



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**GLECIANE DA SILVA MASCARENHAS**

**POTENCIAL DE PRODUÇÃO DA TERRA PRETA DE INDIO SUBMETIDA A  
CULTIVOS SUCESSIVOS DE MILHO E FEIJÃO-CAUPI.**

**BELÉM**

**2012**



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**GLECIANE DA SILVA MASCARENHAS**

**POTENCIAL DE PRODUÇÃO DA TERRA PRETA DE INDIO SUBMETIDA A  
CULTIVOS SUCESSIVOS DE MILHO E FEIJÃO CAUPI.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Rodrigues Fernandes

**BELÉM**  
**2012**

---

Mascarenhas, Gleciane da Silva

Potencial de produção da terra preta de índio submetida a cultivos sucessivos de milho e feijão caupi./ Gleciane da Silva Mascarenhas. – Belém, 2012.

50 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, 2012.

1. Solo - Adubação 2. Solo - Fertilidade 3. Solo - Omissão nutriente 4. Produção vegetal 5. Solos antropogênicos. I. Título.

---

CDD – 631.422

---



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

GLECIANE DA SILVA MASCARENHAS

POTENCIAL DE PRODUÇÃO DA TERRA PRETA DE INDIO SUBMETIDA A  
CULTIVOS SUCESSIVOS DE MILHO E FEIJÃO CAUPI.

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Mestre.  
Orientador: Prof. Dr. Antonio Rodrigues Fernandes

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Antonio Rodrigues Fernandes – Orientador

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

Prof. Dr. Antonio Clementino dos Santos – 1º Examinador

UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS

Pesq. Dr. Cristine Bastos do Amarantes – 2º Examinador

MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI

Prof. Dr. Ismael de Jesus Matos Viégas – 3º Examinador

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA (UFRA)

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela proteção divina, sabedoria e tranquilidade concedida nos momentos difíceis para conclusão deste trabalho.

A Universidade Federal Rural da Amazônia pela oportunidade de obtenção deste título.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia pela oportunidade concedida.

Ao CNPq pelo apoio financeiro nesses dois anos de estudo e pesquisa.

Aos meus pais Gastão Brabo Mascarenhas e Laudelina da Silva Mascarenhas pela confiança, orações e força extrema em todas as horas para esta conquista.

Ao Dr. Antonio Rodrigues Fernandes pela orientação, confiança, puxões de orelha, paciência e principalmente aos ensinamentos concedidos nesses dois anos de convívio e muito trabalho.

Ao meu grande amor Pedro Daniel de Oliveira pelo companheirismo, paciência, dedicação e muito amor nas alegrias e dificuldades para a realização desse sonho.

A minha irmã Cleiciane Mascarenhas pelo apoio, confiança, orações e por acreditar nesse sucesso.

As crianças da minha vida Helner Mascarenhas, Vitória Mascarenhas, Rebeqa Mascarenhas e Ricardinho Mascarenhas razão do meu viver e fonte de inspiração.

Aos meus tios, tias e familiares pelo apoio e orgulho, e em especial para minha madrinha Delma Mascarenhas pelo apoio, carinho e confiança.

A Kilma Lima amiga de todas as horas pelo companheirismo, força, ajuda em todas as etapas do curso.

Aos amigos do mestrado, Renata Lima, Katiane Barros, Lorena Torres, Danielle Campinas, Francisco Lúcio, Erika Freire, Sueny França, Nilvan Melo, Ingrid Rodrigues, Rafael Guedes, Vicente Filho pelos momentos de muito estudo e descontração durante os dois anos que passaram a ser parte da minha família.

Aos bolsistas de PIBIC Bruno Martins, Thais Penha, Rafael Lira, Igor, Michel Sato pelo apoio na condução do trabalho.

Aos professores Herdjanía Lima, Vânia Melo, Mário Lopes, Marcus Piedade, George Silva, Sérgio Gusmão, Gisele Barata pela contribuição no desenvolvimento do trabalho.

A secretária do Programa de pós graduação Gracy Kelly pela ajuda e amizade neste período.

Aos técnicos Jessivaldo Galvão, "Seu Doquinha", Fábio, Julio, Amauri, Samuel pela disponibilidade e ajuda no desenvolvimento do trabalho.

Aos membros da banca de qualificação Dr. Antonio Carlos da Esalq- USP, Dr. Jorge Luiz Piccinin do Museu Paraense Emilio Goeldi-PA e ao Dr. Ismael Viégas pela aprovação e contribuição feitas para melhoria do trabalho.

As pesquisadoras do Museu Paraense Emilio Goeldi, Cristine Amarantes e Maria de Ruivo Lourdes pela contribuição na execução do trabalho.

A todos que de alguma forma contribuíram para está conquista.

*Muito Obrigada!!!*

## RESUMO

Os solos denominados de Terra Preta de Índio (TPI), Terra Preta Antropogênica ou simplesmente Terra Preta apresentam horizonte A antrópico, geralmente, possui teores elevados de nutrientes, principalmente P, em comparação com a maioria dos solos de terra firme na Amazônia, que apresentam baixa fertilidade natural, atribuída à natureza do material de origem e aos processos de formação. O objetivo foi avaliar o potencial da TPI submetida a cultivos sucessivos de milho (*Zea mays* L.) e feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) utilizando como referência Latossolo Amarelo (LA) típico. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado num arranjo fatorial de 12 x 2, sendo doze tratamentos (adubação completa e omissão de um nutriente por vez) e dois solos (TPI e LA), com três repetições. Utilizaram-se quatro cultivos sucessivos de milho e feijão caupi, sendo duas plantas por vaso, com capacidade para 5 kg de solo. O milho e feijão-caupi em sucessão quando cultivados na TPI apresentaram maior produção massa seca e produção de grão (somente feijão-caupi). O nutriente mais limitante na TPI para o cultivo de milho e feijão-caupi em sucessão foi o K. O LA apresentou como maior limitação para produção os nutrientes P e Ca nos cultivos tanto de milho como de caupi. Os maiores teores de nutrientes no milho e feijão-caupi foram encontrados na TPI quando comparada ao LA.

**Palavras - chave:** Solo - Adubação. Solo - Fertilidade. Solo - Omissão nutriente. Produção vegetal. Solos antropogênicos.

## ABSTRACT

The soils called Anthropogenic Dark Earths (ADE), or simply Anthropogenic soil have anthropogenic A horizon generally has high levels of nutrients, especially P, in comparison with most upland soils in the Amazon, which have low natural fertility, given the nature of the source material and training processes. The objective was to evaluate the potential of ADE subjected to successive crops of maize (*Zea mays* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) using as reference an Oxisol typical. The experimental design was completely randomized in a factorial arrangement of 2 x 12, with treatments twelve (fertilization and complete omission of a nutrient at a time) and two soils (ADE and Oxisol) with three replications. We used four successive crops of maize and cowpea, two plants per pot, with a capacity of 5 kg of soil. Corn the cowpea grown in succession when the ADE produced more dry matter and grain production (only cowpea). The most limiting nutrient in the ADE for the cultivation of maize and cowpea in succession was the K. Oxisol presented as major constraint for production of the nutrients P and Ca in both corn crops as cowpea. The highest levels of nutrients in maize and cowpea were found in the ADE when compared to Oxisol.

**Key - Words:** Soil - Fertilization. Soil - Fertility. Soil - Omission nutrient. Crop. Anthropogenic soils

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Montagem do experimento na casa de vegetação 11
- Figura 2.** Gráfico “*Box Plot*” dos valores médios da altura, diâmetro do colmo e massa seca da parte aérea (MSPA) e raízes (MSR) para a cultura do milho. 16
- Figura 3.** Produção relativa de massa seca da parte área (média dois cultivos) de milho. 20
- Figura 4.** Gráfico “*Box Plot*” dos valores de massa seca da parte aérea, raiz de plantas de feijão-caupi na Terra Preta de Índio (TPI) e Latossolo Amarelo (LA). 25
- Figura 5.** Produção relativa (média dois cultivos) de feijão-caupi, relação do peso seco dos grãos entre os tratamentos com omissão (-M) em função do tratamento completo (C). 29

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b>	Características químicas dos solos, coletados na profundidade de 0-20 cm de profundidade.	12
<b>Tabela 2.</b>	Teores de óxidos*, índices de intemperização (Ki e Kr), análises físicas e determinação da cor para os solos coletados.	12
<b>Tabela 3.</b>	Altura, diâmetro do colmo e massas seca da parte área (MSPA), raízes (MSR) e total (MST) de duas plantas de milho em Terra Preta de Índio (TPI) e Latossolo Amarelo típico (LA) na Amazônia.	18
<b>Tabela 4.</b>	Teores de macronutrientes e micronutrientes de plantas de milho nos tratamentos controle, completo e com omissão de nutrientes (-M) na parte aérea (PA) e raiz em Terra Preta de índio (TPI) e Latossolo Amarelo (LA).	21
<b>Tabela 5.</b>	Valores médios da altura, diâmetro do colmo e massas seca da parte área (MSPA), raízes (MSR) e total (MST) de plantas de feijão-caupi em Terra Preta de Índio (TPI) e Latossolo Amarelo típico (LA) na Amazônia.	28
<b>Tabela 6.</b>	Valores médios do peso seco dos grãos (PSG), número de vagem (NV) e número de grãos por vagem (NGV) no final da produção de feijão-caupi para os solos.	31

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>11</b>
2.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA E SOLOS	11
2.2	DELINEAMENTO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	13
2.3	ANÁLISE ESTATÍSTICA	15
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>15</b>
3.1	MILHO	15
3.2	FEIJÃO-CAUPI	25
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>34</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>35</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>39</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Na Amazônia, os solos em sua maioria apresentam baixa fertilidade natural e acidez elevada, com sérias limitações químicas ao estabelecimento de atividades agrícolas e florestais em bases sustentáveis. A limitação nutricional dos solos normalmente é corrigida pelo uso da adubação química, que é requerida para o cultivo sucessivo de espécies que apresentam elevada exigência nutricional.

A Terra Preta do Índio (TPI), Terra Preta Antropogênica ou simplesmente Terra Preta é um tipo de solo de terra firme, encontradas principalmente as margens dos rios amazônicos em pequenas áreas onde viveram grupos indígenas pré-históricos. Embora ocorra em pequenas áreas estima-se que as áreas com TPI podem atingir entre 6 a 18 mil km<sup>2</sup> (SOMBROEK, 1996). São identificados e distinguidos dos solos circundantes por algumas propriedades particulares, que são observáveis no campo como: cores escuras (MUNSELL), espessura da camada escura, presença de fragmentos de cerâmica, materiais líticos e fragmentos de carvão e elevados teores de carbono orgânico e nutrientes (FRASER e CLEMENT, 2008). Esses solos apresentam pH geralmente variando entre 5,2 e 6,4 conferindo assim acidez baixa (FALCÃO e BORGES, 2006), apresentam altos valores de fósforo (P), cálcio (Ca) totais e disponíveis, elevada capacidade de troca catiônica e variação na qualidades da matéria orgânica (GLASER, et al., 2001).

A cultura do milho (*Zea mays* L.) tem alto potencial produtivo, podendo alcançar mais de 10 t ha<sup>-1</sup> de grãos quando adotadas tecnologias adequadas de manejo e solos de alta fertilidade. No entanto, o que se observa na prática são produtividades baixas e irregulares (PALHARES, 2003). O milho é uma cultura que apresenta alta exigência nutricional, sendo que o nitrogênio (N) e o potássio (K) são requeridos em maior quantidade, seguidos do cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P) e enxofre (S)..

O feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é amplamente adaptada às condições da região amazônica cultivada em grandes áreas nas regiões Norte e Nordeste do Brasil (SILVA e OLIVEIRA, 1993), em solos de níveis de fertilidade diferentes. O crescimento, a produtividade e o estado nutricional do feijão caupi são afetados por grande número de fatores, destacando-se principalmente as adubações (CRAVO; SMYTH, 1997). O nutriente exigido em maior quantidade pelo feijoeiro é o N, seguido pelo K, Ca, S, Mg e P (ARF, 1994). O K é considerado o segundo mais exigido e exportado pela planta de feijão

(*Phaseolus vulgaris* L.), devido exercer inúmeras funções na planta (ERNANI, BAYER, MAESTRI, 2007).

A TPI por apresentar maior fertilidade natural possibilitará maior crescimento do milho e feijão-caupi, bem como teores de nutrientes na faixa considerada adequada, quando comparada ao Latossolo Amarelo.

O objetivo foi avaliar o potencial produtivo e as limitações nutricionais da Terra Preta de Índio em cultivo sucessivo de milho e feijão-caupi comparado ao Latossolo Amarelo, a partir da produção de massa seca e teores de nutrientes.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA E SOLOS

O experimento foi conduzido em condições de casa de vegetação no Campus da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) (Figura 1), no período de novembro/2010 a novembro/2011. Os solos utilizados foram coletados na camada de (0-20 cm de profundidade) em área de floresta remanescente, classificados como Latossolo Amarelo Distrófico antropogênico, também conhecido como Terra Preta de Índio (TPI) e Latossolo Amarelo Distrófico típico (LA) (EMBRAPA, 2006).



Figura 1: Instalação do experimento na casa de vegetação.  
Fonte: A autora

Para as análises químicas e físicas, antes da instalação do experimento foram coletadas amostras deformadas e indeformadas. Análises químicas foram determinadas conforme Embrapa (1997), exceto carbono orgânico que foi conforme Raij et al. (1987) (Tabela 1).

