

UniRV - UNIVERSIDADE DE RIO VERDE
FACULDADE DE AGRONOMIA
MESTRADO EM PRODUÇÃO VEGETAL

**DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DA CULTURA DA
MANDIOCA ADUBADA COM CAMA DE AVIÁRIO**

PAULA CILÉIA THOMAS
Magister Scientiae

RIO VERDE
GOIÁS - BRASIL
2015

PAULA CILÉIA THOMAS

**DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DA CULTURA DA
MANDIOCA ADUBADA COM CAMA DE AVIÁRIO**

Dissertação apresentada à UniRV - Universidade de Rio Verde, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para a obtenção do título de *Magister Scientiae*.

**RIO VERDE
GOIÁS - BRASIL
2015**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação na (CIP)
Elaborada por Izaura Ferreira Neta - Bibliotecária CRB1-2771**

T382d Thomas, Paula Ciléia.

Desenvolvimento e produtividade da cultura da mandioca adubada com cama de aviário / Paula Ciléia Thomas - 2015.

107f. : tabs., fig.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. June Faria Scherrer Menezes

Dissertação (*Magister Scientiae*) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade de Rio Verde – UniRV, 2015.

Não inclui Biografia.

Inclui índice de tabelas e figuras.

1. Adubação Mineral. 2. Adubação orgânica. 3. Mandioca. I. Título. II. Autor. III. Orientador.

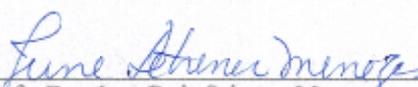
CDU: 633.493

PAULA CILÉIA THOMAS

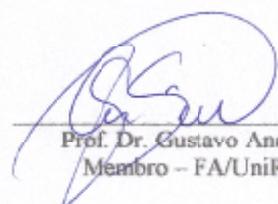
**DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DA CULTURA DA
MANDIOCA ADUBADA COM CAMA DE AVIÁRIO**

Dissertação apresentada à UniRV – Universidade de
Rio Verde, como parte das exigências do Programa de
Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção
do título de *Magister Scientiae*

APROVADO: 18 de março de 2015



Prof.ª. Dra. June Faria Scherrer Menezes
Presidente da Banca Examinadora



Prof. Dr. Gustavo André Simon
Membro – FA/UniRV



Prof.ª. Dra. Mariana Pina da Silva
Membro – FA/UniRV



Dra. Veridiana Cardozo Gonçalves Cantão
Membro – Comigo

DEDICO

À minha amada família, Iara, Luciana, Ana Cláudia e Luana,
Ao meu mestre da vida, José Milton Thomas.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que hoje, é a minha rocha e a quem dedico toda a minha existência. Obrigada!

À minha orientadora e professora, Prof^a. Dra. June Faria Scherrer Menezes, o meu reconhecimento pela oportunidade de realizar este trabalho ao lado de alguém que transpira sabedoria; meu respeito e admiração pela sua serenidade, e pelo seu Dom no ensino da Ciência, minha eterna gratidão.

Ao Joaquim Júlio de Almeida Júnior, pela idealização do projeto; pelo auxílio na condução do ensaio de Mineiros; pelo apoio incondicional.

À minha família: José Milton Thomas (pai) e Iara Maria Thomas (mãe); Ana Cláudia e Luciana Andréa (amadas irmãs, inspiração dos meus dias); a Luana Andressa (sobrinha, que reconhece a importância do trabalho desenvolvido). Obrigada pela incessante compreensão, incondicional apoio e tolerância à minha recorrente ausência.

Aos professores do curso, Doutores: Prof^a. Dra. June Faria Scherrer Menezes, Gustavo André Simon e Carlos César de Menezes, meus agradecimentos pelos ensinamentos e apoio incondicional na construção deste estudo.

Aos colegas, em especial, ao Betson Júnior, que muito me incentivou e ajudou na implantação do experimento.

Ao José Carlos, técnico do laboratório de solos da UniRV, pelo ensinamento, amizade e auxílio nas análises laboratoriais.

À Fapeg, pelo incentivo financeiro ao trabalho desenvolvido.

Meus respeitosos agradecimentos pela participação dos membros da banca examinadora.

Por fim, agradeço em especial, àqueles que sempre me apoiaram e incentivaram, que apostaram em mim, seguramente são os que mais compartilham da minha alegria: minha amada família.

Muito obrigada a todos.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	v
LISTA DE TABELAS.....	vi
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	3
2.1 Cultura da mandioca: aspectos edafoclimáticos e produtividade	3
2.2 Cultura da mandioca: exigências nutricionais	6
2.3 Tipos de adubação utilizadas na cultura da mandioca	9
2.3.1 Adubação nitrogenada	9
2.3.2 Adubação com fósforo e potássio	10
2.3.3 Adubação orgânica	12
2.4. Resultados da adubação com cama de frango e de peru em culturas	15
REFERÊNCIAS	16
CAPÍTULO 1.....	24
UTILIZAÇÃO DE CAMA DE PERU NA CULTURA DA MANDIOCA EM SOLO ARENOSO	24
RESUMO	24
ABSTRACT.....	25
1 INTRODUÇÃO	26
2 MATERIAIS E MÉTODOS	27
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	30
4 CONCLUSÕES	53
5 REFERÊNCIAS	53
CAPÍTULO 2.....	60
UTILIZAÇÃO DE CAMA DE FRANGO NA CULTURA DA MANDIOCA EM SOLO ARGILOSO	60
RESUMO	60
ABSTRACT.....	61
1 INTRODUÇÃO	62

2 MATERIAIS E MÉTODOS	63
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	67
4 CONCLUSÕES	87
5 REFERÊNCIAS	87

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Altura de plantas de mandioca aos 118 dias (A) e aos 196 dias (B) após o plantio em função das doses de NPK 05-25-15	34
FIGURA 2	Altura de plantas de mandioca aos 118 dias (A) e aos 196 dias (B) após o plantio em função das doses de cama de peru	35
FIGURA 3	Teores foliares de K em função das doses de NPK 05-25-15 (A) e em função da cama de peru (B)	41
FIGURA 4	Teores foliares de P em função das doses de NPK 05-25-15 (A) e em função da cama de peru (B)	43
FIGURA 5	Produtividade de raízes de mandiocas em função das doses de NPK 05-25-15 (A) e cama de peru (B)	51
FIGURA 6	Teor foliar de S em função das doses de NPK 05-25-15 (A) e em função das doses de cama de frango (B)	73
FIGURA 7	Teor foliar de Fe em função das doses de NPK 05-25-15 (A) e em função das doses de cama de frango (B)	77
FIGURA 8	Teor de massa seca de raiz em função das doses de NPK 05-25-15 (A) e em função das doses de cama de frango (B)	82
FIGURA 9	Teores Cu no solo em função das doses de NPK 05-25-15 (A) em função das doses de cama de frango (B)	85

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Sintomas visuais de deficiência de nutrientes na mandioca	7
TABELA 2	Extração de nutrientes pelas culturas da mandioca, cana e milho por hectare	8
TABELA 3	Interpretação dos resultados da disponibilidade de fósforo e potássio, extraídos pelo método de Mehlich-1	11
TABELA 4	Adubação de plantio com expectativa de rendimento para a cultura da mandioca	11
TABELA 5	Adubação de cobertura com expectativa de rendimento para cultura da mandioca	11
TABELA 6	Resultados da análise do solo da área experimental	27
TABELA 7	Tratamentos utilizados no ensaio realizado na Fazenda Experimental no Instituto Luiz Eduardo Sousa	28
TABELA 8	Resultados da análise química da cama de peru aplicadas na área experimental de Mineiros na safra 2012/2013	28
TABELA 9	Concentrações adequadas de macronutrientes e micronutrientes para a cultura da mandioca	29
TABELA 10	Nutrientes fornecidos pelos tratamentos utilizados em solo arenoso.	30
TABELA 11	Resumo da análise de variância da característica altura de plantas (cm) aos 70 (época 1), 118 (época 2), 196 (época 3) e 299 (época 4) dias após o plantio, em função dos tratamentos	33
TABELA 12	Altura de plantas de mandioca aos 70 dias (época 1), aos 118 dias (época 2), aos 196 dias (época 3) e aos 299 dias (época 4) após o plantio, em função dos tratamentos	33
TABELA 13	Resumo da análise de variância para os teores foliares dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) da cultura da mandioca em função dos tratamentos	39
TABELA 14	Teor foliar de N, P, K, Ca, Mg e S da cultura da mandioca em função dos tratamentos, em solo arenoso	39
TABELA 15	Resumo da análise de variância dos teores de Cu, Fe, Mn e Zn das folhas da cultura da mandioca em função dos tratamentos	46

