  de P; 0,17  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de K; 0,80  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de Ca; 0,25  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de Mg; e 1,31  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de Al. A composição dos adubos foram determinadas para o biocarvão (17,4  $\text{g kg}^{-1}$  de N; 5,6  $\text{g kg}^{-1}$  de P; 14,0  $\text{g kg}^{-1}$  de K; 85,6  $\text{g kg}^{-1}$  de Ca; 22,8  $\text{g kg}^{-1}$  de Mg; 2245  $\text{mg kg}^{-1}$  de Fe; e 16  $\text{mg kg}^{-1}$  de Zn) e para a cama de frango (31,4  $\text{g kg}^{-1}$  de N; 12,3  $\text{g kg}^{-1}$  de P; 38,4  $\text{g kg}^{-1}$  de K; 131,36  $\text{g kg}^{-1}$  de Ca; 62,8  $\text{g kg}^{-1}$  de Mg; 3504  $\text{mg kg}^{-1}$  de Fe; e 410  $\text{mg kg}^{-1}$  de Zn). Para o adubo mineral/sintético foi tido como fonte de N,  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$ , uréia, superfosfato triplo e cloreto de potássio, respectivamente. Com base na análise de solo e a composição química dos adubos, foi recomendada a adubação em cova de plantio nas proporções de 10 kg de cama de frango, 10 kg de biocarvão e 600 g do formulado NPK (4-14-8) e a interação entre os adubos de acordo com o exigido por cada tratamento, essas quantidades são equivalentes a 3,3  $\text{t ha}^{-1}$  de cama de frango, 3,3  $\text{t ha}^{-1}$  de biocarvão e 200  $\text{kg ha}^{-1}$  da formulação NPK.

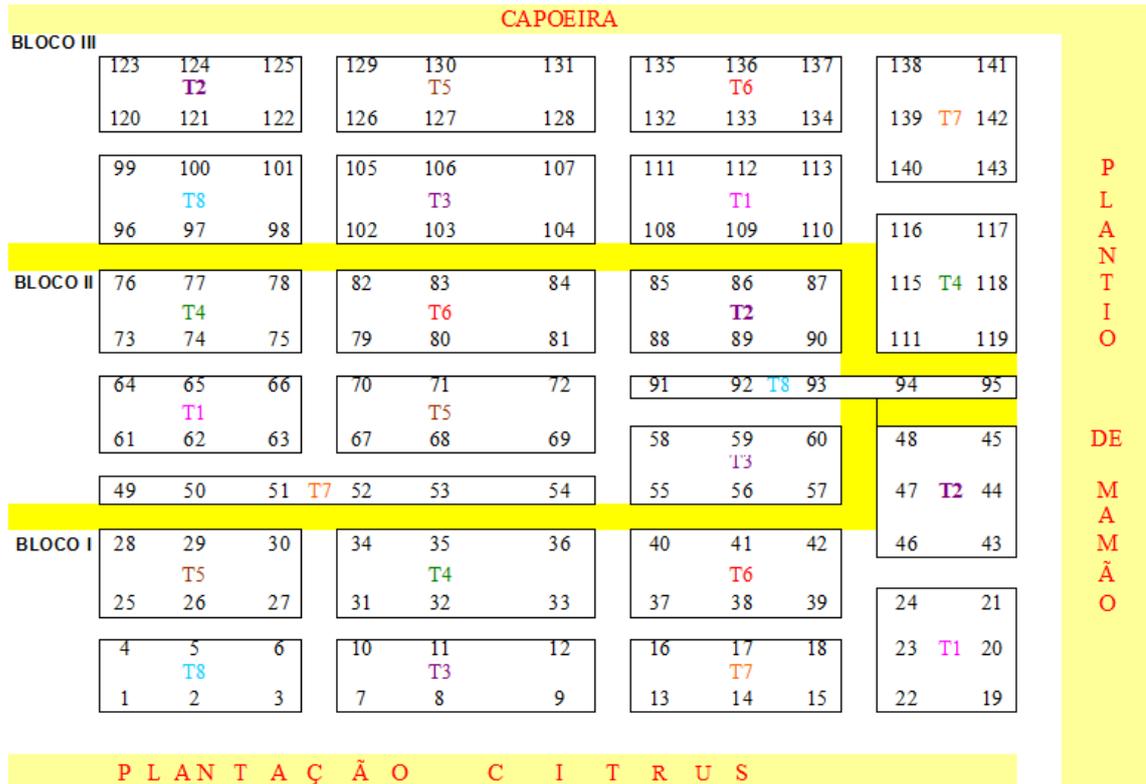
Um ano após o plantio foi realizada a adubação em cobertura, com as mesmas doses e fontes utilizadas na cova. O replantio não foi necessário, já que houve total estabelecimento das plantas.

A área esteve constantemente submetida aos tratamentos fitossanitários (controle de pragas e doenças) e capinas, utilizando quase em sua totalidade controle químico para efetivo controle.

### 4.3. Delineamento experimental

Os tratamentos utilizados foram: **T1**, Controle (sem adição de adubo); **T2**, Biocarvão; **T3**, Cama de frango; **T4**, Formulado NPK (4-14-8); **T5**, Biocarvão + Cama de frango; **T6**, Biocarvão + Formulado NPK (4-14-8); **T7**: Cama de frango + Formulado NPK (4-14-8); **T8**: Biocarvão + Cama de frango + Formulado NPK (4-14-8).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com três repetições e oito tratamentos, sendo cada parcela composta de seis plantas (Figura 2), todas consideradas úteis para avaliação.



**Figura 2.** Croqui da área experimental da plantação de laranjeira na Costa do Laranjal em Manacapuru, AM.

#### 4.4. Amostragem do solo

As amostras de solo foram coletadas após dois anos de instalação do experimento, retirando três sub-amostras em cada parcela com ajuda de trado holandês, nas profundidades de 0 - 20 e 20 - 40 cm, próximo da projeção da copa da laranjeira, que misturadas de acordo com a sua própria profundidade, formaram uma amostra composta. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e encaminhadas para análise química em laboratório.

#### 4.5. Análise química do solo

Em laboratório, as amostras foram secas ao ar e tamizadas em malha de 2 mm. Foram avaliados quimicamente nas amostras:  $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$  1:2,5,  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$  1:2,5, carbono orgânico (CO) pelo método Walkley-Black com titulação em sulfato de ferro amoniacal hexahidratado (Defelipo e Ribeiro, 1981), nitrogênio total (N) com digestão sulfúrica e destilação pelo método semimicro Kjeldahl, fósforo (P) com extração duplo ácido (Melich-1) e leitura por moblidato de amônio, potássio (K) com extração duplo ácido (Melich-1), cálcio (Ca) e

magnésio (Mg) por extração KCl 1N, alumínio trocável (Al) pelo método volumétrico e extração por KCl 1N, alumínio+ hidrogênio (Al + H) com leitura em acetato de cálcio e os micronutrientes ferro (Fe) e zinco (Zn) por extração por duplo ácido (Melich-1) adotando-se a metodologia proposta por Tedesco *et al.* (1995) e EMBRAPA (1999).

As análises químicas de solo foram realizadas no Laboratório Temático de Solos e Plantas do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, Manaus-AM.

#### **4.6. Análise química dos adubos utilizados**

As amostras das fontes orgânicas utilizadas para caracterização química foram coletadas no momento da aplicação, retirando-se 10 amostras simples de cada fonte para a formação de uma amostra composta, que após seca foi levada ao Laboratório Temático de Solos e Planta do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA. A metodologia utilizada foi a mesma usada nas análises foliares a ser descrito a seguir.

#### **4.7. Coleta e análise química das folhas**

A coleta das folhas foi obedecida à retirada de 10 folhas na altura mediana da planta (terço médio da copa) no período de 18 e 24 meses após a instalação do experimento, destacando a terceira ou quarta folha a partir do início do ramo sem fruto, repetindo para todas as unidades amostrais de cada tratamento respeitando cada ponto cardeal. Depois foram misturadas todas as folhas da parcela, lavadas, secas ao ar e formaram uma amostra composta.

O material vegetal foi devidamente identificado, acondicionado em saco de papel e seco em estufa a 65 – 70° C até ter atingir peso constante. Posteriormente, foi pesado, triturado em moinho tipo Wiley (peneira com diâmetro de malha de 1 mm). O nitrogênio (N) foi determinado por método semimicro Kjeldahl após digestão sulfúrica e para os demais nutrientes, fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe) e zinco (Zn), foi feita a digestão nitro-perclórica e quantificação por espectrometria de emissão atômica com plasma de argônio (ICP-AES) (Malavolta *et al.*, 1997).

As análises químicas do material vegetal foram realizadas nos Laboratórios de Nutrição Mineral de Plantas e de Química Analítica do Centro de Energia Nuclear na Agricultura - CENA/USP, Piracicaba - SP.

#### **4.8. Dados biométricos das plantas**

Semestralmente, desde o início da implantação do experimento, o diâmetro do caule foi mensurado com um paquímetro digital, sendo a primeira leitura realizada 5,0 cm acima e a segunda 5,0 cm abaixo do local da enxertia, utilizando a média dessas duas variáveis como dado útil. Nesse mesmo tempo, a altura das plantas foi medida com a ajuda de uma trena do colo da planta até o ponto mais alto (ápice).

#### **4.9. Análises Estatísticas**

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Detectadas significância entre os tratamentos, procedeu-se a análise comparativa das médias por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico ASSISTAT, versão 7.5.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Fertilidade do solo da Terra Mulata

Não foi observada diferença significativa entre os tratamentos nos índices de  $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$ ,  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ , em teores de Al trocável e Al + H (Tabela 1).

Os índices de  $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$  não apresentaram significância para os tratamentos e para as profundidades do solo, isso foi devido a média inicial do experimento encontrar-se alta, portanto não havendo efeito dos adubos no aumento do pH do solo. Falcão *et al.* (2010) revelam valores de  $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$  em torno de 5,7 em amostras coletadas em TPI próxima a Manaus, e Falcão e Silva (2004) citam  $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$  em torno de 4,2 na camada superficial de um Latossolo Amarelo distrófico coletado no município de Itacoatiara, Amazonas. Para TM, por ser uma transição entre estes dois tipos de solos encontrados na Amazônia, os índices de pH ficam, não necessariamente, em torno do encontrado na TPI tendendo a um valor igual ou pouco abaixo, porém encontrado maiores índices quando comparado aos Latossolos e Argissolos.

Com relação aos índices de  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$  do experimento, não houve efeito dos tratamentos nas profundidades do solo, porém havendo diferença entre a média geral dos tratamentos, onde o maior índice de  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$  foi encontrado no tratamento cama de frango + formulado NPK (4,9), apesar de não diferir estatisticamente dos tratamentos controle (4,3), cama de frango (4,5), formulado NPK (4,3), biocarvão + cama de frango (4,5) e biocarvão + cama de frango + formulado NPK (4,3).

A média mais expressiva para o delta pH (diferença entre os valores do  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$  e  $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$ ) foi obtida no tratamento biocarvão (-0,8) indicando o maior balanço de cargas elétricas no solo relacionando aos solos mais velhos e intemperizados. De acordo com Sanchez (1976), o valor de delta pH para os solos tropicais é usualmente negativo assim como as cargas de superfície.

Para a variável Al trocável não houve efeito entre os tratamentos e a profundidade do solo. Os teores de Al trocável nesses solos são geralmente baixos devido ao pH estar próximo a 5,5, formando assim íons de hidróxido de Al que são fixados com os colóides de argila ou matéria orgânica (Schmidt e Heckenberger, 2010).

Em trabalho de Falcão *et al.* (2010) avaliando 100 amostras simples de TPI da Costa do Laranjal em Manacapuru, Amazonas, foi obtido na camada de 0 – 20 cm o teor de Al trocável de  $0,20 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  e na profundidade de 20 – 40 cm os valores médios foram de  $1,15 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  evidenciando que os solos antrópicos normalmente não apresentam problemas com

toxidez de Al trocável.

Já para Al + H foi observada significância entre a média geral dos tratamentos, sendo a maior média encontrada no biocarvão ( $5,44 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ), biocarvão + formulado NPK ( $5,21 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) e biocarvão + cama de frango + formulado NPK ( $5,12 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ), apesar de não diferir dos tratamentos formulado NPK ( $4,83 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ), biocarvão + cama de frango ( $4,51 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ), controle ( $4,47 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) e cama de frango ( $4,07 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ). Os resultados apresentados corroboram com trabalhos de Falcão *et al.* (2001), Schaefer *et al.* (2004) e de Lima *et al.* (2005), onde estes teores de Al + H são baixos nos solos antrópicos.