**Tabela 1.** Características químicas dos solos, antes da instalação do experimento na profundidade de 0-20 cm.

pH		$\Delta$ pH	C <sub>org</sub>	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	T*	Cu	Fe	Zn	V**
H <sub>2</sub> O	KCl													
			g kg <sup>-1</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----					-----mg dm <sup>-3</sup> -----	%			
<b>Latossolo Amarelo Distrófico antrópico (TPI)</b>														
5,15	4,46	-0,7	30,3	305,7	0,12	5,2	1,3	0,2	8,2	14,8	nd	6,9	3,07	44,6
<b>Latossolo Amarelo Distrófico típico (LA)</b>														
4,13	3,52	-0,6	15,6	0,01	0,05	0,1	0,2	2,1	9,2	10,2	nd	64,6	0,01	4,0

\* CTC efetiva total, \*\* Saturação por bases, nd: não determinado.

Fonte: A autora

As análises físicas, como granulometria foram determinadas conforme Gee e Bauder (1986) e densidade do solo conforme Blake e Hartge (1986). Os teores dos Óxidos de Fe livre (ditionito-citrato-bicarbonato de sódio), óxidos mal cristalizados (“amorfos”) de Fe, Al e de Mn, e teores de Si, Al, Fe, Mn e Ti obtidos pelos ataques sulfúrico e alcalino, seguindo metodologia de Camargo et al. (1986). Os índices de intemperização (Ki e Kr) e determinação da cor (Tabela 2).

**Tabela 2** – Teores de óxidos\*, índices de intemperização (Ki e Kr), análises físicas e determinação da cor para os solos coletados.

Solos	Fe <sub>DCB</sub>	Fe <sub>OX</sub>	Al <sub>OX</sub>	Mn <sub>OX</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	TiO <sub>2</sub>	Ki	Kr
<b>TPI</b>	15,8	2,1	33,4	1,0	45,0	47,7	25,8	0,3	29,9	1,6	1,2
<b>LA</b>	8,6	1,7	10,4	0,1	32,0	42,3	9,1	0,1	42,6	1,3	1,1
	Areia	Silte	Argila	Cor (Munsell)			Classe textural	Ds			
	----- g kg <sup>-1</sup> -----			Matiz	Valor	Croma	Mg m <sup>-3</sup>				
<b>TPI</b>	782	79	139	7,8YR	4,4	2,5	Franco-arenosa	1,35			
<b>LA</b>	750	120	120	8,9YR	5,4	2,8	Franco-arenosa	1,37			

Ds: Densidade do solo, TPI : Terra Preta de Índio, LA :Latossolo amarelo típico.\*Camargo et al., 1986.

Fonte: A autora

Os solos de todos os tratamentos receberam calcários (carbonato de cálcio p.a. e carbonato de magnésio), exceto quando houve omissão de Ca ou Mg. Neste caso, o pH foi corrigido com carbonato de magnésio p.a. e carbonato de cálcio p.a. respectivamente. A dose aplicada foi correspondente à quantidade necessária para elevar a saturação por bases a 70% (RAIJ et al., 1987), valor considerado adequado para o cultivo do milho. Após a aplicação do corretivo, os solos permaneceram em incubação por 30 dias, com teor de umidade correspondente a 70% do volume total de poros (VTP).

## 2.2 DELINEAMENTO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado num arranjo fatorial de 12 x 2 (12 tratamentos de adubações e 2 solos), com três repetições, totalizando 72 unidades experimentais. As unidades experimentais foram constituídas de vasos plásticos com capacidade de 5dm<sup>3</sup> de solo cada. Foram realizados quatro cultivos sucessivos (milho/ caupi / milho / caupi) na mesma unidade experimental, com o híbrido 30F80 de milho e a cultivar BR3-Tracueteua de feijão-caupi.

Os tratamentos foram: controle (sem adubação e calagem); completo: adubado com N, P, K, Mg, S, B, Cu, Fe e Zn + calagem; completo – N; completo – P; completo –K, completo – Ca (correção com carbonato de Mg); completo – Mg (corrigido com carbonato de Ca), completo – S, completo – Zn, completo – B ; completo – Cu e completo – Fe.

A adubação básica foi realizada conforme os tratamentos e a análise do solo, ou seja, omitiu-se o nutriente correspondente a cada tratamento. Para o solo de TPI as doses foram 100 mg de N; 32 mg de K; 1,6 mg de B; 0,74 mg de Cu; 2,6 mg de Zn; 20 mg de Fe e 0,026 mg de Mo por dm<sup>-3</sup> de solo. Para o Latossolo as doses foram 50 mg de K; 110 mg de P e para as outras fontes as doses foram as mesmas da TPI. As fontes utilizadas foram: Ca (H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>; KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>; NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>; NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>; NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>; K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; CaSO<sub>4</sub>; MgSO<sub>4</sub>; Mg (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>; H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>; CuCl<sub>2</sub>; FeCl<sub>2</sub> e ZnCl<sub>2</sub>.

As doses utilizadas foram calculadas de modo a atender a necessidade da cultura do milho (primeiro cultivo) Ribeiro (1999), respeitando cada tratamento com omissão. Após o primeiro cultivo foi realizada adubação via solução nos solos, sendo para o milho as fontes de N e K, e para o feijão-caupi somente K.

Durante o semeio usaram-se oito e seis sementes do milho e caupi, respectivamente, por vaso, sendo que uma semana após a germinação foi realizado o desbaste deixando duas plântulas por vaso. A umidade dos vasos foi mantida em torno de 70% do VTP, durante os cultivos, aferida mediante pesagens periódicas, completando-se o peso com água destilada.

O uso do solo teve início com o cultivo do milho até o início do florescimento (estádio V<sub>8</sub>), aproximadamente 45 dias. Após a colheita do milho o solo foi revolvido para retirada das raízes e depois foi introduzido o feijão-caupi. O mesmo foi avaliado em dois estádios, no florescimento (estádio R<sub>6</sub>) e época de maturação dos grãos (estádio R<sub>9</sub>). Os cultivos foram repetidos e avaliados na mesma sequência cronológica.

Foi medida a altura das plantas, utilizando fita métrica, a partir do colo rente ao solo até o ápice da última folha formada, enquanto que para o caupi foi até a última ramificação formada. O diâmetro do caule foi medido com paquímetro digital, sendo determinados rente ao solo para todos os cultivos e culturas (BENICASA, 2003).

Todo material vegetal colhido (para as duas culturas) foi separado em parte aérea, raiz e grãos no caso feijão caupi (estádio R<sub>9</sub>), lavados e acondicionados em sacos de papel e secos em estufas na temperatura de 65-70°C até peso constante. Depois de seco o material foi pesado para obtenção da massa seca. Para o feijão-caupi foi determinado o número de vagens por planta, o número de grãos por vagens e a massa seca de grãos (MSG).

A massa seca da parte aérea no florescimento (MSPA<sub>1</sub>) do feijão caupi e na produção (MSPA<sub>2</sub>), além da massa seca das raízes (MSR) constituíram a massa seca total (MST). Foi calculada a produção relativa (PR) de massa seca da parte aérea e massa seca de grãos (feijão-caupi) a partir dos tratamentos com omissão (-M) em relação ao completo (C), utilizando a seguinte expressão:

$$PR (\%) = \{MSPA \text{ ou } MSG (-M) / MSPA \text{ ou } MSG (C)\} \times 100.$$

As partes das plantas depois de pesadas e moídas, foram acondicionadas em frasco hermeticamente fechados para posterior realização de análise de macronutrientes e micronutrientes.

Os teores dos nutrientes nas folhas e raízes foram determinados conforme Malavolta et al. (1997). O N pelo método Kjeldahl, P, K, Ca, Mg, Zn, Cu e Fe pela digestão nitro-perclórica, em que o P foi quantificado por colorimetria, o K por fotometria de chama, Ca, Mg, Zn, Cu e Fe por espectrofotometria de absorção atômica, e S, foi pesada 0,15g da amostra e adicionada o 2 g de catalisador (CONQUETE), em barqueta, levada ao CNN-S a uma temperatura de 350°C e quantificado via combustão seca (CHN-S) em analisador elementar.

### 2.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

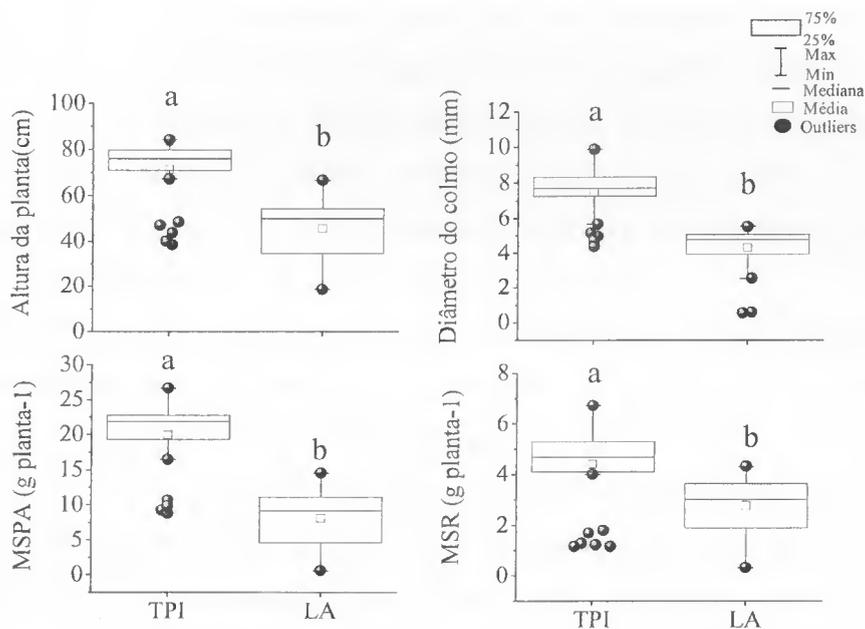
As variáveis altura, diâmetro do colmo e massa seca das plantas foram analisadas por meio do procedimento “*Box Plot*” e as médias comparadas entre os solos pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). As variáveis altura, diâmetro do colmo e massa seca das plantas, a produção relativa e teores de nutrientes foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 MILHO

A Terra Preta de Índio (TPI) apresentou valores mais altos de pH, carbono orgânico, macro e micronutrientes, CTC a pH 7,0 e saturação por bases quando comparados ao Latossolo Amarelo (LA) (Tabela 1). Além disso, apresentou altos teores de óxidos de Fe e Al, grau de intemperização  $K_i < 2$  e  $K_r < 2$ , textura média (Tabela 2). As frações argila dos solos apresentam composições mineralógicas semelhantes com predomínio de caulinita (BRAZ, 2011). Os índices de intemperização  $K_i$  e  $K_r$  sugere a presença de argila do tipo caulinita comprovada pela análise e valores de óxidos de Fe e Al podendo definir as características de alta e/ou baixa fertilidade dos solos (MELO et al., 2006). Com base nesses resultados a TPI em estudo pode ser caracterizada com alta fertilidade (FALCÃO e BORGES, 2006; LEHMANN et al., 2003).

A altura, o diâmetro do colmo e a massa seca das plantas de milho foram maiores na TPI do que no LA, sendo que houve maior dispersão dos dados (outliers) na TPI, cuja discrepância ocorreu para dados abaixo da média (Figura 2). Tais resultados confirmam o maior potencial de produção da TPI, já observado por Falcão e Borges. (2006), trabalhando com a cultura do mamão hawaí (*Carica papaya* L.) no Estado do Amazonas.



**Figura 2:** Gráfico “Box Plot” dos valores médios da altura, diâmetro do colmo e massa seca da parte aérea (MSPA) e raízes (MSR) para a cultura do milho. Letras iguais nas caixas não diferem entre os solos pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

A presença de outliers na TPI pode ser devido à baixa disponibilidade de K no solo, cujo tratamento com omissão do elemento os resultados foram muito baixos. No LA o diâmetro do colmo apresentou maior dispersão das variáveis estudadas em relação à média, pois apresenta mais dados discrepantes (outliers), com dispersão dos dados semelhante a TPI (Figura 2).

A altura e massa seca das plantas apresentaram apenas dois dados discrepantes, sendo um acima e outro abaixo da média. Os dados abaixo da média foram devido ao tratamento controle, cuja fertilidade natural do solo é baixa (Tabela 1). Como o milho requer altas quantidades de nutrientes no solo para maior produtividade (FACELLI, 2008), os dados de crescimento para essas variáveis foram baixos.

Em Latossolo Amarelo de floresta secundária, submetido ao cultivo de milho foi observada baixa produção de massas seca, devido acidez elevada e teores de nutrientes abaixo do considerado adequado para a cultura (GALVÃO, MORAIS, TOFOLI, 2009).

A TPI apresentou maior potencial para o cultivo do milho do que o Latossolo Amarelo tendo em vista os maiores valores de todas as variáveis de crescimento, independente do tratamento (Tabela 3). Na TPI o tratamento completo não apresentou diferenças entre os demais tratamentos com omissão, exceto para os tratamentos controle (sem calagem e adubação) e com omissão de K, em todas as variáveis estudadas, sendo que para o diâmetro inclui-se a estes tratamentos a omissão de Ca e de Cu (Tabela 3). A produção média baixa apresentada no tratamento controle pode ser explicada pela ausência da calagem e da adubação potássica, visto que o solo apresentava baixo teor do elemento (Tabela 1) e redução que esse solo sofreu no segundo cultivo de milho (Anexo 2).

A omissão de K, juntamente com o controle foram os tratamentos que apresentaram menores valores para as variáveis de crescimento do milho. Vários autores analisando a fertilidade dos solos observaram baixos teores de K (SILVA et al., 2011; GLASER; BIRK, 2012). Como o K é o segundo nutriente exigido em maior quantidade pelo milho é de se esperar redução na produção para a TPI. Por outro lado, já foi observado em diversas culturas altas produções mesmo com baixos níveis de K no solo (GERMAN, 2001).

**Tabela 3.** Altura, diâmetro do colmo e massas seca da parte área (MSPA), raízes (MSR) e total (MST) de duas plantas de milho em Terra Preta de Índio (TPI) e Latossolo Amarelo Distropico típico (LA) na Amazônia.