TABELA 16	Teor foliar de cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) (mg kg ⁻¹) da cultura da mandioca em função dos tratamentos, em solo arenoso	46
TABELA 17	Resumo da análise de variância das características: produtividade de raízes frescas, pH, proteína bruta (PB), cinza e massa seca (MS) da raiz, da cultura da mandioca em função dos tratamentos	48
TABELA 18	Produtividade de raízes frescas, pH da raiz, teor de proteína bruta, teor de cinzas, teor de massa seca de raízes da cultura da mandioca em função dos tratamentos, em solo arenoso	48
TABELA 19	Valores adequados do pH, da proteína bruta, cinzas e massa seca da raiz da mandioca	50
TABELA 20	Custo dos fertilizantes para a implantação da cultura da mandioca	52
TABELA 21	Resultados da análise do solo da área experimental, em solo argiloso ..	64
TABELA 22	Tratamentos utilizados no ensaio realizado na área experimental da UniRV - Universidade de Rio Verde, município de Rio Verde-GO	64
TABELA 23	Resultados da análise química da cama de frango aplicada na área experimental de Rio Verde-GO na safra 2012/2013	65
TABELA 24	Concentrações adequadas de macronutrientes e micronutrientes para a cultura da mandioca	66
TABELA 25	Nutrientes fornecidos pelos tratamentos utilizado em solo argiloso	67
TABELA 26	Resumo da análise de variância da característica altura de plantas (cm) aos 86 (época 1), 125 (época 2), 156 (época 3) e 192 (época 4) dias após o plantio, em função dos tratamentos em solo argiloso	68
TABELA 27	Altura média de plantas de mandioca aos 86 (época 1), 125 (época 2), 156 (época 3) e 192 (época 4) dias após o plantio, em função dos tratamentos em solo argiloso	68
TABELA 28	Resumo da análise de variância da avaliação nutricional dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S das folhas da cultura da mandioca em função dos tratamentos, em solo argiloso	71
TABELA 29	Teores foliares de N, P, K, Ca, Mg e S da cultura da mandioca em função dos tratamentos, em solo argiloso	71

TABELA 30	Resumo da análise de variância dos teores de Cu, Fe, Mn e Zn das folhas da cultura da mandioca sobre diferentes tratamentos, no município de Rio Verde-GO	76
TABELA 31	Teor foliar de cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) (mg kg-1) da cultura da mandioca em função dos tratamentos, em solo argiloso	76
TABELA 32	Resumo da análise de variância das características: produtividade de raízes frescas, pH, proteína bruta (PB), cinza e massa seca (MS) da raiz, da cultura da mandioca em função dos tratamentos	79
TABELA 33	Produtividade de raízes frescas, pH da raiz, teor de proteína bruta, teor de cinzas, teor de massa seca de raízes da cultura da mandioca em função dos tratamentos, em solo argiloso	79
TABELA 34	Custo dos fertilizantes para a implantação da cultura da mandioca	80
TABELA 35	Valores adequados do pH, da proteína bruta, cinzas e massa seca da raiz da mandioca	80
TABELA 36	Resumo da análise de variância da avaliação residual nutricional dos principais macronutrientes e micronutrientes e Matéria Orgânica (MOS) do solo sobre diferentes tratamentos	86
TABELA 37	Teor residual no solo de P, K, MO, Cu, Mn e Zn em função dos tratamentos, em solo argiloso	86

RESUMO

THOMAS, Paula Ciléia, Ma., Universidade de Rio Verde, março de 2015 **Desenvolvimento e produtividade da cultura da mandioca adubada com cama de aviário**. Orientadora Prof^ª. Dr^ª. June Faria Scherrer Menezes.

A cama aviária vem sendo utilizada na produção agrícola, como uma alternativa de adubação e correção de solos. O seu uso tem se tornando uma alternativa para a redução do custo da produção, principalmente por ofertar à cultura nutrientes importantes para o seu desenvolvimento. Assim, implantou-se dois experimentos para avaliar o estado nutricional da planta de mandioca, crescimento e produtividade de raízes, com a aplicação de cama de peru, comparada com adubação mineral em solo arenoso e cama de frango, comparada também com adubação mineral em solo argiloso, no período de abril de 2012 a maio de 2013. O experimento consistiu em 8 tratamentos com 4 repetições, em delineamento em blocos casualizados, totalizando 32 parcelas experimentais. Cada parcela foi composta por 05 linhas com espaçamento de 1m com 10 metros de comprimento. O espaçamento utilizado foi de 1m x 1m entre linhas e plantas, sendo que o número de manivas plantadas por linha foram 10, totalizando 50 por parcela. Os tratamentos foram distribuídos no dia do plantio a lanço para a adubação orgânica e para o adubo mineral em sulco de plantio, conforme os resultados da análise de solo. Para determinação dos atributos químicos do solo, foram coletadas amostras na camada de 0-20 cm de profundidade. As características avaliadas foram altura de plantas, teor foliar dos macronutrientes (N, P, K, Ca; Mg e S) e dos micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn) e avaliações nas raízes (pH, proteína bruta, cinza, massa seca e produtividade de raiz). Com os resultados obtidos, conclui-se que, no experimento implantado em solo arenoso, o uso de adubo orgânico e mineral aumenta a produtividade de raízes de mandioca, e a adição de cama de peru, na dose de 4 t ha⁻¹, promoveu maior produtividade de raízes de mandioca. No experimento implantado em solo argiloso, o uso dos tratamentos orgânicos e mineral não influenciaram na produtividade de raízes de mandioca, por ser um solo com fertilidade corrigida o que não favoreceu resposta significativa para os tratamentos (orgânico e mineral).

Palavras-chave: *Manihot esculenta* Crantz, adubação mineral e orgânica, produtividade.

ABSTRACT

THOMAS, Paula Ciléia, M.s., Universidade de Rio Verde, march de 2015. **Development and productivity of Cassava plantation fertilized with poultry litter** Adviser: Prof^a. Dr^a. June Faria Scherrer Menezes.

Poultry litter has been used in agricultural production, as an alternative of fertilizing and soil correction. Its use has become an alternative for reducing the cost of production, primarily by giving to the plant important nutrients for their development. The aim of this research was to evaluate the nutritional status of the cassava plant, growth and productivity of roots, with the application of poultry litter. To achieve the objective two experiments were conducted, comparing mineral fertilization against the use of poultry litter in sandy soil and in clay soil, from April 2012 to May 2013. The experiment consisted of 8 treatments with 4 replications, in randomized block design, summing 32 experimental plots. Each plot consisted of 05 rows with 1 m from each other and 10 m in length. The spacing used was 1 m x 1 m between rows and plants, summing 10 stem cuttings per row and 50 stem cuttings per plot. The treatments were established on the day of planting, using broadcasting application for organic fertilizing and sowing furrow application for mineral fertilizer, accordingly to the results of soil analysis. To determine the chemical attributes of the soil, samples were collected at 0-20 cm layer of depth. The characteristics evaluated were plant height, leaf content of macronutrients (N, P, K, Ca; Mg and S) and micronutrients (Cu, Fe, Mn and Zn) and evaluations on the roots (pH, crude protein, ash, dry weight and root productivity). From the results obtained it can be concluded that from the experiment conducted in sandy soil the use of organic and mineral fertilizer increases productivity of cassava roots, and the addition of poultry litter, at a dose of 4 t ha⁻¹, promoted greater productivity of cassava roots. In the experiment conducted in clay soil the use of organic and mineral treatments did not show any influence on productivity of cassava roots and the explanation for that is because this soil had the fertility corrected, which not allowed significant response to the treatments used (organic and mineral).

Keywords for this page: *Manihot esculenta* Crantz, mineral and Organic fertilization, productivity.

1 INTRODUÇÃO

A cultura da mandioca se apresenta bastante importante para a alimentação animal e humana. Em razão da sua diferenciada capacidade de produção no campo, é muito comum agricultores familiares utilizarem essa cultura como garantia da subsistência na sua propriedade rural. Outra vantagem verificada na mandioca é que é uma cultura que não promove perdas consideráveis no produto final.

Nesse tipo de cultura, o maior desafio enfrentado pelos produtores de mandioca é à necessidade de fornecer ao solo quantidades corretas de nutrientes, haja vista que será por meio do processo de absorção radicular que as plantas irão obter os nutrientes de que necessitam para se desenvolver. Porém, caso não haja a disposição correta desses nutrientes no solo, a planta terá seu desenvolvimento prejudicado e, como consequência, crescerá menos e terá uma produtividade menor.

A cultura da mandioca é exigente em nutrientes, razão por que é de extrema importância a fertilização do solo, podendo ser feita por meio de adubos minerais ou orgânicos. Diante disso, verifica-se uma necessidade de buscar-se alterações nas bases produtivas, visando alcançar maior lucratividade para os produtores de mandioca, o que é possível por meio da introdução na cultura de técnicas diferentes de cultivo, bem como do uso de outras alternativas de adubações, tudo objetivando aumentar a produtividade. Essas mudanças também representam aumento na criação de empregos e outras fontes de renda para o produtor rural.

No caso da agricultura familiar, observa-se que alguns fatores se mostram como entraves para o seu desenvolvimento. Dentre esses, destaca-se a ausência de definição com relação aos níveis econômicos relativos às culturas alimentares, acabando por reduzir as áreas de plantio e, via de consequência, a produção dessas culturas e, também, o custo muito alto dos fertilizantes minerais utilizados na adubação.

Observa-se que, recentemente, tem aumentado a demanda por adubos alternativos, aliado aos altos custos dos fertilizantes minerais e o aumento da busca por produtos orgânicos. Nesse sentido, um dos debates tem sido a utilização de adubos orgânicos, em razão de tal técnica apresentar diversas vantagens, notadamente por aumentar os estoques totais de carbono orgânico e nitrogênio presentes no solo e aumentar a produtividade.