**Tabela 1.** Índices de pH do solo com leitura em água, pH do solo com leitura em KCl,  $\Delta$ pH, teores de Al trocável e teores de Al + H em profundidades no perfil de uma Terra Mulata submetido a adubações isoladas e em combinações após 24 meses de instalação do experimento.

Tratamentos	pH <sub>(H<sub>2</sub>O)</sub>			pH (KCl)			$\Delta$ pH	Al			Al + H		
	Profundidade (cm)		Média	Profundidade (cm)		Média		Profundidade (cm)		Média	Profundidade (cm)		Média
	0 - 20	20 - 40		0 - 20	20 - 40			0 - 20	20 - 40		0 - 20	20 - 40	
								----- cmolc kg <sup>-1</sup> -----			----- cmolc kg <sup>-1</sup> -----		
Controle	4,9	5,1	<b>5,0</b>	4,2	4,4	<b>4,3 ab</b>	<b>-0,7</b>	1,00	0,52	<b>0,76</b>	4,87	4,08	<b>4,47 ab</b>
BIO	4,9	4,9	<b>4,9</b>	4,1	4,1	<b>4,1 b</b>	<b>-0,8</b>	0,94	0,87	<b>0,90</b>	5,64	5,24	<b>5,44 a</b>
CF	5,2	5,1	<b>5,2</b>	4,6	4,5	<b>4,5 ab</b>	<b>-0,7</b>	0,20	0,39	<b>0,30</b>	4,30	3,84	<b>4,07 ab</b>
NPK	4,9	4,8	<b>4,8</b>	4,2	4,4	<b>4,3 ab</b>	<b>-0,5</b>	0,72	0,57	<b>0,65</b>	5,01	4,66	<b>4,83 ab</b>
BIO + CF	5,1	5,2	<b>5,2</b>	4,4	4,6	<b>4,5 ab</b>	<b>-0,7</b>	0,50	0,39	<b>0,45</b>	4,94	4,08	<b>4,51 ab</b>
BIO + NPK	5,0	4,7	<b>4,8</b>	4,3	4,1	<b>4,2 b</b>	<b>-0,6</b>	0,54	0,88	<b>0,71</b>	5,07	5,34	<b>5,21 a</b>
CF + NPK	5,4	5,5	<b>5,4</b>	4,9	5,0	<b>4,9 a</b>	<b>-0,5</b>	0,47	0,22	<b>0,34</b>	3,70	3,35	<b>3,52 b</b>
BIO + CF +NPK	5,1	4,7	<b>4,9</b>	4,3	4,2	<b>4,3 ab</b>	<b>-0,6</b>	0,56	0,91	<b>0,74</b>	5,50	4,74	<b>5,12 a</b>
<b>Média</b>	<b>5,1</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>4,4</b>	<b>4,4</b>	<b>4,4</b>	<b>-0,6</b>	<b>0,62</b>	<b>0,59</b>	<b>0,61</b>	<b>4,88</b>	<b>4,42</b>	<b>4,65</b>
	DMS1=0,74	DMS2=0,23		DMS3=0,73	DMS4=0,23			DMS5=0,92	DMS6=0,29		DMS7=1,57	DMS8=0,49	

As médias ausentes de letras, na coluna (DMS1, 3, 5, 7) e na linha (DMS2, 4, 6, 8), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. BIO: Biocarvão; CF: Cama de frango; NPK: Formulado combinado com adubos comerciais sintéticos/minerais contendo nitrogênio, fósforo e potássio.

Para as médias dos teores de Ca houve diferença significativa para os tratamentos, não havendo para as profundidades do solo. Nas médias dos teores de Mg não foi obtida nenhuma significância nos tratamentos e profundidades de solo. Para o K houve diferença estatística para a média geral das profundidades do solo e dos tratamentos. Já na soma de bases não houve significância para os tratamentos e profundidades de solo (Tabela 2).

A maior média geral do teor de Ca nos tratamentos foi obtida no tratamento cama de frango + formulado NPK ( $9,07 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ), onde foi o dobro apresentado pela segunda maior média, cama de frango ( $4,15 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ), resultado semelhante foi encontrado por Falcão *et al.* (2010) em TPI coletada em dez sítios localizados no Estado do Amazonas com a média de  $7,07 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  na profundidade de 0 – 20 cm. Analisa-se efeito com a maior média no tratamento cama de frango + formulado NPK na profundidade de 0 – 20 cm ( $8,05 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ), apesar de não diferir nos tratamentos cama de frango ( $4,71 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ), biocarvão + cama de frango ( $3,99 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ), biocarvão + formulado NPK ( $3,91 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ), biocarvão + cama de frango + formulado NPK ( $3,61 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) e formulado NPK ( $2,65 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) na profundidade de 0 – 20 cm e na profundidade de 20 – 40 cm observa-se também a maior média no efeito do tratamento cama de frango + formulado NPK ( $10,10 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ). Esses resultados podem estar ligados com os altos teores de Ca encontrados no adubo cama de frango e com a própria origem da TM que apresentam por si só altos teores de Ca provenientes da adição de resíduos orgânicos e inorgânicos, principalmente ossos (Cook e Heizer, 1962; Kern, 2002) caracterizando como um dos principais indicadores na classificação de um solo antrópico (Sombroek *et al.*, 2002).

Nos locais de solos antrópicos, geralmente, os teores de Ca variam de  $0,9 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  no Sítio Cajutaba (Santarém, PA) a  $23,8 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  no sítio Caldeirão (Iranduba, AM) representando bons níveis de Ca no solo (Moreira, 2007). Os demais solos tropicais apresentam baixo conteúdo de Ca ( $0,2 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) naturalmente devido aos processos de intemperização, lixiviação e demais fatores (Moreira e Malavolta, 2002; Moreira e Fageria, 2008), ficando, não necessariamente, os teores de Ca na TM maiores aos encontrado em Latossolos e menores aos encontrados em TPI.

Para os teores de Mg não foi apresentada significância entre as médias para nenhum parâmetro avaliado. Em TPI os teores de Mg estão acima de  $2,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , situada acima à média encontrada nos Latossolos e Argissolos amazônicos ( $0,1 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ).

Em pesquisa Topoliantz *et al.* (2005) encontraram aumento na disponibilidade de Ca e Mg com o uso do biocarvão, fato não ocorrido neste experimento, já que os maiores teores destes nutrientes foram encontrados em tratamentos sem adição deste material.

O tratamento que apresentou significância com a maior média de K foi o biocarvão + cama de frango + formulado NPK ( $0,37 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) apesar de não diferir dos tratamentos biocarvão + cama de frango ( $0,34 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ), cama de frango ( $0,28 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) e cama de frango + formulado NPK ( $0,24 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ). Para as profundidades avaliadas foi observada diferença estatística com a maior média apresentada na profundidade de 0 – 20 cm ( $0,26 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) assemelhando com resultados de outros trabalhos desenvolvidos em solos antrópicos por outros autores (Kern e Kampaf, 1989; Lima, 2001; Falcão e Borges, 2006).

De forma geral, os teores de K apresentados neste experimento são considerados de ‘médio’ a ‘alto’ nos tratamentos que receberam adubação e ‘baixo’ nos tratamentos controle e biocarvão, demonstrando a influência dos adubos na disponibilidade de K. Segundo Cochrane *et al.* (1985) naturalmente nos solos antrópicos são encontrados baixos teores de K devido ao material de origem advir de uma fonte orgânica e pela predominância de argila (1:1), e nas condições tropicais com índice pluviométrico anual superior a 2.250 mm (Vieira e Santos, 1987), possivelmente, o K é facilmente lixiviado para as camadas mais profundas do solo.

A deficiência de K nos solos antrópicos e os altos teores de Ca e Mg, podem induzir a um desbalanço nutricional, afetando a sua absorção e, com isso, ocasionar um desequilíbrio dos nutrientes catiônicos essenciais ao crescimento das plantas (Malavolta, 2006).

No trabalho de Falcão e Borges (2006), comparando uma TPI não adubada e adubada com esterco de galinha curtido e calcário dolomítico com uma TM não adubada e outra adubada com esterco de galinha curtido e calcário dolomítico, foi constatada que a TPI não adubada apresentou menor produtividade com teores de K na folha e no solo abaixo de  $25 \text{ g kg}^{-1}$  e  $0,15 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , respectivamente, considerado adequado para a cultura do mamoeiro. Enfatizando o fato da escassez de K, Vieira (1988) descrevendo perfis de Latossolo Amarelo com A antrópico na profundidade de 0 - 20 cm em Manacapuru encontraram o teor médio de  $0,17 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  o que corrobora com este trabalho, já que os teores presentes naturalmente de K na TM são equiparentes a este trabalho. A adubação com fontes que havia K aumentou a fertilidade do solo e a disponibilidade deste elemento.

Oguntude *et al.* (2004) relataram um aumento significativo na disponibilidade de K com a utilização de biocarvão, porém neste experimento não ocorreu.

Nas médias de soma de bases, mesmo não havendo diferença significativa para nenhum parâmetro avaliado, o tratamento cama de frango + formulado NPK ( $12,79 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) obteve o dobro da média em comparação aos demais tratamentos. Os altos teores de Ca e Mg presentes na TM contribuem para o aumento da soma de bases, que geralmente é alto nestes solos antrópicos (Falcão *et al.*, 2010).

**Tabela 2.** Teores de Cálcio, Magnésio, Potássio e Soma de bases em profundidades no perfil de uma Terra Mulata submetido a adubações isoladas e em combinações após 24 meses de instalação do experimento.

Tratamentos	Ca			Mg			K			Soma de bases		
	Profundidade (cm)		Média	Profundidade (cm)		Média	Profundidade (cm)		Média	Profundidade (cm)		Média
	0 - 20	20 - 40		0 - 20	20 - 40		0 - 20	20 - 40		0 - 20	20 - 40	
	----- cmolc kg <sup>-1</sup> -----			----- cmolc kg <sup>-1</sup> -----			----- cmolc kg <sup>-1</sup> -----			----- cmolc kg <sup>-1</sup> -----		
Controle	2,04 <sup>bA</sup>	2,79 <sup>bA</sup>	<b>2,42 b</b>	1,90	3,51	<b>2,71</b>	0,13	0,11	<b>0,12 d</b>	4,07	6,41	<b>5,24</b>
BIO	2,09 <sup>bA</sup>	2,44 <sup>bA</sup>	<b>2,27 b</b>	2,45	2,92	<b>2,69</b>	0,12	0,13	<b>0,12 d</b>	4,66	5,49	<b>5,07</b>
CF	4,71 <sup>abA</sup>	3,59 <sup>bA</sup>	<b>4,15 b</b>	3,76	2,12	<b>2,94</b>	0,34	0,23	<b>0,28 abc</b>	8,81	5,95	<b>7,38</b>
NPK	2,65 <sup>abA</sup>	3,75 <sup>bA</sup>	<b>3,20 b</b>	2,98	2,99	<b>2,99</b>	0,24	0,17	<b>0,20 bcd</b>	5,87	6,91	<b>6,39</b>
BIO + CF	3,99 <sup>abA</sup>	3,53 <sup>bA</sup>	<b>3,76 b</b>	2,92	2,43	<b>2,68</b>	0,38	0,30	<b>0,34 ab</b>	7,28	6,26	<b>6,77</b>
BIO + NPK	3,91 <sup>abA</sup>	3,45 <sup>bA</sup>	<b>3,68 b</b>	3,95	2,50	<b>3,22</b>	0,19	0,14	<b>0,16 cd</b>	8,05	6,09	<b>7,07</b>
CF + NPK	8,05 <sup>aA</sup>	10,10 <sup>aA</sup>	<b>9,07 a</b>	3,45	3,53	<b>3,48</b>	0,24	0,25	<b>0,24 abcd</b>	11,7	13,87	<b>12,79</b>
BIO + CF +NPK	3,61 <sup>abA</sup>	2,08 <sup>bA</sup>	<b>2,85 b</b>	3,11	1,91	<b>2,51</b>	0,44	0,30	<b>0,37 a</b>	7,16	4,30	<b>5,73</b>
<b>Média</b>	<b>3,88</b>	<b>3,97</b>	<b>3,93</b>	<b>3,06</b>	<b>2,74</b>	<b>2,9</b>	<b>0,26 A</b>	<b>0,20 B</b>	<b>0,23</b>	<b>7,20</b>	<b>6,91</b>	<b>7,06</b>
	DMS1=6,29 DMS2=1,98			DMS3=2,03 DMS4=0,64			DMS5=0,14 DMS6=0,04			DMS7=7,87 DMS8=2,47		

As médias ausentes de letras, na coluna (DMS1, 3, 5, 7) e na linha (DMS2, 4, 6, 8), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. BIO: Biocarvão;

CF: Cama de frango; NPK: Formulado combinado com adubos comerciais sintéticos/minerais contendo nitrogênio, fósforo e potássio.