	Altura da planta (cm)		Diâmetro do colmo (mm)		MSPA (g)		MSR (g)		MST (g)	
	TPI	LA	TPI	LA	TPI	LA	TPI	LA	TPI	LA
<b>Controle</b>	40,83 Ac	21,27Bc	5,27 Ad	2,68Bc	9,90 Ab	1,11 Bc	1,57Ab	1,46 Bed	11,47Ab	2,57 Bc
<b>Completo</b>	79,36 Aab	51,95Ba	9,09 Aa	5,06Ba	21,84 Aa	10,06 Bab	5,04Aa	3,66 Bab	26,88Aa	13,72 Ba
<b>-N</b>	72,48 Ab	58,76Ba	8,21 Aabc	4,74Ba	20,74 Aa	11,13 Ba	4,98Aa	4,19 Ba	25,72Aa	15,32 Ba
<b>-P</b>	78,41 Aab	33,28Bbc	7,78 Aabc	4,35 Ba	23,22 Aa	4,00 Bc	4,93Aa	2,25 Bbc	28,14Aa	6,25 Bc
<b>-K</b>	45,21 Ac	43,86Bab	4,50 Ad	3,99Bab	9,43 Ab	5,85 Bbc	1,20Ab	1,74 Bed	10,63Ab	7,59 Bbc
<b>-Ca</b>	81,81 Aa	23,63Bc	8,31 Aabc	1,25 Bc	23,16 Aa	2,01 Bc	4,54Aa	0,92 Be	27,71 Aa	2,93 Bc
<b>-Mg</b>	74,83 Aab	51,78Ba	8,92 Aab	4,50 Ba	20,55 Aa	9,39 Bab	4,67Aa	3,35 Babc	25,21 Aa	12,74 Bab
<b>-S</b>	75,03 Aab	56,85Ba	7,36 Abc	4,94Ba	21,87 Aa	12,13 Ba	5,58Aa	2,62 Bbcd	27,45 Aa	14,75 Ba
<b>-B</b>	71,17 Ab	51,17Ba	7,71 Aabc	5,22Ba	21,89 Aa	10,26 Bab	4,65Aa	3,20 Babc	26,54 Aa	13,45 Ba
<b>-Cu</b>	78,06 Aab	52,06Ba	7,24 Ac	5,18Ba	23,73 Aa	12,32 Ba	5,65Aa	3,63 Bab	29,38 Aa	15,94 Ba
<b>-Fe</b>	78,98 Aab	50,90Ba	7,70 Aabc	5,27Ba	21,08 Aa	9,78 Bab	5,29Aa	3,11 Babc	26,37 Aa	12,90 Bab
<b>-Zn</b>	81,33 Aa	54,30Ba	7,57 Aabc	4,56Ba	22,21 Aa	9,52 Bab	4,77Aa	3,14 Babc	26,97 Aa	12,66 Bab
<b>CV(%)</b>	4,00	11,72	6,96	10,81	11,33	21,55	14,98	14,50	10,55	18,25
<b>DMS</b>	8,41	15,82	1,53	1,37	6,68	5,16	1,94	1,18	7,59	5,86

C. V.: Coeficiente de variação; DMS: Diferença mínima significativa; Letras maiúsculas nas linhas comparam solos e minúsculas nas colunas comparam os tratamentos pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Plantas de milho avaliadas em diferentes dias após emergência e cultivadas em Neossolo Quartzarênico, Latossolo Vermelho e Latossolo Bruno, demonstraram que o diâmetro do colmo, a altura da planta e número de folhas foram maiores com a adição de potássio no solo (ANDREOTTI et al., 2001).

Para o LA o tratamento completo aumentou os valores de todas as variáveis de crescimento do milho, quando comparado ao controle (Tabela 3). Isto sugere que para o cultivo do milho neste solo há necessidade de adubação e calagem. Para a altura das plantas os tratamentos mais limitantes foram à omissão de Ca, seguido pelo P, enquanto que para o diâmetro apenas a omissão de Ca foi limitante. Para MSPA, MSR e MST não se observou diferença entre o tratamento completo comparado aos demais tratamentos, com exceção para o controle e com omissão de P, Ca e K (Tabela 3).

Os baixos valores obtidos nos tratamentos com omissão de P, Ca e K podem ser justificados devido o baixo teor inicial dos elementos no solo (Tabela 1). Além disso, a baixa concentração de matéria orgânica e elevada capacidade de adsorção ou fixação de P, devido principalmente aos altos teores de óxidos de Fe e Al na composição mineralógica pode justificar essa produção baixa (Tabela 2).

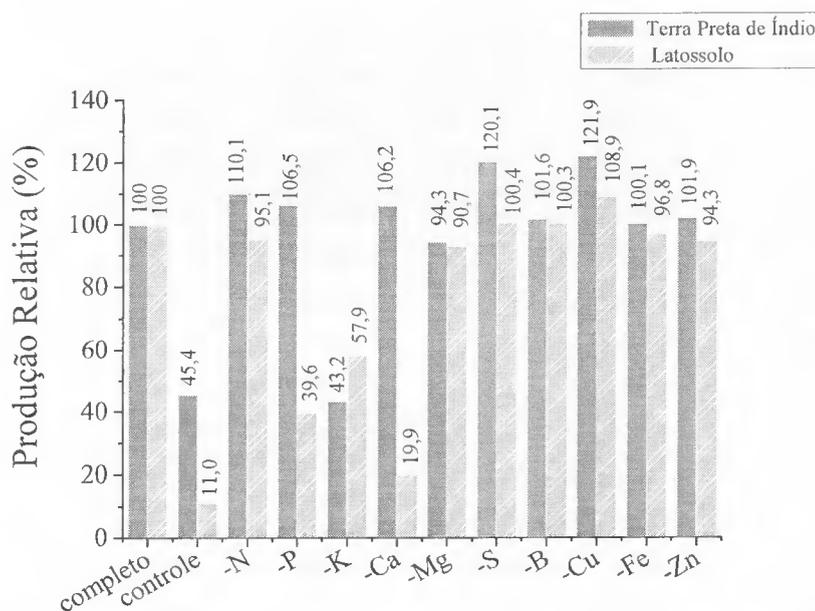
Maiores doses de fósforo aplicado em um Latossolo Amarelo proporcionaram maiores altura, diâmetro e massas secas de plantas de milho (OLIVEIRA et al., 2009). Os baixos valores médios das variáveis de crescimento no tratamento com omissão de P são devidos também aos baixos valores obtidos no segundo cultivo de milho (Anexo 2), tendo em vista que não foi feita nova adubação fosfatada.

O valor baixo, das variáveis obtidas nos tratamentos controle quando comparado ao tratamento completo se deve também a ausência da calagem. A calagem aumenta a produção em Latossolos, principalmente quando eles apresentam acidez elevada e baixos teores de Ca disponível no solo (MELLO et al., 1985). Nessas condições o crescimento das raízes é reduzido, principalmente devido à toxidez de Al e baixa concentração de Ca. Plantas de milho cultivadas em Latossolo Vermelho apresentaram aumento da massa seca das raízes com o aumento de calcário em duas profundidades (MELO et al., 2011).

Os tratamentos controle e com omissão de K na TPI, reduziram a produção relativa da massa seca em 59 e 58%, respectivamente, quando comparados ao tratamento completo (Figura 4). A redução da produção relativa nos tratamentos que não receberam adubação potássica sugere limitação da TPI em K.

Outros autores revelaram baixos níveis do nutriente K em TPI do Estado do Amazonas e altos teores de Ca e Mg ocasionando assim desbalanço nutricional entre os cátions (FALCÃO; BORGES, 2006; FALCÃO et al., 2003 ). O desbalanço nutricional pode causar antagonismo ou inibição competitiva e não competitiva entre Ca ou Mg e o K (MALAVOLTA et al., 2006), levando a redução do crescimento como ocorreu no tratamentos que não foram adubados com o K.

O LA apresentou redução significativa na produção relativa de massa seca nos tratamentos controle, omissão de Ca, P e K de 91, 60, 40 e 80%, respectivamente, em relação ao completo. A produção relativa da massa seca de milho, cultivado em Latossolo Amarelo, revelou redução na massa seca da parte aérea com omissão de P, K e Ca (GALVÃO, MORAIS, TOFOLI, 2009).



**Figura 3:** Produção relativa de massa seca da parte aérea (média dois cultivos) de milho.

O teor de N na parte aérea e raízes de milho apresentaram diferenças significativas entre os solos e tratamentos (Anexo 3). O teor de N na MSPA do tratamento controle foi maior na TPI comparado com LA, já nos tratamentos completo e com omissão de N não apresentaram diferenças entre os solos (Tabela 4). Na TPI maior teor de N foi observado no tratamento completo, enquanto que os tratamentos controle e omissão de N não diferiam. Os teores de N no LA foram maiores no tratamento completo, sendo que no tratamento controle observou-se menor valor que quando se omitiu N.

Os teores de N na MSPA tanto na TPI como no LA, mesmo no tratamento completo que apresentou maiores valores, estão abaixo da faixa adequada para a cultura que é 28-35 g kg<sup>-1</sup>, segundo Malavolta, Vitti e Oliveira (2006).

**Tabela 4:** Teores de macronutrientes e micronutrientes da parte aérea e raízes de plantas milho cultivadas em amostras de Terra Preta de índio (TPI) e Latossolo amarelo (LA) nos tratamentos controle, completo e com omissão de nutrientes (-M).

Nutriente	TPI		LA		TPI		LA					
	Controle		Completo		-M							
<b>Macronutrientes</b>												
----- g kg <sup>-1</sup> -----												
N	12,18	Ab	5,04	Bc	21,21	Aa	16,94	Aa	14,21	Ab	11,55	Ab
P	2,93	Aa	0,91	Ba	2,05	Aa	0,75	Ba	2,09	Aa	0,73	Ba
K	3,11	Bb	7,53	Ab	6,51	Ba	14,87	Aa	4,30	Ab	3,49	Ac
Ca	8,71	Aa	0,57	Bb	2,96	Ab	1,89	Ba	3,35	Ab	0,58	Bb
Mg	3,63	Ab	0,04	Bb	4,36	Aa	0,07	Ba	0,08	Ac	0,02	Bc
S	2,40	Aa	1,10	Ba	1,54	Aab	0,90	Aab	1,27	Ab	0,62	Bb
-----												
N	27,44	Aa	27,76	Aa	27,70	Aa	25,20	Aa	5,46	Ab	6,58	Ab
P	1,58	Aa	0,66	Ba	0,74	Aa	0,59	Ba	0,70	Aba	0,46	Ba
K	1,25	Ba	3,05	Aa	0,71	Aa	1,53	Ab	0,72	Aa	0,91	Ab
Ca	7,70	Aa	1,00	Bb	9,98	Aa	2,67	Bb	7,52	Aa	1,92	Bb
Mg	8,04	Ab	2,65	Bb	12,10	Aa	5,89	Ba	7,19	Ab	3,26	Bb
S	1,4	Ab	0,6	Bb	3,3	Aa	1,1	Ba	1,8	Ab	0,5	Bb
-----												
<b>Micronutrientes</b>												
----- mg kg <sup>-1</sup> -----												
Cu	10,88	Aa	1,22	Bb	8,62	Aa	2,88	Ba	5,17	Aa	0,19	Bc
Fe	243,1	Aa	372,0	Ba	150,5	Aa	136,55	Ab	109,61	Aa	137,95	Ab
Zn	33,71	Ba	100,3	Aa	12,95	Aa	9,23	Ab	20,84	Aa	7,56	Bb
-----												
Cu	7,45	Aa	5,35	Ab	9,15	Ba	27,49	Aa	8,10	Aa	4,54	Ab
Fe	430,9	Aa	140,8	Ba	232,6	Ba	434,0	Aa	383,4	Aa	99,69	Ba
Zn	97,14	Ba	188,9	Aa	34,29	Aa	46,40	Ab	52,70	Aa	47,63	Ab

Letras maiúsculas nas linhas compara os solos e minúsculas nas linhas compara os tratamentos (controle, completo e -M) em cada solo pelo teste Tukey (p<0,05).

Fonte: A autora

O teor de N nas raízes não variou entre os solos independentes do tratamento, no entanto quando foi omitido N, o valor reduziu de forma expressiva (Tabela 4). Os baixos valores de N nas raízes quando foi omitido N podem ser devido à translocação para a parte aérea, fazendo com que a produção relativa na TPI e LA não fosse afetada pelo teor de N nas plantas (Figura 4).

O N é o nutriente exigido em maior quantidade pela a cultura do milho. Outros híbridos de milho cultivados em Latossolos apresentaram baixos acúmulos de N na fase inicial, além disso, há variação entre as exigências dos híbridos (VON PINHO et al., 2009). Baixa concentração de N na TPI foram encontrados com cultivos de mamão (*carica papaya* L. ) e feijão (*vigna unguiculata*) sendo explicado por baixa concentração de N-NO<sub>3</sub> (LEHMANN et al., 2003, FALCÃO e BORGES, 2006).

O maior teor de P no milho foi observado na TPI tanto na parte aérea como nas raízes (Tabela 4), fato justificado pelo elevado teor do nutriente no solo. A adubação fosfatada não aumentou o teor de P nas raízes conforme o teor apresentado no tratamento completo, cujo nutriente foi translocado pela planta. Os tratamentos nas TPI também não apresentam diferenças. Os valores encontrados nos tratamentos estão abaixo da faixa adequada que é de 2,5 a 3,5 g kg<sup>-1</sup> (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 2006).

Os valores mais baixos podem estar relacionados a diferenças genéticas, uma vez que as exigências nutricionais dos híbridos variam (VON PINHO et al., 2009). Na literatura existem poucos trabalhos com milho em TPI analisando teores de nutrientes. Diferente do que vem sendo encontrado em outras culturas cultivadas em TPI, como o arroz e caupi foram encontrados altos teores de P nas plantas (LEHMANN et al., 2003), o que se justifica pelos altos teores de P nos solos de TPI. A alta disponibilidade de P na TPI pode ser explicada pela incorporação de ossos e outro resíduos de origem animal e vegetal pelos povos indígenas (KERN; KAMPF, 2005).