O aumento da produção em razão da utilização de materiais orgânicos se dá em razão de melhorar a aeração do solo, aumentando a capacidade de retenção de água e nutrientes, o

que potencializa o desenvolvimento do sistema radicular, em virtude de intensificar as atividades microbiológicas relativas à ciclagem de diversos nutrientes. Esse conjunto de benefícios acaba melhorando a produtividade, além de fortalecer a planta, já que interfere nas propriedades físicas e químicas do solo, razão pela qual é classificado como melhorador e/ou condicionador do solo.

Em meio aos diversos tipos de adubos orgânicos existentes, destaca-se a cama de aviário, notadamente a cama de peru e de frango. Esses adubos são produzidos em larga escala na região Sudeste de Goiás, principalmente nos Municípios de Mineiros-GO e Rio Verde-GO, em razão do grande índice de produção de aves na região do Sudoeste Goiano, sendo que, segundo estimativa da BRF (2013)¹, gira em torno de 113.000 t ano⁻¹ de cama de peru, no município de Mineiros e 105.600 t ano⁻¹ de cama de frango no município de Rio Verde.

Visando fazer uso do potencial fertilizante das camas de aviário, os quais são utilizados em substituição à tradicional adubação mineral na cultura da mandioca, algumas estratégias têm sido utilizadas para o manejo da adubação nestas culturas, notadamente por meio da quantificação dos elementos químicos ofertados pelos resíduos orgânicos, o que é feito atendendo às exigências nutricionais da cultura, bem como o potencial agrônomo e a fertilidade encontrados no solo.

Diante dessa situação, objetivou-se, com o presente estudo, analisar a influência das adubações orgânicas, principalmente por meio da cama de peru e cama de frango, fazendo comparações entre os efeitos destas com a adubação mineral, no crescimento da planta, na avaliação nutricional, na produtividade e qualidade de raízes de mandioca “de mesa”, em solo de textura arenosa e argilosa.

¹ Informações obtidas pelo Engenheiro Agrônomo Alexandre Henrique de Castro da BRF (2013).

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Cultura da mandioca: aspectos edafoclimáticos e produtividade

A mandioca pertence à classe das dicotiledôneas, à ordem Euphorbiales, à família Euphorbiaceae, ao gênero *Manihot* e à espécie *Manihot esculenta* subsp *esculenta*. O gênero *Manihot* é composto por cerca de 98 espécies. A única espécie do gênero cultivada comercialmente, visando à produção de raízes tuberosas ricas em amido, é a *Manihot esculenta* subsp *esculenta* (FIALHO; VIEIRA, 2011). Os autores relatam que a referida espécie é um arbusto perene cultivado principalmente em países tropicais, em desenvolvimento, e importante na segurança alimentar, principalmente por causa da rusticidade que reflete na capacidade de produzir elevadas quantidades de amido em condições em que outras espécies sequer sobreviveriam. Possui versatilidade de usos, flexibilidade de plantio e de colheita, e importância sociocultural que representa para essas populações.

A mandioca é uma das culturas mais exploradas na agricultura mundial, sendo sua utilização como tuberosa, superada apenas pela batata inglesa (SOUZA; OTSUBO, 2002). A mandioca é conhecida por grande parte da população brasileira como uma planta utilizada exclusivamente para a fabricação de farinha de mesa, farinha de tapioca ou goma e, em menor escala, ração animal, sendo desconhecidas as diversas aplicações sob a forma de amido (SAMPAIO et al., 1994). Considerada por Howeler et al. (2013) uma das principais fontes de carboidratos do mundo, cuja área plantada é uma das mais representativas entre as culturas amiláceas, resultando em patamares de produção estimados em 280 milhões de toneladas no ano 2012.

O cultivo da mandioca no Brasil remonta ao período pré-colonial e teve sempre um importante papel na alimentação do povo indígena brasileiro devido à sua grande fonte de carboidratos e às suas múltiplas aplicações junto às populações rurais (MURRIETA, 2001). A produção mundial da mandioca em 2012 foi de 254 milhões de toneladas, sendo este um dos motivos expressivo em função da facilidade em adaptar às mais diversas condições edafoclimáticas em variados países, em especial, África e Ásia (SEAB, 2014). Segundo informações da Conab (2013), o Brasil ficou, no ano de 2012, em quarto lugar como maior produtor mundial de raiz de mandioca. Enquanto que, no ano de 2013, a produção foi de

21,45 milhões de toneladas (SEBRAE, 2014). No entanto, a produção em 2014, segundo o IBGE (2014) foi de 23,38 milhões de toneladas.

A estimativa da produção de mandioca em 2014, no Brasil foi de aumentar 9,9 % em relação a 2013, alcançando 22,83 milhões de toneladas. Esse aumento se deve a um acréscimo de 10,3% da área a ser colhida com a cultura, já que o rendimento médio esperado foi 0,4% menor que o do ano anterior (IBGE, 2014). Segundo Diniz (2005), a mandioca é cultivada por cerca de 500 milhões de pessoas no mundo, por ser a principal fonte de alimentos energéticos, especialmente nos países em desenvolvimento, onde é produzida em pequenas áreas com baixo nível tecnológico.

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma espécie adaptada às mais diversas condições edafoclimáticas brasileiras, tolerante a estresses bióticos e abióticos (CEREDA, 2002). Por esse motivo, é comumente cultivada por pequenos produtores rurais, em áreas cujos solos são pobres e onde as condições climáticas nem sempre são favoráveis à exploração da cultura (STAUT, 2012). A mandioca é cultivada entre 30 graus de latitudes Norte (N) e Sul (S), embora a concentração de plantio esteja entre as latitudes 15° N e 15° S. Suporta altitudes que variam desde o nível do mar até cerca de 2.300 metros. A faixa ideal de temperatura situa-se entre 20 a 27°C (média anual). As temperaturas baixas, em torno de 15°C, retardam a brotação das manivas e diminuem ou mesmo paralisam sua atividade vegetativa (OTSUBO; LORENZI, 2004).

Considerada a mais brasileira das culturas, por ser originária do Brasil e cultivada em todo o território nacional, vem sendo explorada, basicamente, por pequenos produtores, em áreas marginais de agricultura, devido à sua rusticidade e à capacidade de produzir relativamente bem em condições em que outras espécies sequer sobreviveriam (FIALHO; VIEIRA, 2011). É uma cultura de grande importância na produção de calorias nos trópicos, em que suas raízes tuberosas (ricas em amido) são utilizadas na alimentação humana e animal ou como matéria-prima para indústrias de farinha e fécula e também na geração de emprego e de renda (CEREDA, 2002; SOUZA et al., 2009).

Segundo Lorenzi et al. (2002), a capacidade de se obter uma boa produção em solos de baixa fertilidade talvez seja a principal característica da mandioca. Em solos com baixo teor de nutrientes, a planta da mandioca reduz seu tamanho, mantendo, todavia, a concentração desses nutrientes em nível ótimo, permitindo assim, maior eficiência na utilização dos elementos nutritivos. Além disso, tolera bem solos ácidos, porque suporta alto nível de saturação com alumínio, mas é muito susceptível à salinidade e; a faixa ideal de pH para o cultivo da mandioca situa-se entre 5 e 6.

Os solos ideais para a cultura da mandioca (*M. esculenta Crantz*) são os profundos e friáveis (soltos), arenosos ou de textura média, por facilidade de colheita. Os solos argilosos são indesejáveis porque, por serem compactados, dificultam o crescimento das raízes e apresentam maior risco de encharcamento, provocando o apodrecimento das raízes, além de que nesses solos verifica-se uma maior dificuldade na colheita, principalmente se ela coincide com a época seca (SOUZA; SOUZA, 2000). A época adequada de plantio é importante para a produção da mandioca, principalmente, pela sua relação com a presença de umidade no solo, necessária para brotação das manivas e seu enraizamento (SEBRAE, 2009).

A mandioca é um produto de ampla versatilidade quanto às suas possibilidades de uso como alimento de animais ruminantes e monogástricos. Além de apresentar características agronômicas que permitem sua exploração não só em condições de alta tecnologia, como em áreas marginais (ALMEIDA; FERRERIA FILHO, 2005). Tendo suas raízes usadas como alimento básico por largas faixas da população e consumidas como farinha, amido ou cozido (*in natura*), a mandioca apresenta elevada importância sociocultural para as populações que a cultivam. Contudo, por sua capacidade produtiva, pela qualidade do seu amido e da sua parte aérea, alcança novos mercados, tanto na indústria (alimentícia e química) quanto na alimentação animal (raízes e parte aérea) (FIALHO; VIEIRA, 2011).

A capacidade de usar água eficientemente permite sua exploração em regiões de estações secas prolongadas nas quais a cultura ocupa papel predominante nos sistemas de produção agrícola. A produção nacional da mandioca em 2012 foi de 24,2 milhões de toneladas de raízes, numa área plantada de 2,4 milhões de hectares, com rendimento médio de 13,8 t ha⁻¹ (IBGE, 2012). Dentre os cinco principais estados produtores destacam-se: Pará (19,9%), Paraná (16,9%), Bahia (10,9%), Maranhão (6,3%) e São Paulo (6,2), que respondem por 59,5% da produção do país (IBGE, 2012).