Analisando de forma geral as médias de CTC efetiva, CTC potencial, saturação por bases e saturação por alumínio não foi constatada diferença estatística para os tratamentos e profundidades de solo (Tabela 3).

Para a variável CTC efetiva não foi apresentada diferença estatística entre as médias dos tratamentos e nem para médias das profundidades do solo. O mesmo fato ocorre para a CTC potencial, saturação por bases e saturação por alumínio. Porém observa-se entre os tratamentos a maior média no tratamento cama de frango + formulado NPK (13,14  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ ) chegando a ser o dobro quando comparado a alguns tratamentos. A superioridade das médias deste tratamento pode ser observada na CTC potencial (16,32  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ ) e na saturação por bases (67,48%). Já na saturação por alumínio a menor média foi obtida no tratamento cama de frango (8,21%) seguido do tratamento cama de frango + formulado NPK (8,80%) encontrando o maior valor no tratamento biocarvão (18,87%) e no tratamento controle (18,53%).

Esses elevados valores de CTC efetiva e CTC potencial não são somente resultados do alto teor de material orgânico presente, mas também de uma maior densidade de cargas por unidade de carbono (Sombroek *et al.*, 1993; Liang *et al.*, 2006). Esta propriedade do CO é específica para solos com alto conteúdo de carvão pirogênico como os solos antrópicos fornecendo cargas para ligação dos elementos (Glaser *et al.*, 2001; Cunha *et al.*, 2007).

No trabalho desenvolvido por Falcão e Borges (2006) em condições de TPI e TM com diferentes adubações em Iranduba (AM), os resultados de CTC potencial e saturação por bases foram equiparentes aos apresentados neste trabalho. Falcão *et al.* (2001) citam que os solos antrópicos não apresentam problemas com saturação por alumínio, e em estudo com 100 amostras de solo de TPI o valor mais alto encontrado foi de 9% de saturação por alumínio situando os demais valores próximos de zero.

**Tabela 3.** Atributos químicos do solo  $CTC_{efetiva}$ ,  $CTC_{potencial}$ , Saturação por bases e Saturação por Alumínio em profundidades no perfil de uma Terra Mulata submetido a adubações isoladas e em combinações após 24 meses de instalação do experimento.

Tratamentos	CTCefetiva		Média	CTCpotencial		Média	Saturação por bases		Média	Saturação por Alumínio		Média
	Profundidade (cm)			Profundidade (cm)			Profundidade (cm)			Profundidade (cm)		
	0 - 20	20 - 40	0 - 20	20 - 40	0 - 20	20 - 40	0 - 20	20 - 40				
	----- cmolc kg <sup>-1</sup> -----			----- cmolc kg <sup>-1</sup> -----			----- % -----			----- % -----		
Controle	5,07	6,93	<b>6,00</b>	8,94	10,49	<b>9,72</b>	42,17	58,06	<b>50,18</b>	26,54	10,51	<b>18,53</b>
BIO	5,60	6,35	<b>5,98</b>	10,29	10,73	<b>10,51</b>	43,36	47,90	<b>45,63</b>	20,12	17,63	<b>18,87</b>
CF	9,01	6,34	<b>7,67</b>	13,11	9,78	<b>11,45</b>	66,36	54,80	<b>60,58</b>	2,70	13,72	<b>8,21</b>
NPK	6,59	7,49	<b>7,04</b>	10,88	11,57	<b>11,23</b>	52,41	54,64	<b>53,53</b>	12,97	14,39	<b>13,68</b>
BIO + CF	7,79	6,64	<b>7,22</b>	12,23	10,34	<b>11,28</b>	55,09	54,74	<b>54,91</b>	11,01	12,67	<b>11,84</b>
BIO + NPK	8,59	6,97	<b>7,78</b>	13,12	11,44	<b>12,28</b>	50,15	45,88	<b>52,51</b>	8,01	22,28	<b>15,14</b>
CF + NPK	12,18	14,09	<b>13,14</b>	15,41	17,22	<b>16,32</b>	63,80	71,15	<b>67,48</b>	11,99	5,61	<b>8,80</b>
BIO + CF+NPK	7,72	5,20	<b>6,46</b>	12,66	9,04	<b>10,85</b>	56,35	44,35	<b>50,35</b>	7,55	22,54	<b>15,04</b>
<b>Média</b>	<b>7,82</b>	<b>7,50</b>	<b>7,66</b>	<b>12,08</b>	<b>11,33</b>	<b>11,71</b>	<b>54,84</b>	<b>53,94</b>	<b>54,39</b>	<b>12,61</b>	<b>14,92</b>	<b>13,76</b>
	DMS1=7,43 DMS2=2,33			DMS3=6,99 DMS4=2,20			DMS5=24,86 DMS6=7,81			DMS7=19,88 DMS8=6,24		

As médias ausentes de letras, na coluna (DMS1, 3, 5, 7) e na linha (DMS2, 4, 6, 8), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. BIO: Biocarvão; CF: Cama de frango; NPK: Formulado combinado com adubos comerciais sintéticos/minerais contendo nitrogênio, fósforo e potássio.

Os teores de CO e N apresentados na tabela 4, não obtiveram significância nos tratamentos com adubos e nas profundidades de solo avaliadas. E para as médias dos teores de P não houve diferença estatística entre as profundidades, havendo somente diferença entre as médias geral dos tratamentos (Tabela 4).

Observando as médias dos teores de CO descrito, mesmo não havendo diferença estatística, o CO está na camada mais superficial do solo 0 – 20 cm ( $9,12 \text{ g kg}^{-1}$ ) e em tratamentos como biocarvão ( $9,74 \text{ g kg}^{-1}$ ) e cama de frango ( $9,58 \text{ g kg}^{-1}$ ), apesar do tratamento formulado NPK ( $9,50 \text{ g kg}^{-1}$ ) e controle ( $8,70 \text{ g kg}^{-1}$ ) apresentarem índices parecidos de CO, considerados para todos ‘baixo’, segundo Sanches *et al.* (1999). Em uma estatística descritiva da camada superficial de uma TPI, Kampf *et al.* (2010) encontraram teores médios de  $23,7 \text{ g kg}^{-1}$  nestes solos, muito alto quando comparado à deste experimento. McCann *et al.* (2001) citam que os teores de CO presentes na TM sejam similares aos encontrados na TPI e altos quando comparado aos solos adjacentes, sendo estes teores uma característica própria dos solos antrópicos, relacionados com a origem do solo pelos descartes orgânicos e queima, gerando o carvão pirogênico responsável pelos altos níveis de CO nestes solos, assim como Pabst (1991) que descreve os teores de CO altos atuando como um índice parâmetro separador de classes de solos amazônicos, que está ligado aos teores de matéria orgânica responsáveis pela estabilidade estrutura, fertilidade do solo entre outros benefícios, porém fato não constatado na TM trabalhada deste experimento que apresentou baixos teores de CO.

Nas análises das médias de N, mesmo não havendo diferença estatística, observa-se o maior teor presente na camada de 0 – 20 cm ( $1,62 \text{ g kg}^{-1}$ ), provavelmente pela maior presença de materiais orgânicos em superfície e a maior ação microbiológica, e o tratamento biocarvão apresentou a maior média ( $1,78 \text{ g kg}^{-1}$ ) entre os tratamentos. Esses resultados não corroboram com os apresentados por Lehmann *et al.* (2002) quando afirmam que a adição de biocarvão em Latossolo Amarelo distrófico reduz os teores de N. Lehmann *et al.* (2003) afirmam que as concentrações de N nas TPI e TM são, em geral, muito mais altas que nos solos adjacentes, portanto não podendo ser generalizado, pois nem sempre resultam em N prontamente disponível para as plantas.

A relação C/N (Tabela 4) apresenta-se baixa para todos os tratamentos devido à baixa quantidade de CO e alta de N presente no solo que equilibram ambos diminuindo o balanço destes elementos, principalmente quando no solo apresenta condições de boa aeração, o material sofre rápida decomposição química e biológica (Cornwall, 1960) liberando o CO e o N contido em sua composição. Topoliantz *et al.* (2002) observaram um estreitamento da relação C/N com a aplicação de biocarvão, favorecendo a disponibilidade de N no solo.

O teor de P avaliado no experimento diferiu estatisticamente entre os tratamentos e obteve a maior média no tratamento cama de frango + formulado NPK ( $3242,06 \text{ mg kg}^{-1}$ ) apesar de não diferir estatisticamente dos tratamentos biocarvão + formulado NPK ( $1499,48 \text{ mg kg}^{-1}$ ), biocarvão + cama de frango + formulado NPK ( $1432,06 \text{ mg kg}^{-1}$ ), biocarvão + cama de frango ( $1358,57 \text{ mg kg}^{-1}$ ) e cama de frango ( $1085,35 \text{ mg kg}^{-1}$ ), sendo considerado ‘muito alto’ (Cochrane *et al.*, 1985) até mesmo o teor presente no tratamento controle, uma das características mais marcantes dos solos antrópicos. Sombroek (1966) estudando perfis de TPI na região de Belterra, Pará, encontrou elevados teores de P, tanto na camada superficial quanto na camada subsuperficial, sendo o menor valor de  $100 \text{ mg kg}^{-1}$ . Quando comparado aos valores encontrados por Smith (1980) nas amostras de TPI da região de Itapiranga no Amazonas ( $610 \text{ mg kg}^{-1}$ ) e de Lima (2001) em TPI coletada no município de Iranduba com teores médios de  $1000 \text{ mg kg}^{-1}$ , os resultados deste experimento são equiparentes com estas pesquisas, mesmo sendo uma TM os níveis de P são altos. Lehmann *et al.* (2002) adicionando biocarvão ao solo observa o aumento de P em um Latossolo Amarelo distrófico, o mesmo não foi constatado neste experimento, já que não foi observada essa relação pelas médias.

Lima *et al.* (2010) em estudo de uma TPI no município de Iranduba (AM) observou o teor muito elevado de P ( $3900 \text{ mg kg}^{-1}$ ) neste solo quando comparado a um Latossolo Amarelo distrófico típico ( $1 \text{ mg kg}^{-1}$ ), considerando a característica química mais marcante na diferenciação entre estes solos e os solos adjacentes, que tem sido observado por outros autores (Sombroek, 1966; Smith, 1980; Kern e Kampf, 1989). Esses autores atribuem a origem dos teores de P ao material orgânico adicionado por ocupação humana antepassada, uma vez que urina, plantas, tecidos animais e, principalmente, ossos, carapaças de quelônios, espinhas de peixes que contêm grandes quantidades deste elemento (Woods, 1977) e este nutriente permanece no solo por causa da sua baixa mobilidade e ligado a outros elementos, destacando quantidades consideráveis disponíveis no solo.

**Tabela 4.** Teores de Carbono Orgânico, Nitrogênio Total, Relação C/N e Fósforo em profundidades no perfil de uma Terra Mulata submetido a adubações isoladas e em combinações após 24 meses de instalação do experimento.