Para o LA a adubação com P, não interferiu entre os tratamentos sendo que os mesmo estão abaixo dos níveis considerado adequado para cultura. Ao contrário do que foi encontrado, o teor de P em plantas de milho aumenta com o incremento de doses de P no solo. (HARGER et al., 2007; GALVÃO, MORAIS, TOFOLI, 2009). Isso pode ter ocorrido devido o baixo teor de P no solo, sendo que a produção relativa sofreu redução com a ausência desse nutriente.

Os teores de K na MSPA foram maiores no LA, tendo com isso aumento na adição de K no solo. Já quando se omitiu o nutriente, os solos não apresentam diferenças (Tabela 4). Independente do tratamento e do tipo de solo, os teores encontram-se abaixo do nível considerado adequado para o milho que está na faixa de 17,5 a 22,5 (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 2006). Pela dificuldade de trabalhos com cultivos de milho em TPI e com omissão de nutrientes, comparamos com trabalhos com Latossolo. Em plantas de milho submetidas a doses de K houve um aumento significativo dos teores de K nas folhas em relação ao tratamento sem adubação, elevando os teores para a faixa adequada (PIRES et al., 2003; GALVÃO, MORAIS, TOFOLI, 2009).

Os teores de Ca e Mg foram superiores em todos os tratamentos na TPI quando comparado com o LA, exceto o tratamento completo nas raízes que não apresentou diferença entre os solos (Tabela 4). Na TPI os tratamentos não apresentam diferenças. Os altos teores de Ca em todos os tratamentos na TPI estão dentro da faixa adequada pela cultura 2,5 a 4,0 g kg<sup>-1</sup> de planta, por sua vez esse valores adequados de Ca na MSPA foram devido ao suprimento do nutriente no e solo e ainda pelos altos teores desses nutriente no solo (Tabela 1). Mg na parte aérea dentro do limite adequado e nas raízes acima do adequado.

Os tratamentos controle na parte aérea e completo com omissão de Ca nas raízes estão considerados acima dos valores referencia para a cultura podendo ser considerados tóxicos para as plantas. Vários trabalhos com esses solos observam valores adequado de Ca e Mg para outras culturas e ainda a relação de antagonismo do Ca/Mg com a inibição do K (LEHMANN et al., 2003). Esses altos teores justificam os altos níveis dos nutrientes e pH no solo indicado na análise inicial.

Para o LA os teores de Ca e Mg foram em todos tratamentos abaixo do nível adequado proposto por Malavolta, Vitti e Oliveira (2006). Baixos valores de Ca e Mg foram encontrados em plantas de milho quando se omitiu os nutrientes, esses valores baixos correspondem a baixos níveis no solo ou ainda pelo incremento de K (GALVÃO, MORAIS, TOFOLI, 2009; ANDREOTTI et al., 2000).

A TPI apresentou maiores teores de S quando comparados ao LA, tanto na parte aérea como nas raízes (Tabela 4). O tratamento controle obteve maior teor de nutriente, comparados aos tratamentos completo e com omissão de S na TPI. Contudo, os teores de enxofre encontrados na parte aérea e raízes estão próximos dos valores de 1,5 a 2,0 g kg<sup>-1</sup> de planta considerados adequados para o milho, podendo ser considerado adequado por Malavolta; Vitti; Oliveira, (2006). Cujo suprimento alto de enxofre, é justificado pelo alto conteúdo de matéria orgânica nesse solo conforme (Tabela 1). Diferente da TPI o LA apresentou baixos teores de S em todos os tratamentos. Valores semelhantes foram encontrados em plantas de milho quando analisadas os acúmulos totais de enxofre, em dois híbridos de milho, em função dos estádios fenológicos (dias após a emergência) com 45 dias após a germinação os teores de enxofre foram em média de 9 a 10 kg ha<sup>-1</sup> (VON PINHO et al., 2009).

Os teores de Cu, Fe e Zn no milho foram maiores na TPI, sendo que para o Cu não houve diferença entre os tratamentos, enquanto que o Fe apresentou maiores valores no tratamento controle na parte aérea e tratamento completo nas raízes, já o Zn o tratamento controle foi maior que os demais (Tabela 4). Todos os micronutrientes estudados na TPI encontram-se na faixa adequada sendo Cu (6-20 mg kg<sup>-1</sup>), Fe (50-250 mg kg<sup>-1</sup>) e Zn (6-20 mg kg<sup>-1</sup>), exceto para os teores de Fe nas raízes que apresentam valores superiores no tratamento controle e com omissão, e ainda o nutriente zinco na raiz quanto ao tratamento controle apresenta mesmo comportamento superior ao nível adequado. Baixos teores de Fe altos teores de Cu e Zn foram encontrados na literatura, com outras culturas, sendo que os baixos teores de Fe provavelmente são devidos os teores e forma de carbono orgânico nesses solos (COSTA, 2006; LEHMANN et al., 2003; CUNHA et al., 2007; MOREIRA, 2007).

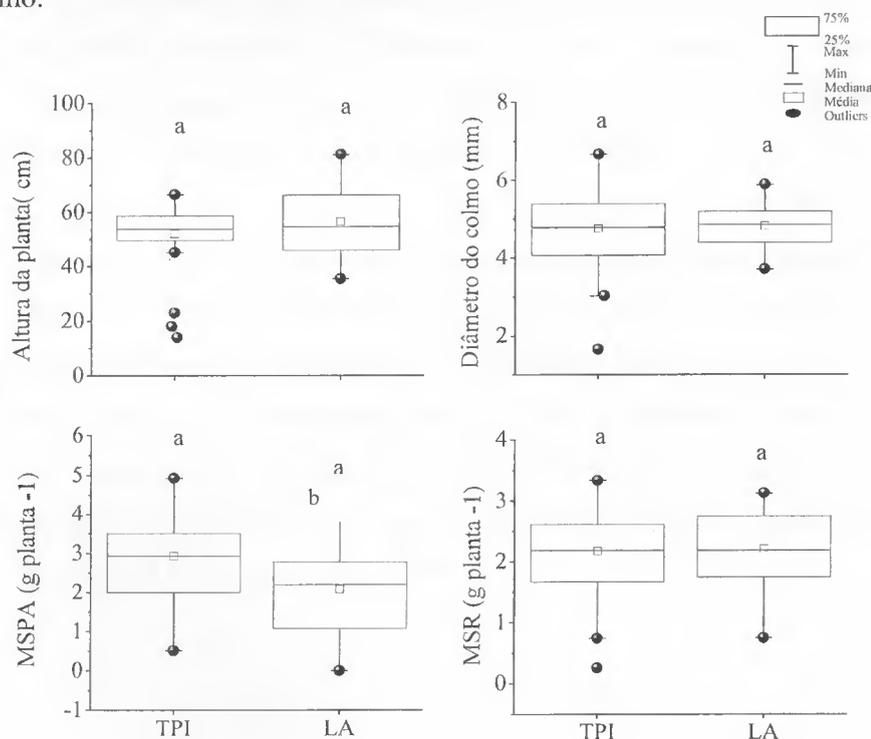
Para o LA houve uma redução nos teores de Cu e Zn em todos os tratamentos para o Cu e no tratamento completo e com omissão para o Zn. A redução de zinco na parte aérea pode ser devido ao aumento valor de pH do solo. Pois teores de zinco em plantas de milho sofreram redução com baixos com aumento de pH (PEREIRA et al., 2007).

### 3.2 FEIJÃO-CAUPI

Para o feijão-caupi a altura, o diâmetro e massa seca da parte da raiz e total das plantas, não se diferiram entre os solos, exceto a massa seca de parte aérea que na TPI foi maior (Figura 4). Esse fato pode ser explicado pela sucessão dos cultivos e grande adaptabilidade do caupi a solos de baixa fertilidade (SILVA; OLIVEIRA, 1993).

A maior variação dos dados na TPI foi observada na altura da planta, onde apresenta muitos dados discrepantes (Figura 4). A discrepância (outliers) para os dados de altura das plantas pode ser influenciada pela baixa disponibilidade de potássio, cujo nutriente apresentou limitação para o cultivo do milho.

Os dados de diâmetro do colmo, MSPA, MSR na TPI, apresentam pouca variação, os pontos discrepantes (outliers) são mais abaixo da média. No LA a discrepância é menor, pois apenas dois pontos (outliers) aparecem nos parâmetros de crescimento analisado. A baixa fertilidade inicial desse solo pode justificar essa variação baixa, ou seja, os tratamentos obtiveram médias tendendo a igualdade. E ainda pelos baixos teores de Ca P observados no cultivo de milho.



**Figura 4:** Gráfico "Box Plot" dos valores de massa seca da parte aérea, raiz de plantas de feijão-caupi em Terra Preta de Índio (TPI) e Latossolo amarelo (LA). Letras iguais nas caixas comparam os solos pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

A calagem afetou significativamente na produção de matéria seca de plantas de caupi em solos de várzea utilizando mesma cultivar (ANDRADE et al., 2000 e LINHARES et al., 2008). Os dados do segundo cultivo foram os responsáveis pela maior produção de massa seca da parte aérea no feijão-caupi (Anexo 12).

A altura, diâmetro do colmo, massa seca da parte aérea, massa seca de raízes e massa seca total das plantas de feijão-caupi foram iguais em todos os tratamentos na TPI, exceto para o tratamento controle onde houve a morte das plantas por pragas no primeiro cultivo (Anexo 11). No LA o mesmo foi observado sendo que não houve diferenças entre os tratamentos (Tabela 5). Trabalhando com a mesma cultivar em casa de vegetação em solo de várzea observou valores maiores de MSPA, cerca de  $7,09 \text{ g planta}^{-1}$  no tratamento controle sem calagem e adubação (LINHARES et al., 2008). A baixa produção na TPI pode ser explicada pela redução bem acentuada que sofre as massas seca no segundo cultivo de feijão-caupi (Anexo 13).

Quando avaliado no final da produção o feijão-caupi obteve maior peso seco dos grãos foi para a TPI em todos os tratamentos exceto no tratamento controle que não produziu nenhuma vagem. Os tratamentos com omissão de potássio e cálcio foram os que apresentaram menor peso dos grãos comparados ao tratamento completo (Tabela 6). Outros autores trabalhando com a mesma cultivar observaram maior peso de grãos com omissão de cálcio em solo de várzea média de  $6,10 \text{ g/planta}^{-1}$  (LINHARES et al., 2008).

O potássio nos solos de terra preta de índio em sua maioria é encontrado em baixas concentrações, ou seja, dentro da faixa de baixa a muito baixa para disponibilidade nas plantas (FALCÃO et al., 2003; LEHMANN et al., 2003). Para o LA o tratamento completo foi maior em relação aos demais tratamentos, já o tratamento controle obteve média de  $0,88 \text{ g}$  grãos por planta o menor valor encontrado para este solo. A adubação e calagem aumentou o peso dos grãos. O mesmo foi observado em plantas de caupi por outros autores em solos de várzea onde a incorporação de calagem aumentou o peso dos grãos (ANDRADE et al, 2000; JUQUEIRA et al., 2002; LINHARES et al., 2008).

**Tabela 5.** Valores médios da altura, diâmetro do colmo e massas seca da parte área (MSPA), raízes (MSR) e total (MST) de plantas de feijão-caupi em Terra Preta de Índio (TPI) e Latossolo Amarelo típico (LA) na Amazônia.

Produção	Altura da planta (cm)		Diâmetro do colmo (mm)		MSPA(g)		MSR(g)		MST(g)	
	TPI	LA	TPI	LA	TPI	LA	TPI	LA	TPI	LA
Controle	18,33 Bc	39,03Aa	3,26 Bb	4,21 Aab	2,09 Aa	1,63 Ba	1,78Aa	1,83 Aab	3,87 Aa	3,46 Bab
Completo	55,13 Aab	59,86Aa	6,07 Aa	5,23 Aa	3,40 Aa	3,08 Ba	2,40Aa	2,20 Aab	5,81 Aa	5,28 Ba
-N	57,88 Aa	57,17Aa	4,89 Aab	4,56 Aab	4,35 Aa	2,47 Ba	2,67Aa	1,35 Ab	7,02 Aa	3,81 Bab
-P	54,56 Aab	60,14Ba	4,60 Aab	5,27 Aab	2,36 Aa	2,43 Ba	2,03Aa	2,45 Aab	4,39 Aa	4,88 Bab
-K	50,04 Aab	56,99Aa	3,86 Aab	4,46 Ab	2,82 Aa	2,83 Ba	1,84Aa	1,86 Aab	4,67 Aa	4,69 Bab
-Ca	62,87 Aab	51,11Aa	5,50 Aab	4,55 Aab	3,14 Aa	1,28 Ba	2,70Aa	1,58 Aab	5,84 Aa	2,86 Bb
-Mg	59,13 Ab	45,78Aa	5,06 Aab	4,03 Aa	4,66 Aa	1,10 Ba	2,48Aa	2,54 Aab	7,13 Aa	3,64Bab
-S	57,07 Aab	60,80Aa	5,63 Aab	4,84 Aab	3,30 Aa	2,58 Ba	2,35Aa	2,30 Aab	5,66 Aa	4,88 Bab
-B	49,60 Aab	47,41Aa	4,62 Aab	5,37 Aab	3,72 Aa	2,86 Ba	2,56Aa	2,50 Aab	6,29 Aa	5,36 Ba
-Cu	48,92 Ab	65,78Aa	4,00 Aab	4,82 Aa	2,92 Aa	2,51 Ba	2,35Aa	2,48 Aab	5,27 Aa	4,99 Bab
-Fe	53,20 Aab	66,61Aa	5,04 Aab	4,96 Aab	2,71 Aa	2,53 Ba	2,24Aa	2,78 Aa	4,95 Aa	5,31 Ba
-Zn	57,99 Ab	68,13Aa	4,68 Aab	5,41 Aab	2,94 Aa	2,60 Ba	2,61Aa	2,60 Aab	5,55 Aa	5,19 Ba
CV(%)	7,75	20,57	16,81	10,10	29,19	31,20	32,16	20,61	25,37	17,00
DMS	11,88	39,55	2,35	1,46	2,75	2,14	2,21	1,34	4,13	2,26

C.V: Coeficiente de variação; DMS: Diferença mínima significativa. Letras maiúsculas nas linhas comparam solos e minúsculas nas colunas comparam os tratamentos pelo teste Tukey  $p < 0,05$ .