O maior produtor mundial até 1991 foi o Brasil, quando foi superado pela Nigéria e Tailândia, sendo que sua atual produção é de cerca de 26 milhões de toneladas por ano colocando a cultura da mandioca entre as principais explorações agrícolas do país, sendo a maior parte cultivada por pequenos e médios produtores. Entre as culturas temporárias, ocupa a quinta colocação em termos de valor da produção agrícola brasileira, ficando atrás apenas das culturas de cana-de-açúcar (cerca de 750 milhões de toneladas), soja (cerca de 66 milhões de toneladas) e milho (2ª safra – 34,5 milhões de toneladas e 1ª safra – 34 milhões de toneladas) (MEZETTE, 2013).

Segundo informações da FAO (2014), citado por Passos et al. (2014), o Brasil ocupa a terceira posição na produção mundial de mandioca, ficando somente atrás da Nigéria (43

milhões de t) e da Tailândia (27 milhões de t). Os outros grandes países produtores são Indonésia (20 milhões de t), Congo (1 milhão de toneladas) e Gana (9,7 milhões de t), informações estas obtidas por FAOSTAT (2009), citado por Fialho e Vieira (2011).

A agricultura familiar é responsável por 84% da produção de mandioca no País, conforme apresenta o Ministério do Desenvolvimento Agrário e o consumo per capita de raízes ($51 \text{ kg hab}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) supera a média mundial de $17 \text{ kg hab}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (FOLONI et al., 2010). Enquanto que, o consumo domiciliar *per capita* de mandioca no Brasil é de $1,77 \text{ kg ano}^{-1}$ (MACIEL; LIMA JUNIOR, 2014).

A mandioca é usada tanto na alimentação humana (*in natura* e na fabricação de farinhas e polvilhos, entre outros) quanto na animal. Sua principal parte são as raízes tuberosas, onde se concentra maior quantidade de fécula. A mandioca de mesa geralmente é comercializada *in natura*, em feiras livres e supermercados, durante todo o ano. Também pode ser encontrada minimamente processada, congelada ou refrigerada, pré-cozida e em forma de “chips” (FIALHO; VIEIRA, 2011).

2.2. Cultura da mandioca: exigências nutricionais

A cultura da mandioca extrai grande quantidade de nutrientes do solo e, em função disto, a presença de nutrientes, em quantidades adequadas, favorece o aumento na produtividade (RÓS et al., 2013). Inoue et al. (2010) acrescentam que a mandioca é uma planta de reprodução vegetativa, feita através de seus caules, denominadas de manivas. Vários fatores interferem na qualidade da maniva, como: variedade, cultivar, idade, sanidade, maturidade, número de nós e espessura do caule. Sendo esses fatores que implicam em uma necessidade de seleção de caules que fornecerão o material para um novo plantio.

A mandioca é uma cultura que absorve grandes quantidades de nutrientes e praticamente exporta tudo o que foi absorvido, as raízes tuberosas são destinadas à produção de farinha, fécula e outros produtos, bem como para a alimentação humana e animal; a parte aérea (manivas e folhas), para novos plantios, alimentação humana e animal (MATTOS; BEZERRA, 2003). O valor nutricional da parte aérea da mandioca apresenta uma grande variação em função de uma série de fatores como a variedade, classes de solo, condições climáticas (especialmente precipitação), idade da planta, época de corte, proporção de folhas e hastes e altura da colheita do material (FIALHO; VIEIRA, 2011).

Os sintomas de deficiência de nutrientes em mandioca são citados por Fialho e Vieira (2011) e Mattos e Bezerra (2003) e descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Sintomas visuais de deficiência de nutrientes na mandioca

Nutrientes	Sintomas de deficiência
N	Crescimento reduzido da planta; em algumas cultivares ocorre amarelecimento uniforme e generalizado das folhas, iniciando nas folhas inferiores e atingindo toda a planta.
P	Crescimento reduzido da planta, folhas pequenas, estreitas e com poucos lóbulos, hastes finas; em condições severas ocorre o amarelecimento das folhas inferiores, que se tornam flácidas e necróticas e caem; diferentemente da deficiência de N, as folhas superiores mantêm sua cor verde escura mas podem ser pequenas e pendentes.
K	Crescimento e vigor reduzido da planta, entrenós curtos, pecíolos curtos e folhas pequenas; em condições muito severas, ocorrem manchas avermelhadas, amarelecimento e necrose dos ápices e bordas das folhas inferiores, que envelhecem prematuramente e caem; necrose e ranhuras finas nos pecíolos e na parte superior das hastes.
Ca	Amarelecimento, queima e deformação dos ápices foliares; escassa formação de raízes
Mg	Clorose internerval marcante nas folhas inferiores, iniciando nos ápices ou bordas das folhas e avançando até o centro; sob condições severas as margens foliares podem tornar-se necróticas; pequena redução na altura da planta.
S	Amarelecimento uniforme das folhas superiores, similar ao produzido pela deficiência de N; algumas vezes são observados sintomas similares nas folhas inferiores.
B	Altura reduzida da planta, entrenós e pecíolos curtos, folhas jovens verdes escuras, pequenas e disformes, com pecíolos curtos; manchas cinzas, marrons ou avermelhadas nas folhas completamente desenvolvidas; exsudação gomosa cor de café nas hastes e pecíolos; redução do desenvolvimento lateral da raiz.
Cu	Deformação e clorose uniforme das folhas superiores; ápices foliares tornam-se necróticos e as margens das folhas dobram-se para cima ou para baixo; pecíolos largos e pendentes nas folhas completamente desenvolvidas; crescimento reduzido da raiz.
Fe	Clorose uniforme das folhas superiores e dos pecíolos, os quais tornam-se brancos em condições severas; inicialmente as nervuras e os pecíolos permanecem verdes, tornando-se de cor amarela-pálida, quase branca; crescimento reduzido da planta; folhas jovens pequenas porém em formato normal.
Mn	Clorose entre as nervuras nas folhas superiores ou intermediárias completamente expandidas; clorose uniforme em condições severas; crescimento reduzido da planta; folhas jovens pequenas porém em formato normal.
Zn	Manchas amarelas ou brancas entre as nervuras nas folhas jovens, as quais com o tempo tornam-se cloróticas, com lóbulos muito pequenos e estreitos, podendo crescer agrupadas em roseta; manchas necróticas nas folhas inferiores; crescimento reduzido da planta.

Fonte: Mattos e Bezerra (2003); Fialho e Vieira (2011).

A mandioca extrai altas quantidades de nutrientes do solo e se não adequadamente adubada, pode conduzir ao esgotamento do terreno. Takahashi (2008), ao comparar com as culturas da cana-de-açúcar e do milho, verificou que a mandioca promoveu uma menor extração com relação ao nitrogênio, ao fósforo e ao potássio. Em termos percentuais, o milho extrai 286% mais nitrogênio e 139% mais potássio do que a mandioca. A cana extrai 40% mais fósforo e 237% mais potássio que a mandioca. Por esses resultados, é possível observar não ser verdadeiro o mito de que a mandioca esgota o terreno desde que adequadamente manejada por meio da adubação e rotação com outras culturas, conforme Tabela 2.

Tabela 2. Extração de nutrientes pelas culturas da mandioca, cana-de-açúcar e milho por hectare

Cultura	Parte da planta	Produção t	Nitrogênio	Fósforo	Potássio
			-----kg ha ⁻¹ -----		
Mandioca	raiz	12,40	16,94	6,98	15,70
	total		25,00	20,04	27,73
Cana-de-açúcar	colmo	51,65	45,04	15,89	39,05
	total		75,00	28,10	91,94
Milho	grãos	3,72	55,79	11,16	12,19
	total		96,49	20,25	65,29

Fonte: Adaptado de Takahashi (2008).

O fósforo, embora não seja extraído em grandes quantidades pela mandioca, exerce importância, pois os solos brasileiros em geral, e em particular os cultivados com mandioca, normalmente classificados como marginais, são pobres neste nutriente. Por essa razão, é grande a resposta da cultura à adubação fosfatada. Quanto ao potássio, nutriente extraído em maior quantidade pela mandioca, seu esgotamento é atingido rapidamente, após 2 a 4 cultivos sucessivos na mesma área. Embora a resposta à adubação potássica seja baixa, torna-se evidente após cultivos sucessivos na mesma área (MATTOS; BEZERRA, 2003).

A adubação da mandioca prevê a reposição dos principais nutrientes extraídos pela cultura, como cálcio, magnésio, nitrogênio, fósforo e potássio. Nos solos de Cerrados, as maiores respostas da mandioca à adubação têm sido conseguidas com a aplicação de fósforo, potássio, nitrogênio e zinco (FIALHO; VIEIRA, 2011).

A resposta da mandioca à adubação depende das condições do solo. Quando cultivada em solos com fertilidade média a alta, geralmente, há pouca ou nenhuma resposta à adubação, ao passo que, em solos com baixa fertilidade, a cultura apresenta incremento de produtividade, quando há o uso de fertilizantes (RÓS et al., 2013). No entanto, para Souza e Fialho (2003), independentemente da resposta da cultura à adubação, sempre é necessário que se proceda à reposição dos nutrientes, de maneira a manter os teores do solo dentro dos níveis recomendados.