Tratamentos	C			N			C/N	P		
	Profundidade (cm)		Média	Profundidade (cm)		Média		Profundidade (cm)		Média
	0 - 20	20 - 40		0 - 20	20 - 40			0 - 20	20 - 40	
	----- g kg <sup>-1</sup> -----			----- g kg <sup>-1</sup> -----				----- mg kg <sup>-1</sup> -----		
Controle	8,46	8,94	<b>8,70</b>	1,49	1,47	<b>1,48</b>	<b>6:1</b>	45,18	34,42	<b>39,79 b</b>
BIO	10,53	8,94	<b>9,74</b>	1,64	1,91	<b>1,78</b>	<b>6:1</b>	636,79	17,21	<b>327,00 b</b>
CF	11,49	7,66	<b>9,58</b>	1,72	1,25	<b>1,48</b>	<b>6:1</b>	1095,03	1075,67	<b>1085,35 ab</b>
NPK	9,41	9,58	<b>9,50</b>	1,62	1,25	<b>1,44</b>	<b>7:1</b>	875,59	705,64	<b>790,62 b</b>
BIO + CF	10,05	8,94	<b>9,50</b>	1,37	1,31	<b>1,34</b>	<b>7:1</b>	1467,21	1249,93	<b>1358,57 ab</b>
BIO + NPK	7,34	7,18	<b>7,26</b>	1,72	1,57	<b>1,64</b>	<b>4:1</b>	1929,75	1069,21	<b>1499,48 ab</b>
CF + NPK	7,66	6,55	<b>7,10</b>	1,69	1,50	<b>1,60</b>	<b>5:1</b>	2437,46	4046,66	<b>3242,06 a</b>
BIO+ CF +NPK	7,98	5,27	<b>6,63</b>	1,71	1,18	<b>1,44</b>	<b>5:1</b>	1953,41	912,17	<b>1432,06 ab</b>
<b>Média</b>	<b>9,12</b>	<b>7,88</b>	<b>8,5</b>	<b>1,62</b>	<b>1,43</b>	<b>1,53</b>	<b>6:1</b>	<b>1305,05</b>	<b>1138,86</b>	<b>1221,96</b>
	DMS1=4,53	DMS2=1,42		DMS3=0,60	DMS4=0,19			DMS5=2373,83	DMS6=745,69	

As médias ausentes de letras, na coluna (DMS1, 3, 5, 7) e na linha (DMS2, 4, 6, 8), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. BIO: Biocarvão; CF: Cama de frango; NPK: Formulado combinado com adubos comerciais sintéticos/minerais contendo nitrogênio, fósforo e potássio.

Os teores de Fe apresentados na tabela 5 não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos e em profundidades do solo. Na mesma tabela, as médias dos teores de Zn diferiram estatisticamente entre os tratamentos, não diferindo entre as profundidades do solo.

Analisando os teores de Fe, apesar de não haver diferença significativa, foram extremamente 'alto' (Cochrane *et al.*, 1985), onde o tratamento formulado NPK obteve a maior média (149,00 mg kg<sup>-1</sup>) e a profundidade de 20 - 40 cm (127,29 mg kg<sup>-1</sup>) a mesma ocorrência. Segundo Falcão *et al.* (2010), os teores de Fe presente nos solos antrópicos são baixos, diferentemente dos outros solos da região Latossolos e Argissolos, e Cunha *et al.* (2007) atribuem as baixas quantidades de Fe disponível nos solos antrópicos pelos altos teores de CO que atua como complexante com este elemento, fato ocorrido também com a interação negativa entre o P e o Fe diminuindo assim os seus valores, contudo o presente trabalho não corroborou com os resultados destes autores.

Falcão e Borges (2006) em estudo dos solos antrópicos com variações de adubações, obtiveram no seu experimento a maior média dos teores de Fe de 57,72 mg kg<sup>-1</sup> em TM.

Para os teores de Zn a diferença estatística foi apontada no tratamento cama de frango + formulado NPK (89,08 mg kg<sup>-1</sup>), apesar de não diferir do tratamento biocarvão + cama de frango (41,25 mg kg<sup>-1</sup>) e cama de frango (28,08 mg kg<sup>-1</sup>). Todos os valores dos tratamentos estão muito acima do considerado satisfatório por Cochrane *et al.* (1985) 1,5 mg kg<sup>-1</sup>. O Zn é geralmente encontrado em pequenas concentrações no solo, mas em solos antrópicos os seus níveis são consideráveis (Falcão *et al.*, 2010; Woods, 2010). Segundo Sombroek *et al.* (2002), o teor de Zn superior a 50 mg kg<sup>-1</sup> pode ser um pré-requisito para diagnóstico de classificação de um solo antrópico. Lima (2001) encontrou nos solos antrópicos os teores médios de 21,82 mg kg<sup>-1</sup> enquanto em um Latossolo amazônico o teor médio de 0,36 mg kg<sup>-1</sup> de Zn. Kern e Kampf (1989) encontraram altas concentrações de Zn em sítios localizados no município de Oriximiná (PA), Amazônia Oriental.

Lehmann *et al.* (2003), em estudo sobre a disponibilidade e lixiviação de nutrientes em amostras de solos antrópicos, verificaram que o aumento do conteúdo de C na forma de biocarvão acarretou em incremento na disponibilidade de Zn disponível no solo.

**Tabela 5.** Teores de Ferro e Zinco no solo em profundidades no perfil de uma Terra Mulata submetido a adubações isoladas e em combinações após 24 meses de instalação do experimento.

Tratamentos	Fe			Zn		
	Profundidade (cm)		Média	Profundidade (cm)		Média
	0 - 20	20 - 40		0 - 20	20 - 40	
	----- mg kg <sup>-1</sup> -----			----- mg kg <sup>-1</sup> -----		
Controle	114,67	136,00	<b>125,33</b>	4,17 <sup>aA</sup>	3,67 <sup>bA</sup>	<b>3,92 b</b>
BIO	116,33	134,33	<b>125,33</b>	15,00 <sup>aA</sup>	6,83 <sup>bA</sup>	<b>10,92 b</b>
CF	119,33	95,33	<b>107,33</b>	28,00 <sup>aA</sup>	28,17 <sup>abA</sup>	<b>28,08 ab</b>
NPK	140,00	158,00	<b>149,00</b>	17,17 <sup>aA</sup>	16,50 <sup>abA</sup>	<b>16,83 b</b>
BIO + CF	118,33	112,67	<b>115,50</b>	30,67 <sup>aA</sup>	51,83 <sup>abA</sup>	<b>41,25 ab</b>
BIO + NPK	120,33	133,33	<b>126,83</b>	27,67 <sup>aA</sup>	25,17 <sup>abA</sup>	<b>26,42 b</b>
CF + NPK	101,67	118,67	<b>110,17</b>	78,17 <sup>aA</sup>	100,00 <sup>aA</sup>	<b>89,08 a</b>
BIO +CF +NPK	137,00	130,00	<b>135,50</b>	32,83 <sup>aA</sup>	19,17 <sup>abA</sup>	<b>26,00 b</b>
<b>Média</b>	<b>120,96</b>	<b>127,29</b>	<b>124,13</b>	<b>29,21</b>	<b>31,42</b>	<b>30,32</b>
	DMS1=47,22 DMS2=14,83			DMS3=62,42 DMS4=19,61		

As médias ausentes de letras, na coluna (DMS1, 3, 5, 7) e na linha (DMS2, 4, 6, 8), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. BIO: Biocarvão; CF: Cama de frango; NPK: Formulado combinado com adubos comerciais sintéticos/minerais contendo nitrogênio, fósforo e potássio

## 5.2. Teores foliares da Laranjeira

Com relação aos teores de N nas folhas de laranjeira não se verificou, tanto na primeira amostragem (18 meses após a instalação do experimento) quanto na segunda amostragem (24 meses após a instalação do experimento) diferença significativa entre os tratamentos, o mesmo fato ocorrem para os teores de P, porém os teores de K foliar em análise apresentaram significância na primeira e segunda amostragem (Tabela 6).

**Tabela 6.** Teores de Nitrogênio, Fósforo e Potássio em folhas de laranjeira ‘Pêra-Rio’ em Terra Mulata submetido a adubações isoladas e em combinações coletadas aos 18 e 24 meses após a instalação do experimento.

Tratamentos	Atributos químicos das folhas		
	Nitrogênio	Fósforo	Potássio
	-----g kg <sup>-1</sup> -----		
Controle <sup>1</sup>	23,87	1,93	12,78 c
BIO <sup>1</sup>	25,46	1,64	18,76 b
CF <sup>1</sup>	26,30	1,64	22,69 ab
NPK <sup>1</sup>	24,92	1,89	22,38 ab
BIO + CF <sup>1</sup>	25,08	2,04	26,13 a
BIO + NPK <sup>1</sup>	23,71	1,82	21,77 ab
CF + NPK <sup>1</sup>	23,38	1,88	23,65 ab
BIO + CF +NPK <sup>1</sup>	26,44	1,92	25,28 a
<b>Média</b>	<b>24,89</b>	<b>1,84</b>	<b>21,68</b>
	DMS1=6,37	DMS2=0,77	DMS3=5,19
Controle <sup>2</sup>	27,19	1,37	9,10 d
BIO <sup>2</sup>	23,07	1,29	11,39 cd
CF <sup>2</sup>	25,18	1,21	20,40 a
NPK <sup>2</sup>	27,57	1,33	16,83 abc
BIO + CF <sup>2</sup>	26,23	1,33	20,66 a
BIO + NPK <sup>2</sup>	26,33	1,38	14,28 bcd
CF + NPK <sup>2</sup>	27,12	1,35	18,11 ab
BIO + CF +NPK <sup>2</sup>	25,59	1,46	19,64 ab
<b>Média</b>	<b>26,03</b>	<b>1,34</b>	<b>16,30</b>
	DMS1=6,80	DMS2=0,34	DMS3=5,62
<b>Faixa de teor adequado*</b>	24-26	1,2-1,7	10-14

As médias ausentes de letras, na coluna (DMS), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. BIO: Biocarvão; CF: Cama de frango; NPK: Formulado combinado com adubos comerciais sintéticos/minerais contendo nitrogênio, fósforo e potássio. <sup>1</sup>Amostras coletadas em 18 meses após a instalação do experimento. <sup>2</sup>Amostras coletadas em 24 meses após a instalação do experimento. \*Teores de nutrientes foliares considerados ideais para a cultura da laranjeira (Malavolta et al., 1994).

Os teores médios de N encontrados nas folhas de laranjeiras apresentaram-se semelhantes em todos os tratamentos no mesmo período avaliado, mas na primeira avaliação os resultados encontrados no tratamento controle (23,87 g kg<sup>-1</sup>), biocarvão + formulado NPK (23,71 g kg<sup>-1</sup>) e cama de frango + formulado NPK (23,38 g kg<sup>-1</sup>) ficaram abaixo da faixa de teores adequados (24-26 g kg<sup>-1</sup>) conforme por Malavolta *et al.* (1994) e na segunda avaliação somente o tratamento biocarvão (23,07 g kg<sup>-1</sup>) ficou abaixo.

Bernardi *et al.* (2000) observam em condição de vasos e adubação com substratos o incremento de N nas folhas de laranjeira ‘Valência’ a partir do momento que houve a aplicação de adubo mineral/sintético em diferentes doses, ressaltando a importância da utilização de fertilizantes para o suprimento adequado da parte aérea, onde refletirá na produção de frutos.

Mattos Júnior *et al.* (2004) em um experimento que avaliava doses e concentração de N em folhas, correlacionam a maior produção de frutos do tangor ‘Murcott’ à dose de N de 155 kg ha<sup>-1</sup>, que aproximadamente contém 29 g kg<sup>-1</sup> de N foliar, dados equiparentes foram encontrados no presente trabalho.

Para os teores médios de P nas amostragens feitas aos 18 e 24 meses, verificam-se em todos os tratamentos teores acima ou na faixa adequada do recomendado por Malavolta *et al.* (1994) 1,2 - 1,7 g kg<sup>-1</sup> e com maiores médias, de maneira geral, nos tratamentos da primeira amostragem, havendo redução do teor de P foliar para a segunda amostragem, descrição também encontrada no trabalho de Gallo *et al.* (1960), onde os teores de P decresceram de acordo com o período que foram feitas coletas. No mesmo trabalho destes autores, a concentração de P em folhas de limoeiro ‘Cravo’ submetido à adubação com diferentes doses de fertilizantes alcançou teor máximo de 5,3 g kg<sup>-1</sup>, muito acima do considerado adequado, o mesmo ocorrem na pesquisa realizada por Bernardi *et al.* (2000), em que a concentração de P nas folhas de porta-enxerto de citros aumentou com o suprimento de P e atingiu um máximo acima da faixa considerada adequada. No entanto, para o presente trabalho não foram encontradas respostas que corroboram com estes trabalhos, já que a adição de fontes contendo P como adubo não refletiu em maior concentração do nutriente nas folhas de laranjeira, devido fertilidade natural alta da TM, possuindo bons níveis de P no solo.