O número de vagem por planta não apresentou diferenças entre os solos e tratamentos. Quando foi avaliado o número de grãos por vagem a TPI apresenta maiores valores em todos os tratamentos. Quando se omitiu K houve uma redução no número de vagem por planta em relação ao tratamento completo. O potássio como já foi mencionado no cultivo do milho apresentou baixa disponibilidade no solo pela análise inicial (Tabela 1). Além disso, vários trabalhos com esses solos afirmam essa pouca indisponibilidade do nutriente (LEHMANN, 2003).

**Tabela 6:** Valores médios do peso seco dos grãos (PSG), número de vagem (NV) e número de grãos por vagem (NGV) no final da produção de feijão-caupi para os solos.

Produção	PSG (g)		NV (unidade)		NGV (unidade)	
	TPI	LA	TPI	LA	TPI	LA
Controle	-	0,88 d	-	1,00 a	-	5,67 b
Completo	3,93 Aabc	3,30 Ba	1,31 Aa	1,33 Aa	14,54 Aa	15,17 Bab
-N	1,77 Aa	2,62 Bab	1,00 Aa	1,00 Aa	8,83 Aab	9,83 Bab
-P	1,81 Aabc	1,54 Bbcd	1,78 Aa	1,00 Aa	12,83 Aab	10,50 Baab
-K	2,99 Ac	2,36 Aabc	1,00 Aa	1,33 Aa	4,44 Aab	13,00 Bab
-Ca	4,82 Abc	2,07 Babcd	1,35 Aa	1,00 Aa	14,09 Aab	8,33 Bab
-Mg	4,17 Aabc	1,04 Bdc	1,00 Aa	1,00 Aa	11,22 Aab	8,50 Bab
-S	4,90 Aa	2,20 Babcd	1,20 Aa	1,67 Aa	11,63 Aab	13,00 Bab
-B	4,54 Aab	1,98 Babcd	1,35 Aa	1,30 Aa	13,24 Aab	16,00 Bab
-Cu	3,10 Aa	2,42 Babc	1,39 Aa	1,67 Aa	14,56 Aab	19,33 Ba
-Fe	3,53 Aabc	2,09 Babcd	1,78 Aa	1,50 Aa	15,89 Aa	10,00 Bab
-Zn	4,27 Aabc	2,28 Babcd	1,25 Aa	1,17 Aa	14,39 Aab	13,33 Bab
CV(%)	25,54	24,51	28,20	33,17	27,74	32,88
DMS	2,86	1,50	1,05	1,20	9,77	11,38

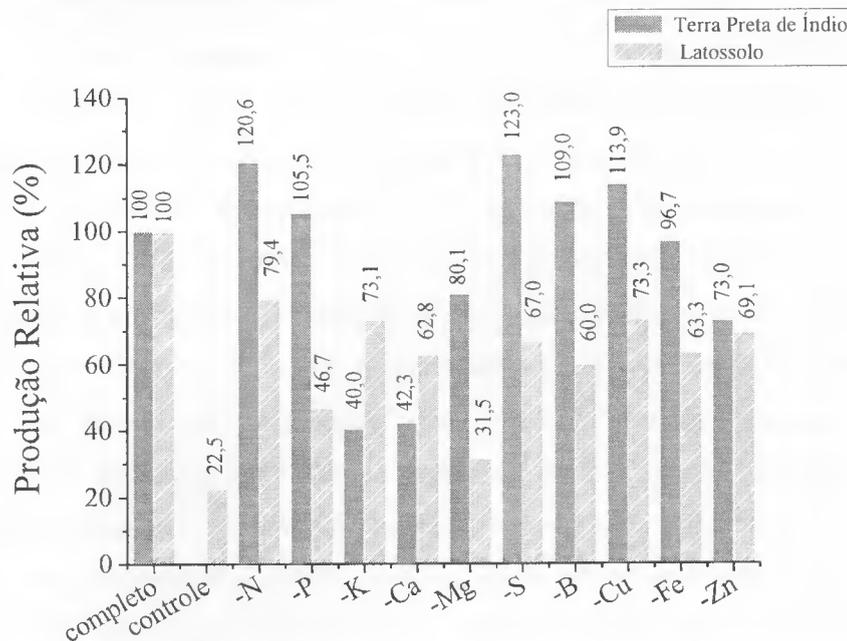
CV: Coeficiente de variação, DMS: Diferença mínima significativa, Letras maiúsculas nas linhas comparam solos e minúsculas nas colunas comparam os tratamentos pelo teste de Tukey  $p < 0,05$ .

Fonte: A autora

O número de grãos por vagens no LA apresentou comportamento semelhante do que ocorreu com o peso seco dos grãos, quando se omite Ca e Mg e nos tratamento controle, observa-se uma redução bem acentuada no número de grão por vagem (Tabela 6).

Esses resultados ressaltam o efeito da calagem em neutraliza os altos teores de Al encontrados nesse solo como pode ser observado na análise inicial (Tabela 1), já que o feijão-caupi é uma espécie bastante sensível à toxidez proporcionada esses íons tóxicos. Portanto a calagem é essencial à maioria dos Latossolos, justamente por neutralizar os efeitos tóxicos do Al e Mn, além de fornecer Ca e Mg e ainda atuaria promovendo aumento na disponibilidade de P pela redução de sua fixação pelo Al (MELO et al., 1993; ANDRADE et al., 2000b; ANDRADE et al., 2002).

Quando calculada a produção relativa para os cultivos de feijão-caupi a TPI apresentou maiores valores relacionados com o LA. Sendo que entre os tratamentos houve uma redução de 60 e 57,7% para os tratamentos com omissão de K e Ca para este solo (Figura 5). Observa-se que quando foram omitidos K e Ca houve uma redução na produção relativa para a TPI, isso pode explicado pelo baixo valor encontrado de K nesses solos (SILVA et al., 2011; LEHMANN et al., 2003; FALCÃO e BORGES, 2006). A redução na produção relativa do PSG na omissão de Ca na TPI pode ser explicada pelo baixo valor no primeiro cultivo de feijão-caupi (Anexo 12). Solos antropicos apresentam altos níveis de Ca, considerados dentro da faixa alta para os solos (RAIJ et al., 1991).



**Figura 5:** Produção relativa (média dois cultivos) de feijão-caupi, relação do peso seco dos grãos entre os tratamentos com omissão (-M) em função do tratamento completo (C).

Para o LA houve uma redução bem significativa entre os tratamentos. O tratamento controle e omissão dos macronutrientes P e Mg sofreram redução na produção relativa de 78, 53,30 e 68,5% respectivamente (Figura 5).

Sendo que a redução mais drástica foi observada com a omissão de Mg e no tratamento controle, essa redução corrobora com os baixos valores de MSPA encontrados nesses tratamentos (Tabela 5). Nesses solos a calagem e adubação são técnicas indispensáveis para uma alta produção.

Valores superiores na produção relativa foram encontrados por Linhares et al. (2007) analisando produção de feijão em solos de várzea. Junqueira et al. (2002) observaram redução na produção relativa dos grãos quando se omitiu de P (60,65 e 49%) e Mg (49,92 e 56%) respectivamente, cuja redução foi superior aos valores encontrados, isso se deve à utilização de solos de várzea que apresenta maior fertilidade.

A análise de variância entre os teores dos nutrientes nos solos indica que houve efeito significativo  $p < 0,05$  com as práticas de correção e adubação (Anexos 7 e 8). O teor de N foi maior em todos os tratamentos da TPI (Tabela 7). Logo os teores de N encontrados na TPI estão dentro da faixa (18 a 22 g kg<sup>-1</sup>) considerada adequada (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 2006). Entretanto, Parry et al. (2008) utilizando a mesma cultivar em Latossolo amarelo, em diferentes épocas de semeadura e adubações de macronutrientes no feijão-caupi, obteve valores médios 20,1 e 21,0 g planta<sup>-1</sup> respectivamente, resultados semelhantes aos encontrados. Os tratamentos controle, completo e com omissão de N não apresentam diferenças na TPI, isso se deve ao fato da TPI apresentar altos teores de N em relação aos solos adjacentes e ainda altas concentrações de matéria orgânica, que aumenta a disponibilidade de nitrogênio (LEHMANN et al., 2003a; CUNHA et al., 2007).

No LA os tratamentos controle na parte aérea e com omissão de N nas raízes encontram-se abaixo do considerado adequado, sendo que os demais tratamentos apresentam comportamentos diferentes. Tais valores podem ser justificados pela análise inicial do solo, que apresenta baixo teor de matéria orgânica (indicador de baixo teor de N). Resultados encontrados por Andrade et al. (2000), indicam que a adição de fontes de N no solo para o caupi aumentam seu teor nas plantas. Outros trabalhos ressaltam que os baixos teores de N na época do florescimento pode ser devido à alta mobilidade do nitrogênio nas plantas e ainda pelo efeito diluição do nutriente no solo (TEIXEIRA et al., 2008).

**Tabela 7.** Teores de macronutrientes e micronutrientes de plantas de feijão-caupi nos tratamentos controle (C), completo (C<sub>1</sub>) e com omissão de nutrientes (-M) na parte aérea (PA) e raiz dos solos.

Nutriente	TPI		LA		TPI		LA		TPI		LA	
	Controle				Completo				-M			
<b>Macronutrientes</b>												
-----g kg <sup>-1</sup> -----												
N	24,7	Aa	13,86	Ac	23,03	Aa	17,22	Aa	25,97	Aa	19,25	Aa
P	0,94	Aa	0,63	Ba	3,22	Aa	0,63	Ba	1,57	Aa	0,71	Ba
K	1,19	Bb	4,34	Ab	4,23	Aa	6,78	Aa	1,91	Aa	2,05	Ac
Ca	13,83	Ab	4,88	Bb	26,64	Aa	17,87	Ba	16,80	Ab	3,05	Bb
Mg	3,16	Aa	3,05	Aa	4,50	Aa	6,22	Aa	15,75	Aa	35,07	Aa
S	1,95	Aa	1,16	Ab	1,52	Aa	1,20	Aa	0,94	Ab	1,40	Aa
N	23,66	Aa	18,69	Ba	23,80	Aa	17,71	Ba	24,85	Aa	14,28	Ba
P	0,94	Aa	0,68	Bb	1,84	Aa	1,32	Ba	0,53	Aa	0,40	Bb
K	1,62	Aa	0,88	Ab	2,45	Aa	1,86	Aa	1,70	Aa	0,69	Ab
Ca	2,01	Aa	0,11	Aab	6,67	Aa	6,58	Aa	3,35	Aa	2,03	Ab
Mg	2,06	Aa	0,02	Ab	1,32	Aa	2,14	Aa	2,45	Aa	0,05	Ab
S	0,9	Ab	0,9	Ac	1,1	Bab	3,8	Aa	1,3	Ba	0,29	Ab
<b>Micronutrientes</b>												
-----mg kg <sup>-1</sup> -----												
Cu	2,44	Ab	3,50	Aa	9,00	Aa	4,00	Aa	3,00	Ab	2,00	Ab
Fe	45,80	Ab	28,50	Ba	114,00	Aa	23,00	Ba	88,00	Aa	27,50	Ba
Zn	27,85	Bb	130,5	Aa	44,00	Aa	25,50	Ab	32,00	Aa	21,00	Ab
Cu	17,40	Ab	11,30	Ab	46,50	Aa	100,85	Ba	15,95	Ab	12,75	Ab
Fe	73,90	Ab	1,41	Bb	386,00	Aa	5,79	Ba	306,15	Aa	2,09	Bb
Zn	31,00	Aa	56,95	Ab	101,00	Aa	40,90	Bb	50,00	Aa	95,45	Aa

Letras maiúsculas nas linhas comparam os solos e minúsculas nas linhas comparam os tratamentos (controle, completo e -M) em cada solo pelo teste Tukey (p<0,05).

**Fonte:** A autora

Quanto analisados os teores de P e K na TPI os maiores valores para P foram encontrados na TPI em todos os tratamentos, enquanto que os teores de K não se diferiu, com exceção para o tratamento controle na parte aérea que foi maior no LA (Tabela 7). O teores de P tanto na parte aérea com nas raízes estão dentro da faixa adequada para o caupi, exceto o tratamento com omissão de P na raiz que está abaixo do limites adequados. Todos os teores de K, nos tratamentos e solos estão abaixo dos níveis proposto por Malavolta, Vitti e Oliveira (2006).

Os macronutrientes P e K obtiveram respostas semelhantes em cultivos de feijão-caupi em amostras TPI fertilizada, TPI com adição de carvão e TPI fertilizada e com adição de carvão, sendo que em todos os tratamentos não houve baixos teores de P no caupi, e o K apresentou teores baixos em todos os tratamentos da TPI em plantas de caupi, estando sempre abaixo do valor adequado (LEHMANN et al.,2003). Esses resultados a eram esperados quanto à fertilidade da TPI. Além dos mais os baixos teores de K, podem ser devido ao altos níveis de Ca no solo.