Embora a mandioca seja uma planta rústica e adaptada a solos de baixa fertilidade, apresenta respostas significativas ao uso de adubos, com aumentos expressivos de produtividade. Dois são os motivos: primeiro, porque exporta do solo grandes quantidades de nutrientes (para uma produção de 25 toneladas de raízes e parte aérea de mandioca por hectare, são extraídos 123 kg de N, 27 kg de P, 146 kg de K, 46 kg de Ca e 20 kg de Mg), extraindo, pela ordem de exigência da planta: potássio, cálcio, nitrogênio, fósforo e magnésio;

e segundo, porque grande parte da produção é exportada da área na forma de raízes, ramas para novos plantios e, em alguns casos, a parte aérea, usada na alimentação animal, resultando em pouco resíduo orgânico para ser incorporado ao solo e, conseqüentemente, em baixa reciclagem de nutrientes (FIALHO; VIEIRA, 2011).

2.3 Tipos de adubação utilizadas na cultura da mandioca

A adubação para plantio da mandioca prevê a reposição dos principais nutrientes extraídos pela cultura como: cálcio, magnésio, nitrogênio, fósforo e potássio. O cálcio e o magnésio são adicionados em quantidade suficiente com o calcário. Quanto ao nitrogênio, a mandioca tem apresentado respostas pequenas à sua aplicação, em solos com baixos teores de matéria orgânica, embora ele seja o segundo nutriente absorvido em maior quantidade pela planta. Possivelmente, esse fato deve-se à presença de bactérias diazotróficas, fixadoras de nitrogênio atmosférico, no solo da rizosfera, nas raízes absorventes, nas raízes tuberosas e nas manivas da mandioca (SOUZA; FIALHO, 2003).

A fertilização do solo pode ser feita por meio de fertilizantes minerais ou orgânicos, sendo que este último apresenta vantagens, em especial por permitir aumento nos estoques totais de carbono orgânico e nitrogênio. Os elementos presentes em adubos orgânicos não estão prontamente disponíveis às plantas no momento da adubação, mas ao longo do ciclo da cultura. Os nutrientes são disponibilizados com a decomposição do material orgânico, o que resulta em menor perda de nutrientes por lixiviação e/ou volatilização. A decomposição da matéria orgânica é promovida pela biomassa microbiana do solo, que faz com que ocorra a mineralização, a qual pode ter efeito imediato ou residual (RÓS et al., 2013).

2.3.1 Adubação nitrogenada

A adubação nitrogenada é feita com 20 kg ha⁻¹ de N, aplicados em cobertura ao lado da planta, entre 30 e 60 dias após a brotação, com ureia (45 kg ha⁻¹) ou sulfato de amônio (100 kg ha⁻¹), quando o solo estiver úmido. Em solos já adubados com adubos químicos ou orgânicos ou férteis, a adubação nitrogenada deve ser ministrada com cautela, pois o excesso de nitrogênio contribui para o desenvolvimento vigoroso da parte aérea da mandioca, em detrimento da raiz. Dessa forma, recomenda-se que a adubação de cobertura com nitrogênio seja feita em mandiocais que apresentarem o amarelecimento das folhas no início do crescimento, evitando assim o excesso do nutriente (FIALHO; VIEIRA, 2011).

Estudos referentes à adubação nitrogenada em mandioca são escassos, visto que, apesar da absorção de nitrogênio pela cultura ser alta, isto não resulta sempre, em aumentos de rendimentos. Mas de acordo com Montaldo et al. (1972), o nitrogênio pode promover algum rendimento de raízes frescas e o desenvolvimento da parte aérea. Em solos distróficos da Tailândia, sem receber adubos por 15 anos consecutivos, os rendimentos diminuíram de um nível inicial de 30 t ha⁻¹ a 17 t ha⁻¹. Mas, quando esses solos receberam 375, 161 e 312 kg ha⁻¹ de N, P e K, respectivamente, os rendimentos aumentaram de 22 a 41 t ha⁻¹ (SITTIBUSAYA; KURAMAROHITA, 1978, citado por SOUSA et al., 2014a).

Estudos realizados por Souza et al. (2014b), com o objetivo de avaliar o teor de N e proteína bruta em raízes e folhas de mandioca submetidos à adubação nitrogenada, desenvolveu-se um experimento de campo, utilizando 15 tratamentos e quatro repetições, aplicando-se três fontes de N: ureia (45%); nitrocálcio: (22%) e sulfato de amônio (20%), e cinco níveis (0; 30; 60; 80 e 100 kg ha⁻¹ N) por ocasião do plantio, que verificaram que o teor de N em folhas foi aproximadamente 7 vezes maior ao N da raiz. A aplicação de 30 kg ha⁻¹ N, resultou num aumento de 11% no teor de N em folhas. Em contrapartida, diferenças não foram encontradas quando Vidigal Filho (1981) analisou os efeitos de três formas de N (ureia, nitrocálcio e sulfato de amônio), verificando que a cultura poderia ser adubada com qualquer uma dessas fontes.

Não se tem encontrado respostas positivas à aplicação de altas doses de N no tocante à produção de massa seca de raízes, quando no solo já existia alguma quantidade do nutriente (SOUZA al., 2014b). Howeler (1981), comparando os efeitos de fontes e níveis de N, encontrou diferenças nos rendimentos, que aumentaram até a aplicação de 200 kg ha⁻¹ de N, sendo que a uréia comum foi mais efetiva que a uréia com enxofre.

2.3.2 Adubação com fósforo e potássio

Para a adubação com fósforo e potássio, recomenda-se verificar a disponibilidade dos nutrientes mostrados na análise do solo (FIALHO; VIEIRA, 2011). A interpretação dos resultados da análise para fósforo leva em conta o teor de argila do solo, conforme sugerido na Tabela 3.

Tabela 3. Interpretação dos resultados da disponibilidade de fósforo e potássio, extraídos pelo método de Mehlich-1

Classe de disponibilidade	Argila (%)			< 20	Potássio (mg dm ⁻³)
	> 60	41 - 60	21 - 40		
	Fósforo (mg dm ⁻³)				
Muito baixa	0 < 1	0 < 3	0 < 5	0 < 6	-
Baixa	1,1 - 2	3,1 - 6	5,1 - 10	6,1 - 12	< 25
Média	2,1 - 3	6,1 - 8	10,1 - 14	12,1 - 18	25 - 50
Alta	> 3	> 8	> 14	> 18	> 50

Fonte: Fialho & Vieira (2011).

Segundo Sousa e Lobato (2004), a adubação de plantio para mandioca é viável quando se aplica no sulco de plantio as dosagens de P₂O₅ e K₂O, de acordo com a expectativa de rendimento, conforme apresenta a tabela 4.

Tabela 4. Adubação de plantio com expectativa de rendimento para a cultura da mandioca

Expectativa de rendimento Mg ha ⁻¹	P extraível		K extraível	
	Adequado ----- kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅ -----	Alto	Adequado ----- kg ha ⁻¹ de K ₂ O -----	Alto
20	60	30	40	20
30	80	40	60	30

Fonte: Sousa e Lobato (2004).

Os autores Sousa e Lobato (2004) destacam ainda que para o rendimento de raízes não seja inferior a 20 t ha⁻¹, deve-se utilizar as doses de fósforo e potássio recomendadas para a adubação corretiva gradual de 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 40 kg ha⁻¹ de K₂O. Para adubação de cobertura aplicar doses de N e K₂O, em função de expectativa de rendimento da cultura (Tabela 5).

Tabela 5. Adubação de cobertura com expectativa de rendimento para cultura da mandioca

Expectativa de rendimento Mg ha ⁻¹	N kg ha ⁻¹	K extraível	
		Adequado ----- kg ha ⁻¹ de K ₂ O -----	Alto
20	50	40	20
30	80	60	30

Fonte: Sousa e Lobato (2004).

Em solos com teor de argila menor que 15%, o N e o K podem ser parcelados em duas vezes (50% aos 30 dias após a brotação e 50% aos 60 dias), e maior que 15%, fazer a cobertura 30 dias após a brotação (SOUSA; LOBATO, 2004).

A adubação fosfatada é feita com a aplicação do adubo na dosagem recomendada, no sulco ou na cova, durante o plantio, em face da pouca mobilidade desse nutriente no solo. O superfosfato simples (20% P_2O_5) e o superfosfato triplo (45% P_2O_5) são os adubos fosfatados mais usados. O superfosfato tem a vantagem de conter na sua composição cerca de 12% de enxofre, nutriente que será fornecido juntamente com o fósforo. Outros adubos usados são os termofosfatos, que possuem em suas fórmulas, além do fósforo, micronutrientes como molibdênio, cobre, boro e zinco (FIALHO; VIEIRA, 2011).