Já para os teores médios de K houve diferença significativa na primeira e segunda amostragem entre os tratamentos, onde é possível observar aos 18 meses as maiores médias nos tratamentos biocarvão + cama de frango (26,13 g kg<sup>-1</sup>) e biocarvão + cama de frango + formulado NPK (25,28 g kg<sup>-1</sup>), apesar de não diferir estatisticamente dos tratamentos cama de frango + formulado NPK (23,65 g kg<sup>-1</sup>), cama de frango (22,69 g kg<sup>-1</sup>), formulado NPK

(22,38 g kg<sup>-1</sup>) e biocarvão + formulado NPK (21,77 g kg<sup>-1</sup>), sendo o menor resultado encontrado no tratamento controle (12,78 g kg<sup>-1</sup>). Nas médias da amostragem feita aos 24 meses, os tratamentos biocarvão + cama de frango (20,66 g kg<sup>-1</sup>) e cama de frango (20,40 g kg<sup>-1</sup>) apresentaram os maiores resultados, apesar de não diferir estatisticamente dos tratamentos biocarvão + cama de frango + formulado NPK (19,64 g kg<sup>-1</sup>), cama de frango + formulado NPK (18,11 g kg<sup>-1</sup>) e formulado NPK (16,83 g kg<sup>-1</sup>).

As médias dos teores, de forma geral, ficaram acima do considerado adequado (10 - 14 g kg<sup>-1</sup>) para as folhas da laranjeira, exceto no tratamento controle da segunda amostragem (9,10 g kg<sup>-1</sup>). Nota-se também o decréscimo da média dos tratamentos dos teores de K nas folhas entre a primeira amostragem (21,68 g kg<sup>-1</sup>) para a segunda amostragem (16,30 g kg<sup>-1</sup>).

Bernardi *et al.* (2000) observaram em adubações com K, os teores de 14,09 a 24,78 g kg<sup>-1</sup> nas folhas do porta-enxerto limão ‘Cravo’ da menor para a maior dose (0,42 para 4,67 g por planta) e Mattos Júnior *et al.* (2004) encontraram no teor foliar de tangor ‘Murcott’ 14 g kg<sup>-1</sup> de K com aplicação de 270 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, concentrações semelhantes ao encontradas neste experimento. Os teores foliares de nutrientes podem divergir em função de fatores como fertilidade e disponibilidade no solo, variedade, combinação copa/porta-enxerto, idade e interação entre nutrientes (Smith, 1966).

Mattos Júnior *et al.* (2003) avaliando os teores de nutrientes da biomassa de laranjeiras em um experimento implantado em solo arenoso com baixo teor de matéria orgânica e baixa capacidade de retenção de água com plantas de 6 anos de idade, encontraram nível de K nas folhas de laranjeira ‘Hamlin’ de 28,50 g kg<sup>-1</sup>, muito acima do considerado adequado por Malavolta *et al.* (1994).

No trabalho de Prado *et al.* (2009), a adubação com N, P e K proporcionou acúmulo destes nutrientes na parte aérea das mudas de citros comparado ao tratamento controle sem adubação, demonstrando que a nutrição adequada da planta está totalmente ligada a capacidade do solo em fornecer nutrientes para as plantas.

Quando estudados os teores de Ca nas folhas de laranja ‘Pêra-Rio’ deste experimento, observou-se que na primeira amostragem (18 meses após a instalação do experimento) não houve diferença estatística entre os tratamentos, sendo na segunda amostragem (24 meses após a instalação do experimento) constatada significância entre as médias. Para o nutriente Mg, detectou-se para ambas as amostragens realizadas, diferença estatística nas médias entre os tratamentos, o mesmo fato não ocorre para os teores de Fe e Zn (Tabela 7).

**Tabela 7.** Teores de Cálcio, Magnésio, Ferro e Zinco em folhas de laranjeira ‘Pêra-Rio’ em Terra Mulata submetido a adubações isoladas e em combinações coletadas em 18 e 24 meses após a instalação do experimento.

Tratamentos	Atributos químicos das folhas			
	Cálcio	Magnésio	Ferro	Zinco
	-----g kg <sup>-1</sup> -----		-----mg kg <sup>-1</sup> -----	
Controle <sup>1</sup>	22,09	5,25 a	188,27	12,63
BIO <sup>1</sup>	16,48	4,33 ab	160,62	10,73
CF <sup>1</sup>	16,76	3,39 bc	118,91	7,33
NPK <sup>1</sup>	17,18	3,37 bc	159,74	7,31
BIO + CF <sup>1</sup>	14,96	3,40 bc	192,34	9,02
BIO + NPK <sup>1</sup>	18,99	3,32 bc	177,69	10,07
CF + NPK <sup>1</sup>	20,31	2,90 bc	183,89	10,67
BIO + CF +NPK <sup>1</sup>	19,06	2,47 c	212,87	12,25
<b>Média</b>	<b>18,23</b>	<b>3,55</b>	<b>174,29</b>	<b>10,00</b>
	DMS1=8,76	DMS2=1,67	DMS3=107,71	DMS4=8,69
Controle <sup>2</sup>	33,68 a	3,57 a	208,33	13,67
BIO <sup>2</sup>	31,81 a	3,45 a	186,00	12,67
CF <sup>2</sup>	15,56 b	1,73 b	153,00	3,67
NPK <sup>2</sup>	22,11 ab	2,49 ab	198,67	6,33
BIO + CF <sup>2</sup>	19,16 ab	2,19 ab	210,33	8,33
BIO + NPK <sup>2</sup>	22,56 ab	2,71 ab	188,67	8,33
CF + NPK <sup>2</sup>	19,21 ab	1,68 b	185,00	7,00
BIO + CF +NPK <sup>2</sup>	14,33 b	1,35 b	116,33	6,67
<b>Média</b>	<b>17,09</b>	<b>2,40</b>	<b>180,72</b>	<b>8,29</b>
	DMS1=15,25	DMS2=1,54	DMS3=133,06	DMS4=12,80
<b>Faixa de teor adequado*</b>	35-40	2,5-3,0	130-300	25-49

As médias ausentes de letras, na coluna (DMS), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. BIO: Biocarvão; CF: Cama de frango; NPK: Formulado combinado com adubos comerciais sintéticos/minerais contendo nitrogênio, fósforo e potássio. <sup>1</sup>Amostras coletadas em 18 meses após a instalação do experimento. <sup>2</sup>Amostras coletadas em 24 meses após a instalação do experimento. \*Teores de nutrientes foliares considerados ideais para a cultura da laranjeira (Malavolta et al., 1994).

Pelas médias de Ca encontrados nas folhas aos 18 meses, apesar de não haver diferença significativa, detecta-se no tratamento controle a maior média (22,09 g kg<sup>-1</sup>), não havendo uma explicação clara para tal fato. O mesmo ocorre aos 24 meses, onde o tratamento controle apresenta a maior média (33,68 g kg<sup>-1</sup>) juntamente com o tratamento biocarvão (31,81 g kg<sup>-1</sup>), apesar de não diferir estatisticamente dos tratamentos formulado NPK (22,11 g kg<sup>-1</sup>), biocarvão + cama de frango (19,16 g kg<sup>-1</sup>), biocarvão + formulado NPK (22,56 g kg<sup>-1</sup>) e

cama de frango + formulado NPK (19,21 g kg<sup>-1</sup>). Por estas médias, pode-se relacionar a aplicação de fertilizantes deste experimento com a queda de Ca nas folhas da laranjeira, e destacando que nenhum dos tratamentos atingiu o teor adequado de concentração do nutriente (35-40 g kg<sup>-1</sup>). Comportamento semelhante pode ser percebido nas médias dos teores de Mg, registrando na avaliação aos 18 meses, a maior média no tratamento controle (5,25 g kg<sup>-1</sup>), apesar de não diferir estatisticamente do tratamento biocarvão (4,33 g kg<sup>-1</sup>). Na avaliação feita aos 24 meses, mantém-se a mesma semelhança entre os dados, onde é observada a maior média para o tratamento controle (3,57 g kg<sup>-1</sup>) e para o tratamento biocarvão (3,45 g kg<sup>-1</sup>), apesar de não diferir estatisticamente do biocarvão + formulado NPK (2,71 g kg<sup>-1</sup>), formulado NPK (2,49 g kg<sup>-1</sup>) e biocarvão + cama de frango (2,19 g kg<sup>-1</sup>). Em ambas as avaliações as médias situaram-se acima dos teores adequados recomendados por Malavolta *et al.* (1994) (2,0-3,5 g kg<sup>-1</sup>), exceto na segunda amostragem nos tratamentos biocarvão + cama de frango + formulado NPK (1,35 g kg<sup>-1</sup>), cama de frango + formulado NPK (1,68 g kg<sup>-1</sup>) e cama de frango (1,73 g kg<sup>-1</sup>).

Fidalski e Auler (2008) encontraram teores máximos de Ca nas folhas de laranjeira 'Pêra' de 35 - 38 g kg<sup>-1</sup> e teores inferiores a 3 g kg<sup>-1</sup> de Mg em experimento implantado em um Argissolo Vermelho distrófico com diferentes adubações.

No trabalho de Ruschel *et al.* (2004), os teores de Ca e Mg nas folhas de limoeiro 'Cravo' ficaram na faixa 'baixa' com aplicação de diferentes corretivos e fertilizantes conduzidas em viveiro sob substrato de fertilidade média. Gallo *et al.* (1960) descrevem os teores de Mg nas folhas de laranjeira 'Baianinha' decrescente entre períodos de avaliação, aumentando somente nos últimos meses antes da produção da cultura. Já Carvalho *et al.* (2000) encontraram valores médios para Ca e Mg em limão 'Cravo' de 1,13 e 0,25 g kg<sup>-1</sup> respectivamente, em um experimento adubado com diferentes doses e frequências de aplicação de nitrato de K.

O teor médio de Ca nas folhas de laranjeira 'Pêra' (35,90 g kg<sup>-1</sup>) registrado no trabalho de Santana *et al.* (2007) foi o maior que os demais macronutrientes, o que se situa no padrão normal em plantas cítricas segundo Rodriguez (1980) e Mattos Júnior *et al.*, (2001) por serem plantas que possuem altas concentrações de Ca em sua biomassa. No entanto, os teores de Ca foliar do presente experimento ficaram abaixo do teor adequado e com médias gerais menores que os nutrientes N e K, não corroborando desta forma com o trabalho citado.

Mattos Júnior *et al.* (2001) relatam que os teores obtidos com a análises foliar não dependem unicamente da disponibilidade do nutriente no solo, pois estão sujeitos a influências de vários outros fatores, inclusive interações entre outros nutrientes, que sobrepõe

as concentrações de outros nutrientes que se encontrariam normalmente em menor teor.