Os teores de P e K no LA estão abaixo do nível adequado para o caupi (1,2- 1,5 e 30-35 g kg<sup>-1</sup>) respectivamente, independente do tratamento, com exceção para o tratamento completo nas raízes que estão dentro da faixa adequada. A adubação não influenciou nos aumentos dos teores de P e K no LA. O Ca na TPI apresentou maior teor na parte aérea de feijão em relação ao LA em todos os tratamentos. Já os teores de Ca nas raízes não apresentaram diferenças entre os solos e tratamentos. Os solos e tratamentos apresentam valores abaixo da faixa adequada (50- 55 g kg<sup>-1</sup>). Os todos as parte analisadas do feijão-caupi o Mg, não apresentou diferenças entre solos e tratamentos. Sendo ainda que os tratamentos apresentam valores abaixo do nível adequado, e o com omissão de Mg na TPI, está acima da faixa adequada (5 – 8 g kg<sup>-1</sup>).

Resultados semelhantes foram observados no LA, apenas os tratamentos completo e omitido apresentam-se na faixa adequada (Tabela 7).Os teores de Ca encontrados em solos de Várzea por Andrade et al. (2000a) variaram de 0,284 a 0,685 g kg<sup>-1</sup> planta e foram superiores aos observados por Linhares et al. (2007) que foram em torno de (0,026 a 0,045 g kg<sup>-1</sup> planta), sendo ainda inferiores ao encontrados no trabalho, sugerindo portanto que a cultivar de caupi utilizada , acumula menos Ca nas folhas que o feijoeiro comum ou produzem menor quantidade de massa seca. Valores de Mg acima do encontrado pelos autores também foram observados nos solos em estudo.

Os teores de S determinados a partir da parte aérea no feijão-caupi, foram superiores na TPI, não apresentando diferenças entre os tratamentos. Sendo que nas raízes baixos teores foram encontrados quando comparados ao LA, exceto o controle que não apresentou diferença. Os teores observados na parte aérea foram estão dentro da faixa adequada (1,5-2,0 g kg<sup>-1</sup>). Todos os tratamentos no LA ficaram abaixo nível adequado, exceto os teores de S no completo e omitido nas raízes de caupi.

O S é considerado pouco móvel na planta. Cujos teores na parte aérea foi afetado por sua mobilidade. Os teores dos micronutrientes Cu, Fe e Zn apresentaram diferenças significativas entre os solos e nutrientes sendo que a adubação e calagem afeta na disponibilidade desses nutrientes nossos em estudo (Anexo 4).

O teor Cu não foi diferente entre os solos na parte aérea das plantas, e apenas o tratamento completo nas raízes foi no LA foi maior que na TPI. Os teores de Fe no feijão-caupi foi maior na TPI em todos os nutrientes. Quanto ao Zn maiores valores foram encontrados na TPI, exceto para o tratamento controle nas raízes (Tabela 7).

Na TPI os valores de Cu encontrados na parte aérea só foi adequado ( 5-7 mg kg<sup>-1</sup>) no tratamento completo, sendo portanto os valores nos demais tratamentos na parte aérea considerados baixos para a cultura. Já nas raízes os teores estão bem acima da faixa adequada, tornando-os tóxicos para o feijão. Quando analisada os teores de Fe no feijão todos os tratamentos estão abaixo no nível adequado (700-800 mg kg<sup>-1</sup>) segundo Malavolta, Vitti e Oliveira (2006). E os teores de Zn foram adequados somente nos tratamentos completo na PA e omitido nas raízes. Solos antropicos sem adição de fertilizantes submetido a cultivo de feijão-caupi apresentaram comportamento semelhantes sendo ao do trabalho, onde os teores de Fe (139 mg kg<sup>-1</sup>), estão abaixo do valor considerado adequado e os teores de Zn (51,8 mg kg<sup>-1</sup>) e Cu (6,8 mg kg<sup>-1</sup>) são considerados adequados pelo caupi (LEHMANN et al., 2003).

#### 4 CONCLUSÕES

Solos de TPI submetidos a cultivos sucessivos de milho e feijão caupi, apresentam maior produção de massa seca do que o Latossolo Amarelo.

O potássio é o elemento mais limitante ao cultivo sucessivo de milho e feijão-caupi em solos de TPI.

Os nutrientes mais limitantes para os cultivos de milho e caupi em sucessão o Latossolo Amarelo foram o P e o Ca.

Os maiores teores de macro e micronutrientes observados no milho e feijão-caupi foram encontrados quando cultivados em Terra Preta de Índio comparada a Latossolo Amarelo.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, C. A. B. de; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; CURI, N.; VEIGA, P. M. R. da; ANDRADE, M. J. B. de. Fertilidade de solos de várzea do Sul de Minas Gerais para o cultivo do feijoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 35, n. 11, p. 2287-2294, nov. 2000.
- ANDREOTTI, M.; RODRIGUES J. D. ; CRUSCIOL, C. A. C. ; SOUZA, E. C. A.; BÜLL, L. T. Crescimento do milho em função da saturação por bases e da adubação potássica. *Scientia Agricola*, v.58, n.1, p.145-150, jan./mar. 2001.
- ARF, O. Importância da adubação na qualidade do feijão caupi. In: SÁ, M.E. de; BUZETTI, S. (Ed.). Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas. São Paulo: **Ícone**, 1994. p.233-255.
- BENICASA, M. M. P. Análise de crescimento de plantas (noções básicas). Jaboticabal, **Funep**, 41p. 2003.
- BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Bulk density. In: KLUTE, A. (Ed.). *Methods of soil analysis: physical and mineralogical methods*. Madison: **American Society of America**, p. 363-375. 1986.
- BRAZ, A. M. S. Coeficiente de distribuição de metais pesados em solos paraenses. Dissertação apresentada a **Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**. Piracicaba, 86 p. 2011.
- CAMARGO, O. A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.A. Métodos de análise química, mineralógica e física de solos. **Instituto Agrônomo de Campinas**. Campinas, 94p. (IAC, Boletim Técnico, 106) 1986.
- COSTA, E. L. Exportação de nutrientes em frutos de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*(Willd. Ex Spreng Sehum.)) em três solos da Amazônia Central. Dissertação apresentada à **Universidade Federal do Amazonas**. 2006.
- CRAVO, M. S. ; SMYTH, T. J. Manejo sustentado da fertilidade de um latossolo da Amazônia central sob cultivos sucessivos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 21, 607-616, 1997.
- CUNHA, T. J. F.; MADARI, B. E.; BENITES, V. M.; CANELLAS, L. P.; NOVOTNY, E. H.; MOUTTA, R. O.; TROMPOWSKY, P.; SANTOS, G. A. Fracionamento químico da matéria orgânica e características de ácidos húmicos de solos com horizonte a antrópico da Amazônia (Terra Preta). **Acta Amazonica**, v. 37, p. 91-98, 2007.
- EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos** (Rio de Janeiro, RJ) 2.ed. Rio de Janeiro, 212p. 1997.
- EMBRAPA MEIO-NORTE. Sistemas de Produção, 2. Cultivo de Feijão-Caupi. ISSN 1678-3318. **Versão Eletrônica**. Jan/2003.

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2a ed. Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**. Centro Nacional de Pesquisa de solos, 2006. 306p.

ERNANI, P.R., BAYER, C. & MAESTRI, L. Corn yield as affected by liming and tillage system on an acid Brazilian Oxisol. **Agron. J.** 94:305-309, 2007.

FACELLI, A.L. Milho: Nutrição e Adubação. Piracicaba: **ESALQ/ USP Ed.III**. 204 p. 2008.

FALCÃO, N. P. S.; BORGES, L. F. Efeito da fertilidade de terra preta de índio da Amazônia Central no estado nutricional e na produtividade do mamão hawaí (*Carica papaya* L.). **Acta Amazonica**. VOL. 36(4), 401 – 406 , 2006.

FRASER, J.A., CLEMENT, C.R., Dark earths and manioc cultivation in central Amazonia: a window on pre-Columbian agricultural systems? **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi** VOL. 3 (2), 175 e 194, 2008.

GALVÃO, J. R.; MORAIS, F. I. O.; TOFOLI, R. C. Z. Massa seca e limitações nutricionais do milho, em um latossolo amarelo, sob floresta secundária e sistema Agroflorestal. **Revista de ciências agrárias**. Belém, n. 52, p. 137-145, jul./dez. 2009.

GEE, G. W.; BAUDER, J. W. Particle-size analysis. In: KLUTE, A. (Ed.). *Methods of soil analysis: physical and mineralogical methods*. Madison: **American Society of America**, p. 383-409, 1986.

GERMAN, L.A. The Dynamics of Terra Preta: An Integrated Study of Human-Environmental Interaction in a Nutrient-Poor Amazonian Ecosystem. PhD Thesis, University of Georgia, Athens, GA. 2001.

GLASER B.; HAUMAIER L. ; GUGGENBERGER G.; ZECH W. The “terra preta” phenomenon: a model for sustainable agriculture in the humid tropics. **Naturwissenschaften** 88(1), 37–41. 2001.

GLASER, B.; BIRK, J.J. State of the scientific knowledge on properties and genesis of Anthropogenic Dark Earths in Central Amazonia (Terra Preta de Índio). **Geochimica et Cosmochimica Acta**. 82 ,39–51, 2012.

HARGER, N; BRITO, O. R.; R RALISCH, R.; ORTIZ, F. R. ; WATANABE, T S. Avaliação de fontes e doses de fósforo no crescimento inicial do milho Evaluation of sources and rates of P fertilizers on the initial growth of corn. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 28, n. 1, p. 39-44, jan./mar. 2007

KERN, D. C.; KAMPF, N. Os solos como registro da ocupação humana pré-histórica na Amazônia. IN: Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.5, p.277-320, 2005.

JUNQUEIRA, A. D. ; de A.; ANDRADE, M. J. B. de; FURTINI NETO, A. E.; FAQUIN, V.; JUNQUEIRA, G. D. de A. Diagnóstico da fertilidade de um solo de várzea do sul de Minas Gerais visando à cultura do feijoeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras. Edição Especial, dez. 2002.

LEHMANN, J.; SILVA JUNIOR, J. P.; STEINER, C.; NEHLS, T.; ZECH, W.; GLASER, B. Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. **Plant and Soil**, v. 249, p. 343-357, 2003

LEHMANN, J.; KERN, D.; GERMAN, L.; MCCANN, J.; MARTINS, G. C. & MOREIRA, A.. Soil fertility and production potential. In: J. Lehmann, D. Kern, B. Glaser & W. Woods (eds.), Amazonian Dark Earths - origin, properties and management. **Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, Netherlands**. pp. 105-124. 2003.

LINHARES, L. C. F.; FERNANDES, A. R.; GUEDES, E. M. S.; NORONHA, N.C.; VIEIRA, A. M. F. Limitações nutricionais de tres cultivares de caupi, Submetidas a omissão de nutrientes, cultivadas em Gleissolo de varzea do rio para. **Revista de Ciências Agrárias**., Belém, n. 49, p.101-113, jan./jun. 2008.

LINHARES, L. C. F. Comportamento de três cultivares de caupi, submetidos à omissão de nutrientes, cultivados em amostras de gleissolo de várzea do rio Pará. Belém, **Universidade Federal Rural da Amazônia**, 2007. 58p. (Dissertação de Mestrado).

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLVEIRA, S.A. de. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: **POTAFOS**, 319p. 2006

MELO, V.F.; SCHAEFRE, C.E.G.R.; FONTES, L.E.F.; CHAGAS, A.C.; LEMOS JÚNIOR, J.B.; ANDRADE, R.P. de. Caracterização física, química e mineralógica de solos da colônia agrícola do Apiaú (Roraima, Amazônia), sob diferentes usos e após queima. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas,v.30, n.6, p. 1039-1050, 2006.

MELO, L. C. A.; AVANZI, J. C.; CARVALHO, R.; SOUZA, F. S.; PEREIRA, J. L. A. R.; MENDES, A. D. R.; MACÊDO, G. B., Nutrição e produção de matéria seca de milho submetido a calagem e adubação sulfatada, **Pesquisa. Agropecuária. Tropical**. Goiânia, v. 41, n. 2, p. 193-199, abr./jun. 2011

MELLO, F. A. F.; BRASIL SOBRINHO, M. O. C.; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R. I.; COBRA NETTO, A.; KIEL, J. C. Fertilidade do solo. Piracicaba: **Nobel**, 400 p. 1985.

MOREIRA, A. Fertilidade, matéria orgânica e substâncias húmicas em solos antropogênicos da amazônia ocidental. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.2, p.307-315, 2007.

OLIVEIRA, F. A.; LOURIVAL F. CAVALCANTE, L.F.; SILVA, I. F.; PEREIRA, E W. ; OLIVEIRA, J. V. ; FILHO, J. F. C. Crescimento do milho adubado com nitrogênio e fósforo em um Latossolo Amarelo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias** v.4, n.3, p.238-244, jul.-set. , 2009.

PALHARES, M. Distribuição e população de plantas e produtividade de grãos de milho. Piracicaba, Dissertação (Mestrado em Agronomia – Fitotecnia) – **Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, Universidade de São Paulo. 107 f, 2003.

PARRY. M. M.; KATO, M. S. A.; CARVALHO J. G. Macronutrientes em caupi cultivado sob duas doses de fósforo em diferentes épocas de plantio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.12, n.3, p.236–242. Campina Grande: UAEAg/UFCG, 2008.

PEREIRA, N. M. Z. ; ERNANI, P. R. ; SANGOI, L. Disponibilidade de zinco para o milho afetada pela adição de Zn e pelo pH do solo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.6, n.3 , p. 273-284, 2007.

PIRES, F. R.; SOUZA, C. M.; QUEIROZ, D. M.; MIRANDA, G. V.; GALVÃO, J. C. C. Alteração de atributos químicos do solo e estado nutricional e características agronômicas de plantas de milho, considerando as modalidades de calagem em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 27, núm. 1, p. 121-131. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo .Viçosa, Brasil, 2003.

RAIJ, B. V. Fertilidade do solo e adubação. São Paulo: Ceres/**Potafos**, 1991.