Potássio é o nutriente mais extraído pela cultura da mandioca (OTSUBO; LORENZI, 2004). De acordo com Meurer (2006), o íon K^+ é o cátion mais abundante nos tecidos vegetais, no entanto, não faz parte de nenhuma estrutura ou molécula orgânica, sendo encontrado como cátion livre ou adsorvido. Sua principal função é ativar numerosas enzimas (FIGUEIREDO et al., 2008). Dessa forma, sua disponibilidade para as plantas afeta a produtividade da cultura e a qualidade das ramas utilizadas no plantio, baixando a produtividade da lavoura propagada de ramas obtidas de áreas deficientes em potássio (TAKAHASHI; BICUDO, 2005). Para a adubação potássica, utiliza-se o cloreto de potássio (62% K_2O), com 50% da dosagem recomendada no sulco ou cova de plantio, e os outros 50% em cobertura entre 30 e 60 dias após a brotação das manivas-sementes, junto com a adubação nitrogenada (FIALHO; VIEIRA, 2011).

Potássio deve ser aplicado na cova ou sulco de plantio, juntamente com o fósforo. Os adubos potássicos mais utilizados são o cloreto de potássio e o sulfato de potássio. Em solos extremamente arenosos, fracionar o potássio em duas aplicações, sendo metade da dose no plantio e a outra metade em cobertura, junto com o nitrogênio (SOUSA; BEZERRA, 2003). Em pesquisa realizada por Fidalski (1999), comprovou-se que a adubação fosfatada aumentou a produção de raízes de mandioca e os teores de P no solo após o cultivo de mandioca. A calagem e a adubação nitrogenada e potássica não aumentaram a produção de raízes de mandioca. A adubação potássica não aumentou o teor de K no solo após o cultivo de mandioca.

2.3.3 Adubação orgânica

A adubação orgânica é fundamental, não só como fonte dos nutrientes para a mandioca, mas também como condicionadora do solo, melhorando a disponibilidade dos nutrientes, estrutura, aeração e retenção de água. Os adubos orgânicos mais usados, que possuem composição muito variável são: esterco de gado, cama de frango, compostos e tortas.

A aplicação dos mesmos poderá ser nas covas ou sulcos de plantio, sendo ligeiramente incorporados com a enxada, ou a lanço em toda a área e incorporados com grades ou arados de tração mecânica ou animal. Vale ressaltar que os adubos orgânicos devem estar bem “curtidos”, para evitar a queima das manivas-sementes ou o transporte de sementes de ervas daninhas (FIALHO; VIEIRA, 2011).

O ganho de produtividade de culturas, em função da adição de esterco ao solo, está, frequentemente, relacionado a melhoras nas propriedades químicas e físicas deste recurso. Dentre os benefícios promovidos nas propriedades químicas, a adição de fertilizantes orgânicos pode melhorar a fertilidade do solo pela elevação de pH, com consequente aumento na capacidade de troca catiônica, e pela liberação de nutrientes (MENEZES; SILVA, 2008), embora Mitchell e Tu (2006) afirmem que a elevação do pH ocorre, geralmente, quando há aplicação contínua de adubo orgânico. Para Silva et al. (2012), o acréscimo de produtividade na cultura do inhame, com a adição de esterco bovino, ocorreu devido ao fornecimento de nutrientes às plantas e à melhoria na capacidade de troca catiônica, o que promoveu maior disponibilidade de nutrientes para a planta, por longo período. Alves et al. (2008) enfatizam que esses efeitos são mais acentuados em solos de baixa CTC.

Com relação às propriedades físicas do solo, a utilização de adubos orgânicos pode: incrementar teor de carbono; melhorar a sua estrutura e reduzir a sua plasticidade e coesão; promover a agregação das partículas; reduzir a sua densidade e temperatura e ampliar a porosidade, promovendo maior capacidade de retenção de água no solo. A ação da matéria orgânica na física do solo está relacionada à melhor estruturação, com redução na compactação, aumento na aeração e redução no fendilhamento de solos argilosos (RÓS et al. 2013).

A mandioca responde bem à aplicação de adubos orgânicos (esterços, tortas, compostos, adubos verdes e outros), cujos efeitos favoráveis estão relacionados com o fornecimento de nutrientes e, certamente, com alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Assim, havendo disponibilidade, deve-se dar preferência aos adubos orgânicos como fonte de nitrogênio, os quais devem ser aplicadas na cova, sulco ou a lanço, no plantio ou com antecedência em função da fermentação, como acontece com a torta de mamona (MATTOS; BEZERRA, 2003).

Os adubos orgânicos mais usados, que possuem composição muito variável, são esterco de gado, cama de frango, compostos e tortas (FIALHO; VIEIRA, 2011). Cama de aviário (cama de peru) é produzida em larga escala nos atuais sistemas de produção de aves na Região do Sudoeste Goiano, estimam-se 113.000 t ano⁻¹ de cama de peru, no município de

Mineiros e Rio Verde 105.600 t ano⁻¹ de cama de frango (BRF, 2013)². As camas têm em geral, como destino, o uso como fertilizantes e condicionadores de solo, pois são fontes de nutrientes, principalmente N, P e K e de matéria orgânica (FIGUEIREDO et al., 2008). Porém, esse aproveitamento deve ser realizado de forma racional e técnica para que se assegure a produtividade das culturas, aumente a renda do agricultor, resguarde o meio ambiente e garanta a qualidade de vida dos produtores e a sustentabilidade agrícola (MENEZES et al., 2003).

A cama aviária possui compostos ricos em nitrogênio, que auxiliam no aumento da produção de algumas culturas (SCHERER, 1995) e na redução de fitopatógenos que sobrevivem no solo (BLUM et al., 1999). Além de nitrogênio (2,6-3,0% de N), a cama aviária possui fósforo (3,9-4,5% de P) e potássio (1,0-3,0% de K) em níveis elevados (ERNANI, 1984). A cama de frango é basicamente uma mistura de excrementos de aves, restos de alimentos, penas e substratos de cama, como: raspas de madeira, palha de arroz e cascas de café. A composição da cama de frango pode variar conforme o período de uso, natureza do substrato e período e forma de estocagem (ANDREUCCI, 2007).

A cama de frango era muito usada na alimentação animal, porém, com a ocorrência do mal da vaca louca em rebanhos europeus em 2001, o governo brasileiro proibiu o seu fornecimento aos animais, conforme Instrução Normativa nº 15 de 17 de julho de 2001, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2001). Assim, a cama de frango passou a ser usada como fertilizante como fonte de nitrogênio, fosfato, potássio e micronutrientes, além dos benefícios físico-químicos ao solo proporcionados pela adição de matéria orgânica ao sistema (ANDREUCCI, 2007).

Os resíduos provenientes da criação intensiva de aves são ricos em nutrientes e, por estarem disponíveis a um baixo custo, podem ser viabilizados para a adubação das culturas (COSTA et al., 2009). Porém, apresentam variabilidade de acordo com o sistema de criação empregado, número de lotes criados sobre a cama, modo e tempo de compostagem, entre outros fatores (SILVA et al., 2009).

Os teores de N, P, K, Ca e Mg podem variar ligeiramente, dependendo da origem da cama de aviário e do número de camadas de maravalha. A adição ao solo de cama aviária aumenta o pH e devido ao aumento da matéria orgânica e diminui o teor de alumínio trocável, diminuindo os efeitos tóxicos deste íon para as plantas (ERNANI; GIANELLO, 1983). Os adubos orgânicos, quando adicionados ao solo com o grau de decomposição de seus resíduos,

² Informações obtidas pelo Engenheiro Agrônomo Alexandre Henrique de Castro da BRF.

podem apresentar efeito imediato ou efeito residual, por meio de um processo mais lento de decomposição e liberação de nutrientes (SANTOS et al., 2001).

O nitrogênio da cama de frango é presente sob a forma orgânica e inorgânica, podendo a proporção entre eles variar. As avaliações de N segundo Bitzer e Sims (1988), citados por Andreucci (2007), mostram que a forma inorgânica pode variar de 19 a 55% do nitrogênio total, podendo o NO_3^- compor de 0,2 a 19% do nitrogênio orgânico. A análise química da cama de frango realizada por Feltran et al. (2014) revelou: N, P, K, Ca, Mg e S (g kg^{-1}) = 22,7; 21,9; 28,6; 91; 6,2 e 4,2, respectivamente; Zn, Cu, Fe, Mn e B (mg dm^{-3}) = 340; 505; 8150; 536 e 32,7, respectivamente.

A cama de aviário constitui fertilizante eficiente e seguro para nutrição das culturas, desde que precedidos dos ativos ambientais que assegurem a proteção do ambiente (KONZEN, 2003). Em condições de solo onde os teores de Cu e Zn forem iguais ou superiores aos teores limítrofes (200 e 450 mg kg^{-1}) impostos pela resolução do CONAMA 420 de dezembro de 2009, não deverá ser recomendada a adubação com cama (CONAMA, 2009). Os problemas associados à adubação vão desde a recorrente falta de análise do solo até desinformações quanto à dose, à época de aplicação e à eficiência dos fertilizantes químicos e orgânicos. A disponibilidade de cama aviária, em algumas regiões produtoras, tem estimulado o seu uso, mesmo sem o manejo adequado (CARDOSO, 2003).

2.4. Resultados da adubação com cama de frango e de peru em culturas

Zárate e Vieira (2003) encontraram resultados positivos quando avaliaram a adubação com cama de aviário em milho e inhame, esses resultados podem relacionar-se com a incorporação dos restos culturais ao solo, que repõem quase 80% da totalidade do K extraído pela cultura de milho e, dentre os adubos orgânicos, os esterco (adubos animais) constituem num dos melhores métodos de fertilizar as culturas e manter a produtividade.