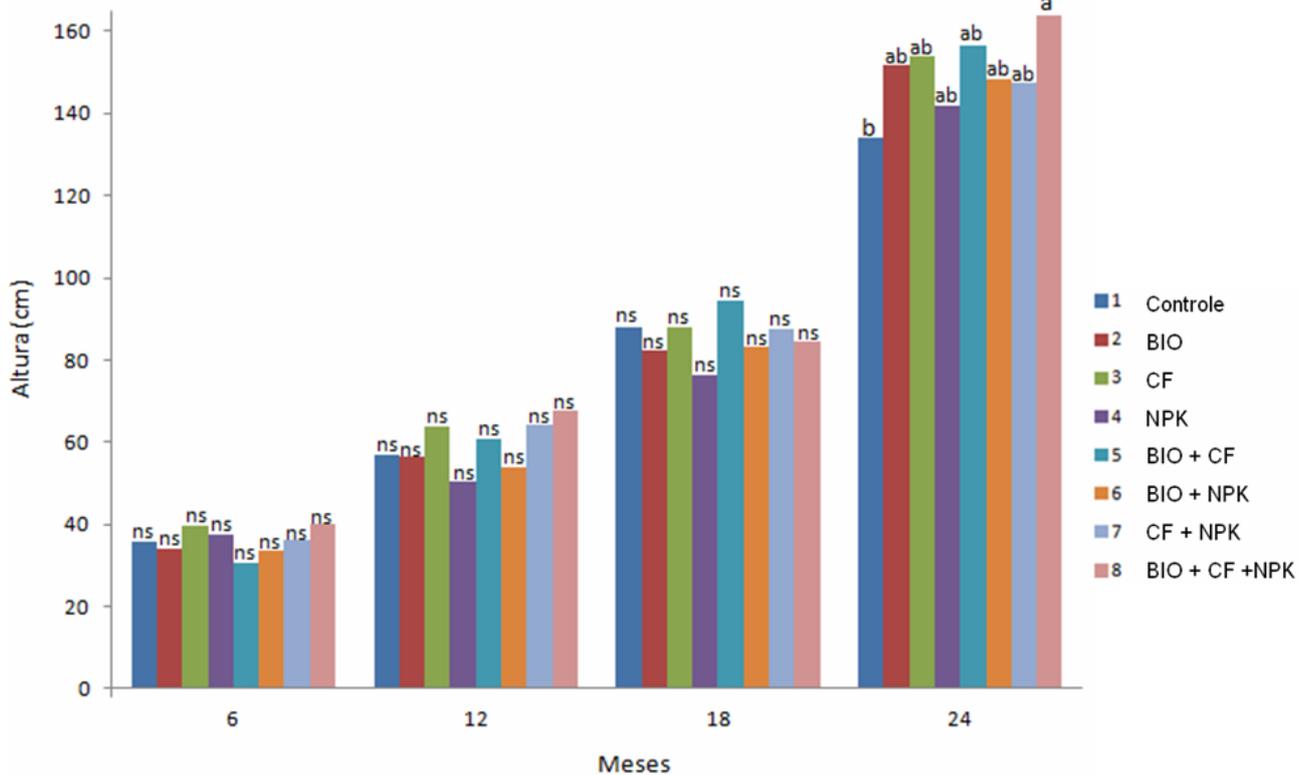
Nos teores de Fe foliar da laranjeira não ocorreu significância na primeira amostragem, destacando a maior média no tratamento biocarvão + cama de frango + formulado NPK (212,87 mg kg<sup>-1</sup>), porém na segunda amostragem o mesmo tratamento apresenta menor média no teor de Fe (116,33 mg kg<sup>-1</sup>) e a maior média é alcançada no tratamento biocarvão + cama de frango (210,33 mg kg<sup>-1</sup>). Somente o tratamento cama de frango (118,91 mg kg<sup>-1</sup>) na primeira amostragem e o tratamento biocarvão + cama de frango + formulado NPK (116,33 mg kg<sup>-1</sup>) na segunda amostragem acusaram concentrações abaixo do teor adequado recomendado por Malavolta *et al.* (1994) (130-300 mg kg<sup>-1</sup>). Para os teores de Zn foliar não é apresentada diferença significativa em nenhuma das amostragens. A faixa de teor adequado recomendado por Malavolta *et al.* (1994) (25-49 mg kg<sup>-1</sup>) para os teores de zinco não foi alcançada por nenhuma média dos tratamentos apresentados.

Os teores foliares de Zn na pesquisa realizada por Mattos Júnior *et al.* (2001), encontraram a média de 25,69 mg kg<sup>-1</sup> sendo considerada baixa por este autor, citando como o nutriente mais limitante à produção de laranjeira ‘Pêra’, sendo comum esta deficiência nos solos brasileiros e no cultivo de laranjas. Estes autores ainda relatam tal descrição como os parâmetros de interpretação não regionalizados e não conseguirem diagnósticos corretos nas interpretações de solos e folhas, além da possível interação que ocorre com este nutriente. Ainda, neste experimento, verifica-se os altos teores de Fe (368,02 mg kg<sup>-1</sup>), resultado das altas concentrações deste nutriente nos solos tropicais.

Duenhas *et al.* (2005), em seu experimento com utilização de diferentes formas de aplicação de fertilizantes em laranjeira ‘Valência’, obtiveram média foliar para o micronutriente Zn de 30,1 mg kg<sup>-1</sup>, concentração muito acima do encontrado no atual experimento.

### **5.3. Efeito dos tratamentos nos dados biométricos da laranjeira**

O crescimento (altura) da laranjeira em relação aos tratamentos não apresentou significância nas três primeiras medições, havendo somente a partir dos 24 meses após a implantação da cultura (Figura 3).

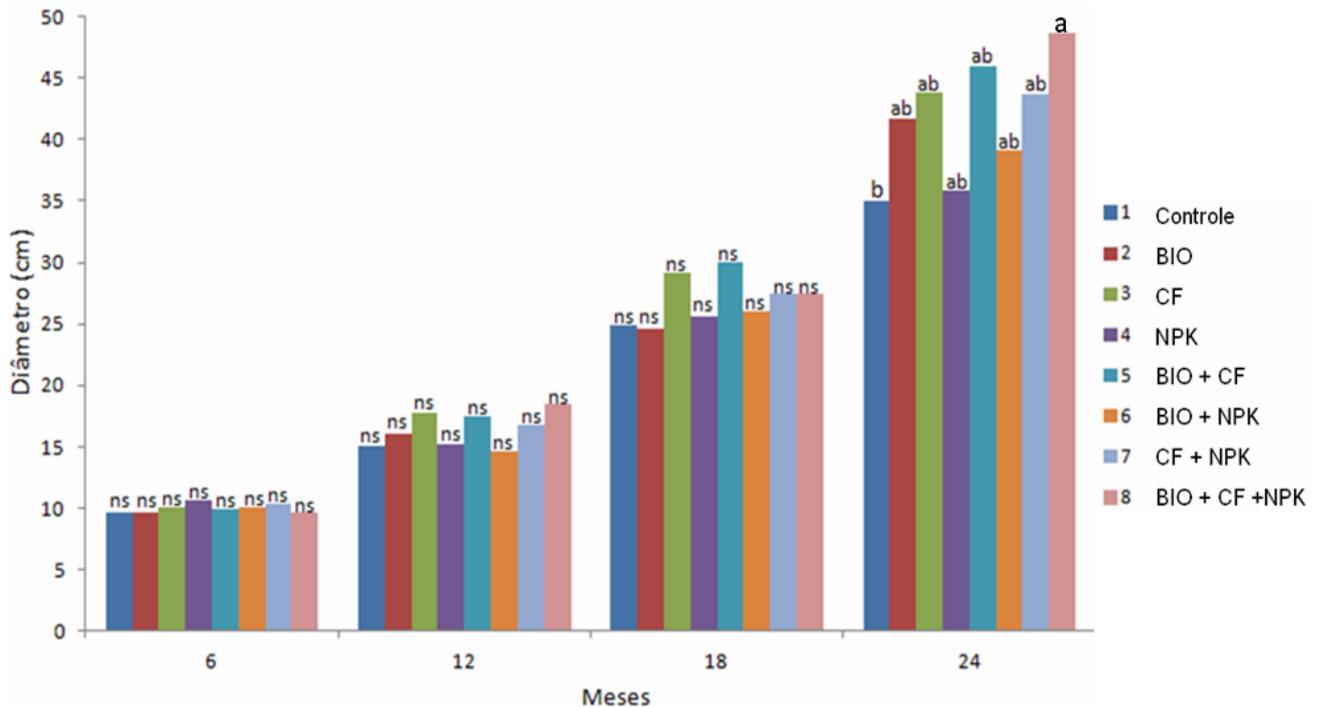


As médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. BIO: Biocarvão; CF: Cama de frango; NPK: Formulado NPK (4-14-8).

**Figura 3.** Altura de plantas de laranjeira [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] com tratamentos de adubação em função do tempo (meses) em Terra Mulata no Amazonas.

As médias iniciais apresentadas nos meses 6, 12 e 18 após a implantação da cultura, não diferiram entre si, relatando na medição de 24 meses a significância entre os tratamentos, sendo que a adubação com biocarvão + cama de frango + formulado NPK obteve a maior média, apesar de não diferir estatisticamente dos demais tratamentos intermediários, havendo somente diferença em relação ao tratamento controle. Esposti e Siqueira (2004) encontraram maior tamanho nas plantas de tangerineira ‘Cleópatra’ onde a adubação com N foi mais próxima à necessidade real do estágio inicial da cultura. Fato demonstrado que mesmo a TM apresentando teores adequados na maioria dos nutrientes no solo, a diversificação e o suprimento adequado de todos os nutrientes, como na mistura de adubos, proporcionou o maior tamanho das plantas, como comprovado também no trabalho de Prado *et al.* (2008), onde foi possível observar que a aplicação de NPK mesmo em condições de substrato em mudas de laranjeira ‘Valência’ enxertada sobre citrumeleiro ‘Swingle’ incrementou significativamente a altura em comparação ao tratamento testemunha.

O diâmetro das plantas de laranjeira não apresentou significância nas medições feitas aos 6, 12 e 18 meses, obtendo somente nos 24 meses após a instalação do experimento (Figura 4).



As médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. BIO: Biocarvão; CF: Cama de frango; NPK: Formulado NPK (4-14-8).

**Figura 4.** Diâmetro de plantas de laranjeira [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] com tratamentos de adubação em função do tempo (meses) em Terra Mulata no Amazonas.

Não foi constatada significância entre as médias dos diâmetros em função dos tratamentos nos meses iniciais de avaliação 6, 12 e 18 meses, apresentando somente 24 meses após a instalação do experimento, onde a maior média foi no tratamento biocarvão + cama de frango + formulado NPK, apesar de não diferir estatisticamente dos tratamentos intermediários, diferencia somente entre o tratamento controle. Cruz *et al.* (1971) observaram em um experimento realizado num Argissolo Vermelho-amarelo distrófico a resposta da laranja ‘Natal’ sobre porta-enxerto limão ‘Cravo’, onde a aplicação de adubos minerais/sintéticos contendo principalmente N e P apresentou o maior diâmetro da planta no estágio inicial de desenvolvimento da cultura em comparação a adubação orgânica, e em partida, no presente trabalho, o tratamento que possuía somente o formulado NPK como fonte de adubo não apresentou média contundente, já que a mistura das três fontes de adubo apresentou o maior resultado em diâmetro do caule.

## 7. CONCLUSÕES

Os tratamentos com biocarvão apresentaram menor disponibilidade de nutrientes, provocado pelo efeito condicionante do material.

Os altos níveis de Ca, Mg e Zn no solo não refletiram no estado nutricional das folhas de laranjeira.

A deficiência de K no solo foi suprida com as adubações, respondendo também na concentração foliar da laranjeira.

O crescimento e o diâmetro do caule das laranjeiras responderam positivamente a partir dos 24 meses após a implantação do experimento com a adubação contendo biocarvão, cama de frango e formulado NPK.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agustí, M. 2000. *Citricultura*. Madrid, Mundi-Prensa. 416pp.
- Alfaia, S.S. 1997. Destino de adubos nitrogenados marcado com  $^{15}\text{N}$  em amostras de dois solos da Amazônia Central. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 21: 379-385.
- Benites, V.M.; Madari, B.; Bernardi, A.C.C.; Machado, P.L.O.A. 2005. Matéria orgânica do solo. In: Wadt, P.G.S. (Eds). *Manejo do solo e recomendação de adubação para o Estado do Acre*. Rio Branco. EMBRAPA, Rio Branco, AC. p. 93-119.
- Bernardi, A.C.C.; Carmello, Q.A.C.; Carvalho, S.A. 2000. Macronutrientes em mudas de citros cultivados em vasos em resposta à adubação NPK. *Scientia Agrícola*, 57: 761-767.
- Bernardi, A.C.C.; Machado, P.L.O.A.; Silva, C.A. 2002. Fertilidade do solo e demanda de nutrientes no Brasil. In: Manzatto, C.V.; Freitas Júnior, C.; Peres, J.R.R. (Eds). *Uso agrícola dos solos brasileiros*. EMBRAPA Solos, Rio de Janeiro, RJ. p. 61-78.
- Carvalho, J.G.; Lopes, A.S. 1994. *Métodos de diagnose da fertilidade do solo e da avaliação do estado nutricional das plantas*. ESALQ/FAEPE, Lavras, MG. 116pp.
- Carvalho, S.A.; Mattos Júnior, D.; Souza, M. 2000. Efeito de  $\text{KNO}_3$  nos teores de macronutrientes na matéria seca total de porta-enxertos cítricos produzidos em bandejas. *Bragantia*, 59(1): 89-94.
- Chauvel, A.; Grimaldi, M.; Tessier, L. 1991. Changes in soil pore-space distribution following deforestation and revegetation: An example from the central Amazon basin, Brazil. *Forest Ecology and Management*, 38: 259-271.
- Cochrane, T.; Sanchez, L.; Azevedo, L.; Porras, J.; Garver, C. 1985. *Land in Tropical America*. CIAT/EMBRAPA-CPAC, Brasília, DF. 29pp.
- Cook, S.F.; Heizer, R.F. 1962. *Chemical analysis of the Hotchkiss Site (CC – 128)*. University of California Archaeological Survey Report, CA, USA. 25pp.