RAIJ, B. V.; QUAGGIO, J.A CANTARELLA, H.; FERREIRA, M. E.; LOPES, A. S.; BATAGLIA, O, C. Análise química do solo para fins de fertilidade. Campinas: **Fundação Cargil**, 107p. 1987.

RIBEIRO, A. C., COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS. Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação, **Viçosa**, 359 p. 1999.

SILVA, F.W. R; LIMA, H.N.; TEIXEIRA,W.G.; MOTTA,M.B; SANTANA,R.M.; Caracterização química e mineralógica de solos antrópicos (Terras Pretas de Índio) na Amazônia Central. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 35: 673-681, 2011.

SILVA, P.S.L.; OLIVEIRA, C.N. Rendimentos de feijão verde e maduro de cultivares de caupi. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 11, n. 2, p 133-135, 1993.

SOMBROEK, W. Amazon Soil: A Reconnaissance of the soils of Brazilian Amazon Region. Wageningen: **Center for Agricultural Publications and Documentation**, 292p. 1996.

TEIXEIRA, C. M. ; CARVALHO G. J.; NETO, A. E. F.; ANDRADE, M. J. B. ; A FONTANETTI. Produtividade e teores foliares de nutrientes do feijoeiro sob diferentes palhadas e doses de nitrogênio em semeadura direta. **Acta Sci. Agron.** Maringá, v. 30, n. 1, p. 123-130, 2008.

VON PINHO,R. G. ; BORGES, I. D. ; , PEREIRA,J. L.A.R. ; REIS, M. C. Marcha de absorção de macronutrientes e acúmulo de matéria seca em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.8, n.2, p. 157-173, 2009.

**ANEXOS**

**Anexo 1.** Valores de altura, diâmetro do colmo e massas seca da parte área (MSPA), raízes (MSR) e total (MST) de plantas de milho no primeiro cultivo em Terra Preta de Índio (TPI) e Latossolo amarelo típico (LA) na Amazônia.

	Altura da planta (cm)		Diâmetro do colmo (mm)		MSPA(g)		MSR(g)		MST(g)	
	TPI	LA	TPI	LA	TPI	LA	TPI	LA	TPI	LA
<b>Controle</b>	51,98 Ac	20,70 Be	4,93 Acd	1,50 Bcd	15,44 Ab	1,30 Bd	2,36 Ab	1,48 Bd	17,80 Ab	2,78 Bd
<b>Completo</b>	92,22 Aab	65,98 Babc	8,85 Aa	3,08 Bab	28,31 Aa	15,71 Bab	4,56 Aab	3,74 Bab	32,87 Aa	19,45 Bab
<b>-N</b>	89,53 Aab	80,23 Aa	7,76 Aab	2,64 Bab	30,10 Aa	16,59 Bab	5,19 Aa	4,47 Aa	35,29 Aa	21,06 Ba
<b>-P</b>	92,27 Aab	37,10 Bde	5,98 Abcd	2,81 Bab	30,56 Aa	4,50 Bcd	5,06 Aa	2,03 Bbcd	35,62 Aa	6,53 Bcd
<b>-K</b>	61,67 Ac	54,45 Abcd	4,54 Ad	2,43 Bbc	15,90 Ab	8,81 Bbcd	1,99 Ab	2,29 Abcd	17,89 Ab	11,10 Bbcd
<b>-Ca</b>	95,33 Aa	42,67 Bcde	6,92 Aabc	1,22 Bd	30,24 Aa	3,94 Bd	4,29 Aab	1,68 Bbcd	34,53 Aa	5,62 Bd
<b>-Mg</b>	83,02 Ab	64,90 Babc	7,67 Aab	2,88 Bab	24,65 Aab	13,63 Babc	4,12 Aab	2,53 Babcd	28,77 Aa	16,16 Babc
<b>-S</b>	89,55 Aab	74,28 Bab	6,07 Abcd	3,17 Bab	29,69 Aa	19,74 Ba	5,52 Aa	1,60 Bcd	35,22 Aa	21,34 Ba
<b>-B</b>	82,00 Ab	65,50 Babc	5,65 Abcd	3,65 Ba	26,41 Aa	15,91 Bab	4,16 Aab	3,11 Aabcd	30,57 Aa	19,02 Bab
<b>-Cu</b>	90,79 Aab	68,15 Bab	5,44 Acd	3,56 Ba	30,40 Aa	18,50 Ba	5,79 Aa	2,93 Babcd	36,19 Aa	21,43 Ba
<b>-Fe</b>	88,89 Aab	67,20 Babc	5,96 Abcd	3,68 Ba	28,42 Aa	15,16 Bab	6,26 Aa	3,26 Babcd	34,67 Aa	18,43 Bab
<b>-Zn</b>	98,67 Aa	69,85 Bab	5,93 Abcd	3,31 Bab	31,63 Aa	15,51 Bab	5,19 Aa	3,64 Babc	36,82 Aa	19,15 Bab
<b>CV(%)</b>	4,90	14,26	11,47	13,51	12,83	25,09	19,43	26,26	11,30	21,68
<b>DMS</b>	12,21	24,87	2,13	1,13	10,13	9,19	2,60	2,11	10,43	9,68

CV: Coeficiente de variação, DMS: Diferença mínima significativa, Letras iguais maiúsculas nas linhas comparam solos e iguais minúsculas nas colunas comparam os tratamentos pelo teste de Tukey  $p < 0,05$ .

**Anexo 2.** Valores de altura, diâmetro do colmo e massas seca da parte área (MSPA), raízes (MSR) e total (MST) de plantas de milho no segundo cultivo em Terra Preta de Índio (TPI) e Latossolo amarelo típico (LA) da Amazônia.

	Altura da planta (cm)		Diâmetro do colmo (mm)		MSPA(g)		MSR(g)		MST(g)	
	TPI	LA	TPI	LA	TPI	LA	TPI	LA	TPI	LA
<b>Controle</b>	29,67 Ab	21,83 Bb	5,61 Ab	3,87 Bbc	4,36 Abc	0,92 Ade	0,79 Bb	1,43 Acde	5,15 Ab	2,35 Ade
<b>Completo</b>	66,5 Aa	37,92 Ba	9,33 Aa	7,03 Ba	15,37 Aab	4,41 Aabc	5,52 Aa	3,58 Aab	20,90 Aa	7,99 Aab
<b>-N</b>	55,42 Aa	37,28 Bab	8,66 Aa	6,84 Ba	11,39 Aa	5,67 Aab	4,77 Aa	3,91 Aab	16,16 Aa	9,58 Aab
<b>-P</b>	64,55 Aa	29,47 Bab	9,57 Aa	5,88 Bab	15,87 Ac	3,50 Abc	4,80 Aa	2,46 Abcd	20,67 Aa	5,96 Abcd
<b>-K</b>	28,75 Ab	33,27 Bab	4,46 Ab	5,54 Bab	2,95 Aa	2,90 Acd	0,42 Bb	1,19 Ade	3,37 Ab	4,08 Acde
<b>-Ca</b>	68,28 Aa	4,58 Bc	9,71 Aa	1,28 Bc	16,08 Aa	0,07 Ae	4,80 Aa	0,16 Ae	20,88 Aa	0,69 Ae
<b>-Mg</b>	66,63 Aa	38,67 Ba	9,68 Aa	6,11 Bab	16,45 Aa	5,15 Aabc	5,21 Aa	4,17 Aab	21,66 Aa	9,32 Aab
<b>-S</b>	60,50 Aa	39,42 Ba	8,64 Aa	6,71 Ba	14,05 Aa	4,52 Aabc	5,64 Aa	3,64 Aab	19,69 Aa	8,17 Aab
<b>-B</b>	60,33 Aa	36,83 Bab	9,77 Aa	6,80 Ba	17,37 Aa	4,61 Aabd	5,14 Aa	3,28 Aab	22,52 Aa	7,89 Aabc
<b>-Cu</b>	65,33 Aa	35,97 Bab	9,04 Aa	6,81 Ba	17,06 Aa	6,13 Aa	5,51 Aa	4,32 Aa	22,57 Aa	10,45 Aa
<b>-Fe</b>	69,50 Aa	34,60 Bab	9,43 Aa	6,85 Ba	13,93 Aa	4,40 Aabc	4,19 Aa	2,96 Aabc	18,12 Aa	7,36 Aabc
<b>-Zn</b>	64,00 Aa	38,75 Ba	9,21 Aa	5,81 Bab	12,79 Aa	3,54 Abc	4,34 Aa	2,63 Aabcd	17,13 Aa	6,17 Abcd
<b>CV(%)</b>	8,00	16,28	8,38	15,23	18,78	21,45	21,56	20,88	18,36	19,76
<b>DMS</b>	13,72	15,52	2,12	2,60	7,32	2,41	2,73	1,73	9,48	3,86

CV: Coeficiente de variação, DMS: Diferença mínima significativa, Letras iguais maiúsculas nas linhas comparam solos e iguais minúsculas nas colunas comparam os tratamentos pelo teste de Tukey  $p < 0,05$

**Anexo 3.** Análise de variância da média do diâmetro do colmo, altura da planta, massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca das raízes (MSR) e massa seca total (MST) de plantas de milho em função dos solos e tratamento, cultivados em Terra Preta de Índio (TPI) e Latossolo Amarelo (LA) da Amazônia.

Causa de variação	Quadrado Médio				
	Diâmetro colmo	Altura planta	MSPA	MSR	MST
Solos	180,50*	11822,09*	2547,79*	49,33*	3303,49*
Tratamentos	6,00*	734,41*	87,18*	7,23*	142,99*
Solo x Tratamento	3,80*	315,13*	31,28*	2,10*	46,40*
CV %	8,38	7,34	14,41	15,24	13,03

\* Significativo a  $p < 0,05$  de probabilidade pelo teste Tukey.

**Anexo 4.** Análise de variância da média do diâmetro do colmo, altura da planta, massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca das raízes (MSR) e massa seca total (MST) de plantas de feijão-caupi em função dos solos e tratamento, cultivados em Terra Preta de Índio (TPI) e Latossolo Amarelo (LA) da Amazônia.

Causa de variação	Quadrado Médio							
	Diâmetro colmo	Altura planta	MSPA	MSR	MST	PSG	NV	NGV
Solo	0,59	3158,80	13,86*	0,30	17,90	37,85*	0,12	12,50*
Tratamento	1,51*	495,62*	2,20	0,43	3,94	6,05*	0,49	85,32
Solo x Tratamento	1,01	161,61	0,70	0,47	1,21	3,03*	0,28	21,83
CV %	13,75	16,90	30,27	27,34	22,47	27,00	31,23	30,94

\* Significativo a  $p < 0,05$  de probabilidade pelo teste Tukey.

**Anexo 5.** Análise de variância dos teores de nutriente na parte aérea (PA) de plantas de milho, em função dos solos e tratamentos, cultivados em amostras de Terra Preta de Índio (TPI) e Latossolo Amarelo (LA) da Amazônia.

Quadrado Médio									
Causa de variação	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn
Solo	3,29*	7,29*	34,53*	1,80*	31,13*	0,009*	1,69*	546,3	1232,89*
Tratamento	65,99*	0,36	43,44*	20,18*	7,35*	0,014*	55,44	568,7*	5931,58*
Solo x Tratamento	112,61*	0,16	23,64*	25,54*	13,29*	0,003*	6,83*	432,98	2858,93*
CV %	5,30	40,53	22,09	39,36	16,91	11,62	29,58	56,98	29,31

\* Significativo a  $p < 0,05$  de probabilidade pelo teste Tukey.

**Anexo 6.** Análise de variância dos teores de nutriente na raiz de plantas de milho, em função dos solos e tratamentos, cultivados em amostras de Terra Preta de Índio (TPI) e Latossolo Amarelo (LA) da Amazônia.

Quadrado Médio									
Causa de variação	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn
Solo	119,07*	0,33*	3,16*	2003,01*	664,58*	0,017*	110,64*	34991,9*	6186,19*
Tratamento	464,99*	0,72*	2,21*	143,39*	1740,46*	0,064*	20,38	5131,05*	539,24*
Solo x Tratamento	94,26*	0,07	0,73	2468,25*	1134,11*	0,004*	66,91*	5445,81	150,18*
CV %	9,34	29,50	28,56	30,09	42,15	15,78	28,75	62,35	8,16

\* Significativo a  $p < 0,05$  de probabilidade pelo teste Tukey.

**Anexo 7.** Análise de variância dos teores de nutriente na parte aérea (PA) de plantas de feijão-caupi, em função dos solos e tratamentos, cultivados em amostras de Terra Preta de Índio (TPI) e Latossolo Amarelo (LA) da Amazônia.

Causa de variação	Quadrado Médio									
	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	
Solo	0,94	6,82*	11,40*	212,63*	41,47*	0,002	8,13*	263,42	1783,64	
Tratamento	11,96	1,30	13,72*	330,33*	52,42*	0,003*	19,12*	4831,24*	3210,86*	
Solo x Tratamento	97,85*	1,55	2,54*	7,96	53,67*	0,002	9,49*	1190,17*	4608,31*	
CV %	7,82	27,19	17,48	10,03	42,33	18,21	17,49	15,65	8,78	

\* Significativo a  $p < 0,05$  de probabilidade pelo teste Tukey.

**Anexo 8.** Análise de variância dos teores de nutriente na Raiz de plantas de feijão-caupi, em função dos solos e tratamentos, cultivados em amostras de Terra Preta de Índio (TPI) e Latossolo Amarelo (LA) da Amazônia.

Causa de variação	Quadrado Médio									
	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	
Solo	155,95*	0,49*	2,63*	2,81	3,21*	0,06*	1609,54*	108705,79*	99,85*	
Tratamento	2,78*	1,04*	1,96*	30,98*	0,49	0,02*	3868,58*	13664,35*	125,57*	
Solo x Tratamento	8,78*	0,01	0,96*	0,60	2,61*	0,019*	13,97*	14965,28*	675,84*	
CV %	4,09	9,03	11,33	30,13	44,83	5,95	24,17	20,10	2,89	

\* Significativo a  $p < 0,05$  de probabilidade pelo teste Tukey.