Odedina et al. (2011) compararam a produtividade de raízes tuberosas de mandioca colhidas aos 12 meses, em solo sem adubação e em solo com adição de 10 t ha^{-1} de esterco de aves, e também verificaram que a adição do fertilizante orgânico promoveu acréscimo de produtividade. No entanto, esse incremento não foi relacionado ao número de raízes por planta, o qual foi semelhante entre os tratamentos, e sim à ocorrência de raízes com diâmetros superiores, nas plantas cultivadas com esterco.

A adição de esterco de galinha, até a dose de 18 t ha^{-1} , promoveu acréscimos crescentes à produtividade de raízes de mandioca, resultando no aumento do número de

raízes, bem como em alterações favoráveis à cultura, nas propriedades químicas e físicas do solo (RÓS et al., 2013).

Com o objetivo de verificar alterações nas propriedades do solo em sistemas de plantio direto com adição de cama de frango, Valadão et al. (2011) implantaram um experimento em três camadas (0-10, 10-20 e 20-30 cm) e três repetições, em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico submetido a plantio direto contínuo nos últimos anos, com rotação principalmente de: soja, milho, algodão e milheto. Os tratamentos foram: sistema com adubação mineral, com adição de cama de frango crua, com adição de cama de frango compostada e uma área não manejada de cerrado nativo. Constataram que a cama de frango crua revelou-se mais vantajosa na disponibilidade de nitrogênio total e menos eficiente em garantir a qualidade física do solo. A cama de frango compostada proporcionou atributos mais semelhantes às condições naturais.

Segundo Blum et al. (2003), em estudo para avaliarem o efeito de cama aviária e casca de pinus ao solo, verificaram que em moranga Exposição e pepino Caipira, valores máximos de número e de biomassa verde das plantas foram atingidos em doses de cama aviária entre 28,0 e 35,7 g kg⁻¹, comprovando que a cama aviária melhorou as condições de fertilidade do solo.

Com o objetivo de avaliar resposta produtiva da cultura do trigo à aplicação em safra anterior – efeito residual – e imediata, de resíduo orgânico de abatedouro de aves e suínos Briedis et al. (2011) verificaram que a aplicação de 2 t ha⁻¹ resíduo orgânico, em primeira safra, proporcionou produtividade superior ao tratamento sem fertilização e igual à aplicação de 250 kg ha⁻¹ de fertilizante mineral + 50 kg ha⁻¹ de N em cobertura. A fertilização com 100% e 75% de resíduo orgânico proporcionou efeito residual benéfico, sendo os únicos tratamentos a diferirem-se da testemunha na produtividade. A produção acumulada de duas safras (feijão e trigo) mostrou tendência positiva nas parcelas que receberam o fertilizante orgânico.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J.; FERREIRA FILHO, J.R. Mandioca: uma boa alternativa para alimentação animal. **Bahia Agrícola**, v.7, n.1, p.51-55, set. 2005.

ALVES, A. U.; OLIVEIRA, A. P. de; ALVES, A. U.; DORNELAS, C.S.M.; ALVES, E.U.; CARDOSO, E.A.; OLIVEIRA, A.N.P. de O.; CRUZ, I. da S. Produção de feijão-fava e retorno econômico em função da adubação organomineral. **Horticultura Brasileira**, v.26, n.2, p.251-254, abr./jun. 2008.

ANDREUCCI, M.P. **Perdas nitrogenadas e recuperação aparente de nitrogênio em fontes de adubação de capim elefante**. 2007. 204f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2007.

BLUM, L. E. B.; AMARANTE, C. V. T.; GÜTTLER, G.; MACEDO, A. F.; KOTHE, D. M.; SIMMLER, A. O.; PRADO, G.; GUIMARÃES, L. S. Produção de moranga e pepino em solo com incorporação de cama aviária e casca de pinus. **Horticultura Brasileira**, v.21, p.627-631, 2003.

BLUM, L.E.B.; KOTHE, D.M.; SIMMLER, A.O. Efeito da adição ao solo da casca de pinus e da cama de aviário na incidência de tombamento (*Phytophthora capsici*) em mudas de cucurbitáceas e pimentão. **Fitopatologia Brasileira**, v. 24, suplemento, p. 268, 1999.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa N. 15 de 17 de julho de 2001**. Disponível em: <www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 14 dez. 2014.

BRIEDIS, C.; MORAES SÁ, J.C.; FERREIRA, A.O.; RAMOS, F.S. Efeito primário e residual de resíduos orgânicos de abatedouro de aves e suínos na produtividade do trigo. **Revista Verde**, v.6, n.2, p.221 - 226 abr./jun. 2011.

CARDOSO, C.E.L. **Competitividade e inovação tecnológica na cadeia agroindustrial de fécula de mandioca no Brasil**. 2003. 188f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2003.

CEREDA, M.P. **Agricultura: tuberosas amiláceas Latino Americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2002. 540p.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Perspectivas para a agropecuária – Safra 2013/2014**. Brasília: Conab, 2013.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução N. 420, de 28 de dezembro de 2009**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>>. Acesso em: 14 dez. 2014.

COSTA, A.M.; BORGES, E.N.; SILVA, A.A.; NOLLA, A.; GUIMARÃES, E.C. Potencial de recuperação física de um latossolo vermelho, sob pastagem degradada, influenciado pela aplicação de cama de frango. **Ciência Agrotecnológica**, v.33, p.1991-1998, 2009.

DINIZ, F. **Biodiversidade e biotecnologia**: aliadas no desenvolvimento de formas alternativas de aproveitamento da mandioca no Brasil. mar. 2005. Disponível em: <<http://www.renorbio.org.br/portal/noticias/biodiversidade-e-biotecnologia-aliadas-no-desenvolvimento-de-formas-alternativas-de-aproveitamento-da-mandioca-no-brasil.htm>>. Acesso em: 14 mar. 2014.

ERNANI, P.R. Necessidade da adição de nitrogênio para o milho em solo fertilizado com esterco de suínos, cama de aves e adubos minerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.8, n. 3, p.313-317, 1984.

ERNANI, P.R.; GIANELLO, C. Diminuição do alumínio trocável do solo pela incorporação de esterco de bovinos e camas de aviário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 7, n. 2, p.161-165, 1983.

FELTRAN, J.C.; VALLE, T.L.; CARVALHO, C.R.L.; GALERA, J.M.S.V.; KANTHACK, R.A.D. **Adubação e densidade populacional em mandioca de indústria**: efeitos na produtividade e no teor de matéria seca de raízes. 2014. Disponível em: <energia.fca.unesp.br/index.php/rat/article/download/1296/545>. Acesso em: 12 nov. 2014.

FIALHO, J. de F.; VIEIRA, E.A. (Eds.). **Mandioca no cerrado**: orientações técnicas. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2011. 208p.

FIDALSKI, J. Respostas da mandioca a adubação NPK e calagem em solos arenosos do Noroeste do Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.8, ago. 1999.

FIGUEIREDO, M. A.; PASQUAL, M.; ARAUJO, A.G.; JUNQUEIRA, K.P.; SANTOS, F.C.; RODRIGUES, V.A. Fontes de potássio no crescimento in vitro de plantas de orquídea *Cattleya loddigesii*. **Ciência Rural**, v.38, n.1, p.255-257, 2008.

FOLONI, J.S.S.; TIRITAN, C.S.; SANTOS, D.H. Avaliação de cultivares de mandioca na Região Oeste do Estado de São Paulo. **Revista Agrarian**, v.3, n.7, p.44-50, 2010.

HOWELER, H. et al. **Save and grow**: cassava a guide to sustainable production intensification. Roma: FAO, 2013. 129p.

HOWELER, R.H. Nutricion mineral e fertilizacion de la Yuca (*Manihot esculenta* Crantz). **Cali**, Colômbia, CIAT, 55p. 1981.

HOWELER, R.H. Práticas culturais relacionadas ao solo na cultura de mandioca. In: SEMINÁRIO DE PRÁTICAS CULTURAIS DA MANDIOCA, 1, 1984, Salvador. **Anais...** Brasília: Embrapa-DDT, 1984. p. 95-112. (Embrapa-DDT. Documentos, 14).

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Banco de Dados Agregados. **Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA**. 2012. Online. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 12 nov. 2014.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Perspectivas para a safra de 2014**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 05 fev. 2014.

INOUE, K.R.A.; SOUZA, C.F.; MATOS, A.T.; SANTOS, N.T.; ALVES, E.E.N. Características do solo submetido a tratamentos com biofertilizantes obtidos na digestão da manipueira. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v.4, n.2, p.47-52, jun. 2010.

KONZEN, E.A. **Fertilização de lavoura e pastagem com dejetos de suínos e cama de aves**. Sete Lagoas, 2003. 10p. (Embrapa, Circular Técnica, 31).