- Cornwall, I.W. 1960. Soil investigations in the service of archaeology. *In*: Heizer, R.F.; Cook, S.F. (Eds). *The application of quantitative methods in archeology*. Chicago, USA. 2685pp.
- Corrêa, J.C. 1985. Características físicas de um Latossolo Amarelo muito argiloso (typic Acrorthox) do Estado do Amazonas sob diferentes sistemas de preparo de solo. *Pesquisa Brasileira*, 20: 1381-1387.
- Craswell, E.T.; Lefroy, R.D.B. 2001. A função da matéria orgânica nos solos tropicais. *In*: Machado, P.L.O.A. (Eds). *Manejo da matéria orgânica de solos tropicais: abrangência e limitações*. EMBRAPA Solos, Rio de Janeiro, RJ. p. 3-4.
- Cruz, L.S.P.; Rodriguez, O.; Igue, T. 1971. Reação de laranjeiras ‘Natal’ à aplicação de adubos minerais e orgânicos nas covas de plantio. *Bragantia*, 30(14): 135-143.
- Cunha, T.J.F.; Madari, B.E.; Benites, V.M.; Canellas, L.P.; Novotny, E.H.; Moutta, R.O.; Trompowsky, P.M.; Santos, G.A. 2007. Fracionamento químico da material orgânica e características de ácidos húmicos de solos com horizonte A antrópico da Amazônia (Terra Preta). *Acta Amazonica*. 37(1): 91-98.
- Defelipo, B.V.; Ribeiro, A.C. 1981. *Análise química do solo*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 17p.
- Denevan, W.M. 1992. The Aboriginal Popolution of Amazonia. *In*: Denevan, W.M. (Eds). *The native populations of the American in 1942*. Madison, University of Winconsin, Madison, USA. p. 205-234.
- Denevan, W.M. 2001. *Cultivated Landscapes of Natives Amazônia and the Andes*. Oxford University Press, New York, USA. 396pp.
- Denevan, W.N. 1996. A Bluff Model of Riverine in Settlement of Prehistoric Amazonia. *Annals of the Association of America Geographers*, 86 (4): 654–681.

- Denevan, W.N. 1998. Comments on Prehistoric Agriculture in Amazônia. *Culture & Agriculture*, 20(2/3): 54–59.
- Duenhas, L.H.; Boas, R.L.V.; Souza, C.M.P.; Oliveira, M.V.A.M.; Dalri, A.B. 2005. Produção, qualidade dos frutos e estado nutricional da laranja ‘Valência’ sob fertirrigação e adubação convencional. *Engenharia Agrícola*, 25(1): 154-160.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1999. *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. EMBRAPA, Brasília, DF. 370pp.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2003. Sistema de produção de Citros para o Nordeste. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Citros/CitrosNordeste/importancia.html>> Acesso em: 15 de julho 2010.
- Esposti, M.D.D.; Siqueira, D.L. 2004. Doses de uréia no crescimento de porta-enxertos de citros produzidos em recipientes. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 26(1): 136–139.
- Falcão, N.P.; Comerford, N.B.; Lehmann, J. 2003. Determining nutrient bioavailability of Amazonian Dark Earth soils: methodological challenges. In: Lehmann, J.; Kern, D.C.; Glaser, B.; Woods, W.I. (Eds). *Amazonian Dark Earths; origin, properties, managements*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. p. 255-270.
- Falcão, N.P.S.; Silva, J.R.A. 2004. Características de adsorção de fósforo em alguns solos da Amazônia Central. *Acta Amazonica*, 34(3): 337-342.
- Falcão, N.P.S.; Borges, L.F. 2006. Efeito da fertilidade da Terra Preta de Índio da Amazônia Central no estado nutricional e na produtividade do mamão havaí (*Carica papaya* L.). *Acta Amazonica*, 36(4): 401– 406.
- Falcão, N.P.S.; Carvalho, E.J.M.; Comerford, N.B. 2001. Avaliação da fertilidade de solos antrópicos da Amazônia Central. In: Congresso da Sociedade de Arqueologia Brasileira, XI. *Grupo de trabalho: Terras Pretas Arqueológicas na Amazônia: Estado da Arte*, Rio de Janeiro. p. 2.

- Falcão, N.P.S.; Moreira, A.; Comerford, N.B. 2010. A fertilidade dos solos de Terra Preta de Índio da Amazônia Central. *In*: Teixeira, W.G.; Kern, D.C.; Madari, B.E.; Lima, H.N., Woods, W. (Eds). *As Terras Pretas de Índio da Amazônia: Sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas*. Vol.1. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, Amazonas. p. 420.
- Falesi, I.C. 1972. O estado atual dos conhecimentos sobre os solos da Amazônia brasileira (Parte I Zoneamento Agrícola da Amazônia). *IPEAN Boletim Técnico*, 54: 17-67.
- Fidalski, J.; Auler, P.A.M. 2008. Alterações químicas temporais nas faixas de adubação e entrelinhas do pomar, nutrição e produção de laranja após calagem superficial. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32(2): 689-696.
- Filgueira, F.A.R. 1987. *ABC da Olericultura: guia da pequena horta*. Agronômica Ceres, São Paulo. 164pp.
- Gallo, J.R.; Moreira, S.; Rodriguez, O.; Fraga Júnior, C.G. 1960. Composição inorgânica das folhas de laranjeira baianinha, com referência a época de amostragem e adubação química. *Bragantia*, 19(16): 229-246.
- Glaser, B.; Haumaier, L.; Guggenberger, G.; Zech, W. 1998. Black carbon in soils: the use of benzenecarboxylic acid as specific markers. *Organic Geochemistry*, 29(4): 811-819.
- Glaser, B.; Haumaier, L.; Guggenberger, G.; Zech, W. 2001. The Terra Preta phenomenon – a model for sustainable agriculture in the humid tropics. *Naturwissenschaften*, 88(1): 37-41.
- Gondim Neto, M.A.; Martel, J.H.I.; Falcão, N.P.S. 2007. *Produção e qualidade de limão Tahiti (Citrus latifolia Tan) em diferentes tipos de solos em comunidades agrícolas próximas a Manaus*. XVI Jornada de Iniciação Científica PIBIC CNPq/FAPEAM/INPA, Manaus, Amazonas. 524pp.
- Gundale, M.J.; DeLuca, T.H. 2006. Temperature and source material influence ecological attributes of Ponderosa pine and Douglas-fir charcoal. *Forest Ecology and Management*, 231:86-93.

- Hecht, S.B. 2003. Indigenous soil management and the creation of Amazonian Dark Earths: Implications of Kayapó practices. *In*: Lehmann, J.; Kern, D.C.; Glaser, B.; Woods, W.I., (Eds). *Amazonian Dark Earths origin, properties and management*. Dordrecht, Kluwer. p. 355-372.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2006. Economia agrícola. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2007/comentario.pdf>>. Acesso em: 06 de agosto 2010.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2009b. Produção de Citros. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=am&tema=lavourapermanente2010>> Acesso em: 13 de julho de 2010.
- Kampf, N.; Woods, W.I.; Kern, D.C.; Cunha, T.J. 2010. Classificação das Terras Pretas de Índio e outros solos antrópicos antigos. *In*: Teixeira, W.G.; Kern, D.C.; Madari, B.E.; Lima, H.N., Woods, W. (Eds). *As Terras Pretas de Índio da Amazônia: Sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas*. Vol.1. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, Amazonas, p. 420.
- Kern, D.C.; Costa, M.L. 1997. Composição química de solos antrópicos desenvolvidos em Latossolo Amarelo derivados de lateritos. *Geociências*, 16(1): 141-156.
- Kern, D.C. 2002. Solos de Terra Preta podem ser solução para a agricultura na Amazônia. Disponível em: <<http://www.museu-goeldi.br/destaqueamazonia/tpa.htm>> Acesso em: 26 de novembro de 2011.
- Kern, D.C.; Costa, M.L.; Frazão, F.J.L. 1999. Geoquímica de sítio arqueológico de Terra Preta no centro da cidade de Quatipuru – PA. VI Simpósio de Geologia da Amazônia. Belém. Boletim de Resumos Expandidos. Manaus – AM.
- Kern, D.C.; Kampf, N. 1989. Efeitos de antigos assentamentos indígenas na formação de solos com Terra Preta Arqueológicas na região de Oriximiná – PA. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 13: 219-225.

- Koumrouyan, A.; Santana, G.P. 2008. Química de elementos-traço nos sedimentos do Lago do Parú (Manacapuru – Amazonas), sob influência do pulso de inundação do baixo Rio Solimões. *Acta Amazonica*, 38(3): 491-502.
- Lehmann, J.; Kern, D.C.; German, L.A.; McCann, J.; Martins, G.; Moreira, A. 2003. Soil fertility and production potential. In: Lehmann, J.; Dirce, C.; Glaser, B.; Woods, W. *Amazon Dark Earth, origin, properties and management*. Holanda. p. 124.
- Lehmann, J.; Silva Júnior, J.; Rondon, M.; Cravo, M.; Greenwood, J.; Nehls, T.; Steiner, C.; Glaser, B. 2002. Slash and char – a feasible alternative for soil fertility management in the Central Amazon? In: *Proc. 17<sup>th</sup> World Congress of Soil Science*, Bangkok, Thailand, International Union of Soil Science. p. 12.
- Liang, B.; Lehmann, J.; Solomon, D.; Grossman, J.; O'Neill, B.; Skjemstad, J.O.; Thies, D.; Luizão, F.S.; Petersen, J.; Neves, E.G. 2006. Blackcarbon increases cation exchange capacity in soils. *Soil Science Society. American Journal*, 70:1719-1730.
- Lima, H.N. 2001. *Gênese, química, mineralogia e micromorfologia de solos da Amazônia Ocidental*. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 176pp.
- Lima, H.N.; Mello, J.W.V.; Schaefer, C.E.G.R.; Kern, J.C. 2005. Dinâmica da mobilização de elementos em solos da Amazônia submetidos à inundação. *Acta Amazonica*, 35(3): 317–330.
- Lima, H.N.; Schaefer, C.E.G.R.; Kampf, N.; Costa, M.L.; Souza, K.W. 2010. Características químicas e mineralógicas e a distribuição de fontes de fósforo em Terras Preta de Índio da Amazônia Ocidental. In: Teixeira, W.G.; Kern, D.C.; Madari, B.E.; Lima, H.N., Woods, W. (Eds). *As Terras Pretas de Índio da Amazônia: Sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas*. Vol.1. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, Amazonas, p. 420.
- Lima, M.V.L.; Martel, J.H.I.; Falcão, N.P.S. 2007. *Produção e qualidade de tangerinas (Citrus deliciosa Tenore) em diferentes solos em propriedades rurais próximas a Manaus*. XVI Jornada de Iniciação Científica PIBIC CNPq/FAPEAM/INPA. 524pp.

- Major, J.; Steiner, C.; Ditommaso, A.; Falcão, N.P.S.; Lehmann, J. 2005. Weed composition and cover after three years of soil fertility management in the central Brazilian Amazon: compost, fertilizer, manure and charcoal applications. *Weed Biology Management*, 5: 69-76.
- Malavolta, E.; Violante Netto, A. 1989. *Nutrição mineral, calagem, gessagem e adubação dos citros*. POTAFOS, Piracicaba, SP. 153pp.
- Malavolta, E. 2006. *Manual de nutrição mineral de plantas*. Agronômica Ceres, Piracicaba, SP. 631pp.
- Malavolta, E.; Pimentel-Gomes, F.; Alcarde, J.C. 2002. *Adubos & Adubações*. Nobel, São Paulo, SP. 200 pp.
- Malavolta, E.; Prates, H.S.; Casale, H.; Leão, H.C. 1994. Seja Doutor dos seus Citrus (Nutrição e Adubação). *Informações Agronômicas*, 65(4): 1-9.
- Malavolta, E.; Vitti, G.C.; Oliveira, S.A. 1997. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. POTAFÓS, Piracicaba, SP. 319pp.
- Mattos Júnior, D.; De Negri, J.D.; Pio, R.M.; Pompeu Júnior, J. 2005. *Citros*. Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, SP. 929pp.
- Mattos Júnior, D.; Quaggio, J.A.; Cantarella, H.; Alva, A.K. 2003. Nutrient content of biomass components of 'Hamlin' sweet orange tress. *Scientia Agricola*, 60(1): 155-160.
- Mattos Júnior, D.; Quaggio, J.A.; Cantarella, H. 2001. Calagem e adubação dos citros. *Informe Agropecuário*, 22(209): 39-46.
- Mattos Júnior, D.; Quaggio, J.A.; Cantarella, H. Carvalho, S.A. 2004. Superfícies de respostas do tangor 'Murcott' à fertilização com N, P e K. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 26: 164-167.