**Anexo 9.** Análise de variância da média do diâmetro do colmo, altura da planta, massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca das raízes (MSR) e massa seca total (MST) de plantas de milho do primeiro cultivo (1º) em função dos solos e tratamento, cultivados em Terra Preta de Índio (TPI) e Latossolo Amarelo (LA) da Amazônia.

Causa de variação	Quadrado Médio				
	Diâmetro colmo	Altura planta	MSPA	MSR	MST
Solos	219,07*	11621,51*	3717,66*	58,93*	4712,75*
Tratamentos	3,43*	1141,46*	153,76*	5,35*	209,80*
Solo x Tratamento	3,29*	344,02*	53,46*	2,36*	64,54*
CV %	12,66	9,25	16,73	22,11	14,70

\* Significativo a  $p < 0,05$  de probabilidade pelo teste Tukey.

**Anexo 10.** Análise de variância da média do diâmetro do colmo, altura da planta, massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca das raízes (MSR) e massa seca total (MST) de plantas de milho do segundo (2º) cultivo em função dos solos e tratamento, cultivados em Terra Preta de Índio (TPI) e Latossolo Amarelo (LA) da Amazônia.

Causa de variação	Quadrado Médio				
	Diâmetro colmo	Altura planta	MSPA	MSR	MST
Solos	142,47*	12029,29*	50,45*	39,56*	2143,26*
Tratamentos	10,31*	496,37*	1600,46*	11,53*	106,99*
Solo x Tratamento	7,07*	401,91*	28,73*	2,95*	48,14*
CV %	11,19	10,98	21,70	21,81	20,34

\* Significativo a  $p < 0,05$  de probabilidade pelo teste Tukey.

**Anexo 11.** Valores de altura, diâmetro do colmo e massas seca da parte área (MSPA), raízes (MSR) e total (MST) de plantas de feijão-caupi no primeiro cultivo em Terra Preta de Índio (TPI) e Latossolo amarelo típico (LA) da Amazônia.

Produção	Altura da planta (cm)		Diâmetro do colmo (mm)		MSPA (g)		MSR (g)		MST (g)		
	TPI	LA	TPI	LA	TPI	LA	TPI	LA	TPI	LA	
Controle	-	47,33 Aa	-	4,56 Aab	-	1,71 Ba	Aa	2,40 Aabc	-	Aab	4,11 Bb
Completo	64,73	Aab 66,77 Ba	6,77	Aa 5,57 Aa	4,89	Aab 3,49 Ba	2,85	Aa 2,95 Aab	7,75	Aab 6,44 Bab	
-N	69,73	Aab 65,17 Ba	5,14	Aab 4,71 Aab	5,60	Aab 3,91 Ba	3,18	Aa 2,14 Aabc	8,78	Aab 6,05 Bab	
-P	68,13	Aab 60,33 Ba	4,73	Aab 4,92 Aab	2,76	Ab 1,60 Ba	2,90	Aa 2,05 Abc	5,66	Aab 3,65 Bb	
-K	62,10	Ab 55,67 Aa	3,77	Ab 3,74 Ab	3,28	Aab 1,52 Ba	0,86	Ab 3,01 Aab	4,14	Ab 4,54 Bab	
-Ca	79,00	Aa 64,33 Aa	5,81	Aab 4,76 Aab	4,94	Aab 3,19 Ba	3,00	Aa 1,10 Ac	7,95	Aab 4,29 Bab	
-Mg	71,90	Ab 66,23 Aa	5,13	Aab 5,33 Aa	6,87	Aa 2,37 Ba	2,54	Aab 3,16 Aab	9,41	Aa 5,53 Bab	
-S	69,40	Aab 70,33 Aa	5,91	Aab 5,15 Aab	3,90	Aab 2,43 Ba	1,92	Aab 2,77 Aab	5,82	Aab 5,20 Bab	
-B	58,73	Ab 76,33 Aa	4,81	Aab 4,73 Aab	5,55	Aab 2,29 Ba	2,66	Aa 2,58 Aabc	8,21	Aab 4,87 Bab	
-Cu	58,30	Ab 78,67 Aa	4,13	Aab 5,52 Aa	3,07	Aab 3,42 Ba	2,36	Aab 3,68 Aa	5,43	Aab 7,10 Ba	
-Fe	59,80	Ab 76,33 Aa	5,26	Aab 5,00 Aab	4,33	Ab 2,49 Ba	2,77	Aa 3,39 Aab	7,09	Aab 5,89 Bab	
-Zn	68,90	Aab 56,23 Aa	4,71	Aab 5,04 Aab	4,72	Aab 2,51 Ba	3,15	Aa 2,97 Aab	7,87	Aab 5,48 Bab	
CV(%)	7,85	20,57	19,20	10,14	29,95	32,30	23,40	20,54	23,95	19,23	
DMS	15,21	39,55	2,87	1,47	3,85	2,45	1,75	1,62	4,87	2,98	

CV: Coeficiente de variação, DMS: Diferença mínima significativa, Letras iguais maiúsculas nas linhas comparam solos e iguais minúsculas nas colunas comparam os tratamentos pelo teste de Tukey  $p < 0,05$

**Anexo 12.** Valores de peso seco dos grãos (PSG), número de vagem (NV) e número de grão por vagem (NVG) de plantas de feijão-caupi no primeiro cultivo em Terra Preta de Índio (TPI) e Latossolo amarelo típico (LA) da Amazônia.

Produção I	PSG (g)			NV (unidade)			NGV (unidade)		
	TPI	LA	LA	TPI	LA	LA	TPI	LA	LA
Controle	-	0,76 Ac	1,00 Aa	-	1,00 Aa	5,00 Bbc	-	5,00 Bbc	5,00 Bbc
Completo	2,42 Ab	3,46 Aa	1,33 Aa	1,33 Aa	1,33 Aa	15,00 Babc	14,33 Aa	15,00 Babc	15,00 Babc
-N	1,70 Ab	2,36 Aabc	1,00 Aa	1,00 Aa	1,33 Aa	13,00 Babc	8,00 Aa	13,00 Babc	13,00 Babc
-P	1,78 Ab	2,07 Abc	1,67 Aa	1,67 Aa	1,00 Aa	8,33 Baabc	12,00 Aa	8,33 Baabc	8,33 Baabc
-K	-	0,48 Ac	1,00 Aa	-	1,00 Aa	4,00 Bc	-	4,00 Bc	4,00 Bc
-Ca	2,66 Aab	2,60 Aabc	1,00 Aa	1,67 Aa	1,00 Aa	9,33 Babc	16,33 Aa	9,33 Babc	9,33 Babc
-Mg	1,89 Ab	1,74 Adc	1,00 Aa	1,00 Aa	1,00 Aa	11,33 Babc	10,00 Aa	11,33 Babc	11,33 Babc
-S	2,75 Aab	2,20 Abc	1,33 Aa	1,33 Aa	1,67 Aa	13,00 Babc	12,67 Aa	13,00 Babc	13,00 Babc
-B	2,89 Aab	2,72 Aabc	1,67 Aa	1,67 Aa	2,00 Aa	19,33 Ba	15,67 Aa	19,33 Ba	19,33 Ba
-Cu	1,33 Ab	2,56 Aabc	1,33 Aa	15,33 Aa	1,33 Aa	15,33 Bab	-	15,33 Bab	15,33 Bab
-Fe	0,95 Aa	2,43 Aabc	2,00 Aa	2,00 Aa	1,33 Aa	10,00 Babc	19,00 Aa	10,00 Babc	10,00 Babc
-Zn	1,96 Ab	2,01 Aab	2,00 Aa	1,50 Aa	2,00 Aa	18,00 Ba	13,00 Aa	18,00 Ba	18,00 Ba
CV(%)	17,95	18,04	44,22	39,36	44,22	32,64	32,64	32,64	32,02
DMS	2,86	1,18	1,69	1,05	1,69	13,65	13,65	13,65	11,16

CV: Coeficiente de variação, DMS: Diferença mínima significativa, Letras iguais maiúsculas nas linhas comparam solos e iguais minúsculas nas colunas comparam os tratamentos pelo teste de Tukey  $p < 0,05$

**Anexo 13.** Valores de altura, diâmetro do colmo e massas seca da parte área (MSPA), raízes (MSR) e total (MST) de plantas de feijão-caupi no primeiro cultivo em Terra Preta de Índio (TPI) e Latossolo amarelo típico (LA) da Amazônia.

Produção	Altura da planta (cm)		Diâmetro do colmo (mm)		MSPA (g)		MSR (g)		MST (g)	
	TPI	LA	TPI	LA	TPI	LA	TPI	LA	TPI	LA
Controle	18,33 Bb	47,33 Aa	3,26 Ba	3,85 Aa	2,09 Aa	0,71 Ba	1,78 Aa	1,26 Aa	3,87 Aa	1,97 Bbc
Completo	55,13 Aa	66,77 Ba	6,07 Aa	4,89 Aa	1,66 Aa	2,27 Ba	1,95 Aa	1,45 Aa	3,61 Aa	3,72 Babc
-N	57,88 Aa	65,17 Ba	4,83 Aa	4,22 Aa	1,89 Aa	1,76 Ba	1,42 Aa	1,58 Aa	3,31 Aa	3,33 Babc
-P	54,56 Aa	60,33 Ba	4,59 Aa	4,17 Aa	1,95 Aa	0,49 Ba	1,17 Aa	1,10 Aa	3,12 Aa	1,59 Bc
-K	50,04 Aa	55,67 Aa	3,89 Aa	4,32 Aa	2,36 Aa	0,68 Ba	2,83 Aa	2,06 Aa	5,19 Aa	2,74 Babc
-Ca	62,87 Aa	64,33 Aa	5,48 Aa	4,36 Aa	1,33 Aa	2,10 Ba	2,39 Aa	1,60 Aa	3,72 Aa	3,69 Babc
-Mg	59,13 Aa	66,23 Aa	5,00 Aa	5,21 Aa	2,44 Aa	2,68 Ba	2,41 Aa	1,74 Aa	4,86 Aa	4,42 Ba
-S	57,07 Aa	70,33 Aa	5,62 Aa	4,52 Aa	2,71 Aa	2,76 Ba	2,65 Aa	1,83 Aa	5,36 Aa	4,59 Bab
-B	49,60 Aa	76,33 Aa	4,62 Aa	4,91 Aa	1,89 Aa	2,72 Ba	2,47 Aa	2,38 Aa	4,36 Aa	5,10 Babc
-Cu	48,92 Aa	78,67 Aa	4,07 Aa	5,29 Aa	2,15 Aa	1,77 Ba	2,34 Aa	1,51 Aa	4,49 Aa	3,29 Babc
-Fe	53,20 Aa	76,33 Aa	4,98 Aa	4,92 Aa	2,20 Aa	2,55 Ba	1,71 Aa	2,17 Aa	3,91 Aa	4,72 Bab
-Zn	57,99 Aa	56,23 Aa	4,52 Aa	5,70 Aa	1,16 Aa	3,22 Ba	2,06 Aa	2,03 Aa	3,22 Aa	5,25 Ba
CV(%)	9,11	19,71	16,27	12,12	52,82	44,90	47,34	28,92	42,51	21,33
DMS	15,22	36,72	2,81	1,46	4,65	3,52	3,94	2,01	7,20	3,16

CV: Coeficiente de variação, DMS: Diferença mínima significativa, Letras iguais maiúsculas nas linhas comparam solos e iguais minúsculas nas colunas comparam os tratamentos pelo teste de Tukey  $p < 0,05$

**Anexo 14.** Valores de peso seco dos grãos (PSG), número de vagem (NV) e número de grão por vagem (NVG) de plantas de feijão-caupi no segundo cultivo em Terra Preta de Índio (TPI) e Latossolo amarelo típico (LA) da Amazônia.

Produção	PSG (g)		NV (unidade)		NGV (unidade)	
	TPI	LA	TPI	LA	TPI	LA
Controle	-	1,10 Bbc	-	1,00 Aa	-	7,00 Ab
Completo	7,67 Aa	2,91 Ba	1,50 Aab	1,00 Aa	16,00 Aa	13,50 Aa
-N	-	-	-	-	-	-
-P	-	-	2,00 Aa	-	16,00 Aab	-
-K	6,81 Aa	2,24 Bab	1,00 Ab	1,00 Aa	9,67 Adc	10,50 Aa
-Ca	7,47 Aa	2,86 Ba	1,00 Ab	1,00 Aa	11,00 Aabcd	13,00 Aa
-Mg	6,98 Aa	0,64 Bc	1,00 Ab	1,00 Aa	12,67 Aabcd	5,00 Ab
-S	7,58 Aa	-	1,00 Ab	-	10,00 Abcd	-
-B	6,68 Aa	1,04 Bbc	1,00 Ab	1,00 Aa	11,00 Aabcd	-
-Cu	7,12 Aa	2,01 Bab	1,00 Ab	1,00 Aa	7,00 Ad	11,00 Aa
-Fe	7,18 Aa	1,39 Bbc	1,33 Aab	1,50 Aa	11,33 Aabcd	5,00 Ab
-Zn	7,18 Aa	1,40 Bbc	1,00 Ab	1,00 Aa	14,67 Aabc	12,00 Aa
CV(%)	7,64	19,93	21,52	22,33	17,77	10,30
DMS	1,59	1,38	0,75	0,93	6,2	3,49

CV: Coeficiente de variação, DMS: Diferença mínima significativa, Letras iguais maiúsculas nas linhas comparam solos e iguais minúsculas nas colunas comparam os tratamentos pelo teste de Tukey  $p < 0,05$