- McCann, J.M.; Woods, W.I.; Meyer, E.W. 2001. Organic matter and Anthrosol in Amazônia: Interpreting the Amerindian legacy. *In*: Rees, R.M.; Ball, B.C.; Campbell, C.D.; Watson, C.A. (Eds). *Sustainable management of soil organic matter*. Wallingford, CABI Publishing. p. 189.
- Medeiros Júnior, J.C. 2007. *Uso do fino de carvão vegetal e da adubação potássica na produção de berinjela (Solanum melongena L.) em Latossolo Amarelo Antrópico na Amazônia Central*. Dissertação de mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas. 72pp.
- Modenezi, M.C.; Jordão, S.A. 1992. *A erosão acelerada em Caçapava-SP*. Boletim do Instituto Geológico, Caçapava, SP. 31pp.
- Moreira, A. 2007. Fertilidade, matéria orgânica e substâncias húmicas em solos antrópicos da Amazônia Ocidental. *Bragantia*, 66(2): 307-315.
- Moreira, A.; Fageria, N.K. 2008. Potential of Brazilian Amazon Soils for Food and Fiber Production. *Dynamic Soil, Dynamic Plant*, 2: 82-88.
- Moreira, A.; Malavolta, E. 2002. *Variação das propriedades químicas e físicas do solo e na matéria orgânica em agroecossistemas da Amazônia Ocidental (Amazonas)*. Centro de Energia Nuclear na Agricultura/USP, Piracicaba, SP. 79pp.
- Neves, E.G.; Petersen, J.B.; Bartone, R.N.; Da Silva, C.A. 2003. Historical and social – cultural origins of Amazonian Dark Earths. *In*: Kern, D.C.; Glaser, B.; Woods, W.I. (Eds). *Amazonian Dark Earths: Origins properties, Management*. Kluwer Academic Publishers, The Netherland. p. 29-49.
- Oguntunde, P.G.; Fosu, M.; Ajayi, A.E.; Van De Giesen, N.D. 2004. Effects of charcoal production on maize yield, chemical properties and texture of soil. *Biology and Fertility Soils*, 39: 295-299.

- Pabst, E. 1991. Critérios da distinção entre Terra Preta e Latossolo na região de Belterra e seus significados para a discussão pedogenética. *Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi*, 7(1): 5-19.
- Panzenhagen, N.V.; Koller, O.C.; Sartori, I.A.; Portelinha, N.V. 1999. Respostas de tangerineiras 'Montegrina' à calagem e adubação orgânica e mineral. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 34(4): 527-533.
- Pavan, M.A.; Jacomino, A.P. 1998. Root growth and nutrient contents of citrus rootstocks in an acid soil with varied pH. *Citriculture Culture*, 50: 56-59.
- Politano, W.; Lopes, L.R.; Corsini, P.C.; Amaral, C.; Savastano, M. 1993. Erosão acelerada em solos Podzólicos Vermelho-Amarelos sob ocupação com pomares de citros na região de Itápolis. *In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Ilhéus, Anais...* 494-504pp.
- Prado, R.M.; Rozane, D.E.; Camarotti, G.S.; Correia, A.R.; Natale, W.; Barbosa, J.C.; Beutler, A.N. 2008. Nitrogênio, fósforo e potássio na nutrição e na produção de mudas de laranja 'Valência', enxertada sobre citrumeleiro 'Swingle'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 30(3): 812-817.
- Prado, R.M.; Rozane, D.E.; Camarotti, G.S.; Correia, M.A.R.; Natale, W.; Barbosa, J.C. 2009. Nitrogênio, fósforo e potássio na nutrição e no crescimento de mudas de laranja 'Valência', enxertadas sobre limoeiro 'Cravo'. *Ciência Agrotécnica*, 33(6): 1560-1568.
- Primavesi, O.; Primavesi, A.C.; Corrêa, L.A.; Silva, A.G.; Cantarella, H. 2006. Lixiviação de nitrato em pastagem de *coastcross* adubada com nitrogênio. *Revista Brasileira da Sociedade de Zootecnia*, 35: 683-690.
- Rodriguez, O. 1980. Nutrição e adubação dos citros. *In: Rodriguez, O.; Viégas, F.C.P. (Eds). Citricultura Brasileira. Vol. 2. Fundação Cargill, Campinas, SP. p. 385-428.*
- Ruschel, J.; Carmello, Q.A.C.; Bernardi, A.C.C.; Carvalho, S.A.; Mattos Júnior, D. 2004. Leaf nutrient contents of rangpur lime rootstock as affected by N, P, K, Ca and S fertilization. *Scientia Agrícola*, 61(5): 501-506.

- Salles, L.T.; Cavalcanti-Filho, J. 2009. Informes sobre a pesca em Manacapuru, Amazonas, Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia de Pesca*, 4(2): 1-8.
- Sanches, A.C.; Silva, A.P.; Tormena, C.A.; Rigolin, A.T. 1999. Impacto do cultivo de citros em propriedades químicas, densidade do solo e atividade microbiana de um Podzólico Vermelho-Amarelo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 23: 91-99.
- Sanchez, P.A. 1976. *Properties and Management of soils in the tropics*. John Willey, New York, USA. 618pp.
- Sanchez, P.A.; Bandy, D.; Villarica, J.; Nicholaides, J. 1982. Amazon Basin soils: management for continuous crop production. *Science*, 216: 821-827.
- Santana, J.G.; Leandro, W.M.; Naves, R.N.; Cunha, P.P.; Rocha, A.C. 2007. Estado nutricional da laranja 'Pêra-Rio' na região central do Estado de Goiás avaliada pelas análises foliar e do solo. *Bioscience Journal*, 23(4): 40-49.
- Santos, C.H.; Duarte Filho, J.; Modesto, J.C.; Grassi Filho, H.; Ferreira, G. 1999. Adubos foliares quelatizados e sais na absorção de boro, manganês e zinco em laranjeira Pêra. *Scientia. Agrícola*, 56(4): 999-1004.
- Schaefer, C.E.G.R.; Lima, H.N.; Gilkes, R.J.; Mello, J.W.V. 2004. Micromorphology and electron microprobe analysis of phosphorus and potassium forms of an Indian Black Earth (IBE) Anthrosol from Western Amazônia. *Australian Journal of Soil Research*, 42: 395-401.
- Schafer, G.; Dornelles, A.L.C. 2000. Produção de mudas cítricas no Rio Grande do Sul: diagnóstico da região produtora. *Ciência Rural*, 30(4): 587-592.
- Schmidt, M.J.; Heckenberger, M.J. 2010. Formação de Terra Preta na região do Alto Xingu: Resultados preliminares. In: Teixeira, W.G.; Kern, D.C.; Madari, B.E.; Lima, H.N., Woods, W. (Eds). *As Terras Pretas de Índio da Amazônia: Sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas*. Vol.1. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, Amazonas, p. 420.

- Smith, N.J.H. 1980. Anthrosols and Human Carrying Capacity in Amazônia. *Annals of the Association of America Geographers*, 70 (4): 553–566.
- Smith, P.F. 1966. Citrus nutrition. In: Childers, N.P. (Eds). *Nutrition of fruit crops: tropical, subtropical, temperate tree and small fruits*. Vol.1.Somerset Press, Somerville. p.174-207.
- Sombroek, W.G. 1966. *Amazon Soils – A reconnaissance of the soils of the Brazilian Amazon region*. Center for Agriculture Publications and Documentation, Wageningen. 303pp.
- Sombroek, W.G.; Kern, D.; Rodrigues, T.; Cravo, M.S.; Jarbas, T.C.; Woods, W.; Glaser, B. 2002. Terra Preta and Terra Mulata: Pré-Colombian Amazon Kitchen midden and agricultural fields, their sustainability and their replication. In: World Congress of Soil Science, 17., Thailand. *Proceeding...* Thailand: WSSS, 1-9pp.
- Sombroek, W.G.; Nachtergaele, F.O.; Hebel, A. 1993. Amounts, dynamics and sequestering of carbon in tropical and subtropical soils. *Ambio*, (22): 417-426.
- Souza, L.D.; Sobrinho, A.P.C.; Ribeiro, L.S.; Souza, L.S.; Ledo, C.A.S. 2004. Avaliação de plantas cítricas, em diferentes profundidades de plantio, em Latossolo Amarelo dos tabuleiros costeiros. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 26(2): 241-244.
- Steiner, C.; Teixeira, W.G.; Zech, W. 2004. Slash and Char: An alternative to slash and burn practiced in the Amazon basin. In: Glaser, B.; Woods, W. (Eds). *Amazonian Dark Earths: Exploration in space and time*. Springer – Verlag, Berlin. p. 183-193.
- Taunay, A.E. 1923. *A retirada da Laguna*. Cia de Melhoramentos, São Paulo, SP. 198pp.
- Tavares Filho, J.; Ralisch, R.; Guimarães, M.F.; Medina, C.C.; Balbino, L.C.; Neves, C.S.V.J. 1999. Método do perfil cultural para avaliação do estado físico de solos em condições tropicais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 23: 393-399.

- Tedesco, M.J.; Gianello, C.; Bissani, C.A.; Bohnen, H.; Volkweiss, S.J. 1995. *Análises de solos, plantas e outros materiais*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. 174pp.
- Teixeira, W.G. 2008. Utilização de resíduos de carvão vegetal (agruchar) e fertilizantes minerais na qualidade do solo, nutrição mineral e produção da bananeira em Latossolo Amarelo em Manaus – Am. Projeto de Pesquisa apresentado à EMBRAPA Amazônia Ocidental. 24pp.
- Topoliantz, S.; Pong, J.F.; Ballof, S. 2005. Manioc peel and charcoal: a potential organic amendment for sustainable soil fertility in the tropics. *Biology and Fertility of Soils*, 41: 15-21.
- Topoliantz, S.; Ponge, J.; Arrouays, D.; Ballof, S.; Lavelle, P. 2002. Effect of organic and endogenic earthworm *Pontoscolex corethrurus* (Oligochaeta: Glossoscolecidae) on soil fertility and bean production. *Biology and Fertility Soils*, 36 : 313-319.
- Tricart, T. 1961. Les caracteristiques fondamentales du système morphogénétique des pays tropicaux humedes. *L'Information Geographic*, 4: 155-169.
- Veloso, C.A.C.; Muraoka, T.; Malavolta, E.; Carvalho, J.G. 1995. Efeitos do alumínio em pimenteira do reino (*Piper nigrum* L.). *Scientia Agricola*, 52(2): 368-375.
- Vieira, L.S.; Santos, P.C.T.C. 1987. *Amazônia: seus olhos e outros recursos naturais*. Agronômica Ceres, São Paulo, SP. 416pp.
- Vieira, L.S. 1988. *Manual de Ciência do Solo – Com ênfase nos solos tropicais*. Agronômica Ceres, São Paulo, SP. 464pp.
- Vieira, L.S.; Santos, P.C.T.C. 1987. *Amazônia: seus solos e outros recursos naturais*. Editora Ceres, São Paulo, SP. 416pp.

Woods, W. 2010. Os solos e as ciências humanas: interpretação do passado. *In*: Teixeira, W.G.; Kern, D.C.; Madari, B.E.; Lima, H.N., Woods, W. (Eds). *As Terras Pretas de Índio da Amazônia: Sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas*. Vol.1. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, Amazonas, p. 420.

Woods, W.I.; McCann, J.M. 1999. The Antropogenic Origin and persistence of Amazonian Dark Earths. *Conference of Latin Americanist Geographers*, 25: 7-14.

Woods, W.I. 1977. The quantitative analysis of soil phosphate. *American Antiquity*, 42: 248-252.