LORENZI, J.O.; OTSUBO, A.A.; MONTEIRO, D.A.; VALLE, T.L. Aspectos fitotécnicos da mandioca em Mato Grosso do Sul. In: OTSUBO, A.A.; MERCANTE, F.M.; MARTINS, C. de S. (Eds.). **Aspectos do cultivo da mandioca em Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste/UNIDERP, 2002. p.77-108.

MACIEL, R.C.G.; LIMA JUNIOR, F.B. de. Inovação e agricultura familiar rural na Amazônia: o caso da mandioca no Estado do Acre. **Revista de Desenvolvimento Regional**, v.19, n.2, p.202-223, maio/ago. 2014.

MATTOS, P.L.P.; BEZERRA, V.S. **Cultivo da mandioca para o Estado do Amapá**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2003. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_amapa/aduacao.htm>. Acesso em: 15 jan. 2014.

MENEZES, J.F.S.; ALVARENGA, R.C.; ANDRADE, C.L.T.; KONZEN, E.A.; PIMENTA, F.F. Aproveitamento de resíduos orgânicos para a produção de grãos em sistema de plantio direto e avaliação do impacto ambiental. **Revista Plantio Direto**, v.9, n.1, p.30-35, 2003.

MENEZES, R. S. C.; SILVA, T. O. da. Mudanças na fertilidade de um Neossolo Regolítico após seis anos de adubação orgânica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 3, p. 251-257, 2008.

MEURER, E. J. Potássio. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. p.281-298.

MEZETTE, T.F. **Diversidade agronômica, bioquímica e molecular de acessos de mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) coletados em diferentes regiões do Brasil**. 2013. 113f. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2013.

MITCHELL, C. C.; TU, S. Nutrient accumulation and movement from poultry litter. *Soil Science Society of America Journal*, v. 70, n. 6, p. 2146-2153, 2006.

MONTALDO, A.; ONTILA, J. J.; PEREZ, S.; ESTEBAN REVERON. **Suelos y fertilizants**. La yuca. San José, Costa Rica: IICA, 1972. p.101-125. cap.7.

MURRIETA, R.S.S. Dialética do sabor: alimentação, ecologia e vida cotidiana em comunidades ribeirinhas da Ilha de Ituqui, Baixo Amazonas, Pará. **Revista de Antropologia**, v.44, n.2, p.39-88, 2001.

ODEDINA, J. N.; ODEDINA, S. A.; OJENIYI, S. O. Effect of types of manure on growth and yield of cassava (*Manihot esculenta Crantz*). **Researcher**, v.3, n.5, p.1-8, 2011.

OTSUBO, A. A.; LORENZI, J. O. **Cultivo da mandioca na Região Centro-Sul do Brasil**. Sistemas de Produção 6. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 116p.

PASSOS, A.M.A. dos; FERRO, G. de O.; PAULA, N.M.G. e; SILVA JÚNIOR, J. de S. e. Desempenho de genótipos de mandioca em um argissolo eutrófico na região sudoeste da Amazônia. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, v.10, n.19, p.722-731, 2014.

RÓS, A.B.; HIRATA, A.C.S.; NARITA, N. Produção de raízes de mandioca e propriedades química e física do solo em função de adubação com esterco de galinha. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.43, n.3, jul./set. 2013.

SAMPAIO, A. O.; FERREIRA FILHO, J. A.; ALMEIDA, P. A. de. Cultivo consorciado de mandioca para alimentação animal. **Revista Brasileira de Mandioca**, v.13, n.1, p.89-98, mar. 1994.

SANTOS, R.H.S.; SILVA, F.; CASALL, V.W.D.; CONDE, A.R. Efeito residual da adubação com composto orgânico sobre o crescimento e produção de alface. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n.11, p.1395-1398, 2001.

SEAB. Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento. **Mandiocultura – Análise da Conjuntura Agropecuária**. 2014. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/mandiocultura_2013_14.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2014.

SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Panorama do mercado da mandioca**. 2014. Disponível em: <http://www.sebrae2014.com.br/Sebrae/sebrae%202014/Boletins/2014_07_14_BO_Agroneg%C3%B3cio_Panorama_do_mercado_da_mandioca.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2014.

SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e pequenas Empresas. **Mandiocultura: derivados da mandioca/Integra Consultoria e Representação e Comércio**. Salvador: Sebrae Bahia, 2009. 40p.

SHERER, E.E. Avaliação do esterco de aves e da ureia como fontes de nitrogênio para a cultura do milho. **Revista Agropecuária Catarinense**, v.8, n.4, p.15-18, 1995.

SILVA, C.E.K.; VITAL, J.; RONSANI, R.; MENEZES, L.F.G.; PAVINATO, P.S. Utilização de adubação alternativa na produção de silagem. Seminário: Sistemas de Produção Agropecuária – Zootecnia, 3, 2007. **Anais...** Dois Vizinhos – PR: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, CD Rom. 2009.

SILVA, J. A.; OLIVEIRA, A.P.; ALVES, G.S.; CAVALCANTE, L.F.; OLIVEIRA, A.N.P.; ARAÚJO, M.A.M. Rendimento do inhame adubado com esterco bovino e biofertilizante no solo e na folha. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 3, p. 253-257, 2012.

SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E. **Cerrado correção do solo e adubação**. 2.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.

SOUSA, E.A.; ARAÚJO, A.P. de; ROSSIELLO, R.O.P.; LIMA, E.; PARRAGA, M.S. **Efeito da adubação nitrogenada sobre a massa seca da cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 11. Disponível em: <http://www.cpao.embrapa.br/11cbm/_html/trabalhos/arquivoPDF/pasta97.PDF>. Acesso em: 04 fev. 2014a.

SOUSA, W.P.; BEZERRA, V.S. **Aspectos fitotécnicos da cultura da mandioca**. Macapá: Embrapa, 2003. 8p. (Embrapa. Comunicado Técnico, 108).

SOUZA, E.A.; ROSSIELLO, R.O.P.; LIMA, E.; ARAÚJO, A.P. de; PARRAGA, M.R. **Resposta da mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) à adubação nitrogenada.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 13, p.546-551. Disponível em: <http://www.cerat.unesp.br/Home/RevistaRAT/artigos/69%20RESPOSTA%20DA%20MANDIOCA_Manihot%20esculenta%20Crantz_%20__%20ADUBA____O%20NITROGENADA.pdf>. Acesso em: 04 fev. 2014b.

SOUZA, J.da S.; OTSUBO, A.A. Perspectivas e potencialidades de mercados para os derivados de mandioca. In: OTSUBO, A.A.; MERCANTE, F. M.; MARTINS, C. de S. (Coord.). **Aspectos do Cultivo da Mandioca em Mato Grosso do Sul.** Dourados/Campo Grande: Embrapa Agropecuária Oeste/UNIDERP, 2002. p.13-30.

SOUZA, L. D.; SOUZA, L. da S. **Mandioca e fruticultura.** Cruz das Almas, BA, 2000. 122p.

SOUZA, L. da S.; FIALHO, J. de F. **Cultivo da mandioca para a região do Cerrado.** 2003. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_cerrados/solos.htm>. Acesso em: 06 jan. 2014.

SOUZA, L. S.; SILVA, J. da; SOUZA, L.D. **Recomendação de calagem e adubação para o cultivo da mandioca.** Cruz das Almas: Embrapa, 2009. 6p. (Embrapa. Comunicado Técnico, 133).

STAUT, L.A. **Resposta agrônômica e econômica da cultura da mandioca a doses de composto orgânico.** FERTBIO, set. 2012. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/934850/1/FERTBIOrespostastaut.pdf>>. Acesso em: 24 mar. 2014.

TAKAHASHI M. **Adubação na cultura da mandioca.** Londrina: IAPAR, 2008.

TAKAHASHI, M.; BICUDO, S. J. Efeito da fertilização com nitrogênio, fósforo e potássio na produção e na qualidade nutricional do material de propagação da mandioca. CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 11, 2005, Campo Grande. **Anais...** Sociedade Brasileira de Mandioca, 2005. 1 CD-Rom.

VALADÃO, F.C. de A.; MAAS, K.D.B.; WEBER, O.L. dos S.; VALADÃO JÚNIOR, D.D.; SILVA, T.J. da. Variação nos atributos do solo em sistemas de manejo com adição de cama de frango. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n.6, p.2073-2082, 2011.

VIDIGAL FILHO, P.S. **Influência do sistema de plantio e da adubação sobre a profundidade e produção de raízes tuberosas de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz).** Viçosa: UFV. 1981. 41p.

ZÁRATE, N.A.H.; VIEIRA, M.C. Produção do milho doce cv. Superdoce em sucessão ao plantio de diferentes cultivares de inhame e adição de cama-de-frango. **Horticultura Brasileira**, v.21, n.1, p.05-09, 2003.

CAPÍTULO 1

UTILIZAÇÃO DE CAMA DE PERU NA CULTURA DA MANDIOCA EM SOLO ARENOSO

RESUMO

A cama de peru vem sendo estudada na produção agrícola, como uma alternativa de adubação e correção de solos. Objetivou-se com este experimento avaliar o estado nutricional da planta de mandioca, crescimento de plantas e produtividade e qualidade de raízes, com a aplicação de cama de peru, comparada com adubação mineral em solo arenoso, no período de abril de 2012 a fevereiro de 2013. O trabalho foi realizado na Fazenda Experimental do Instituto Luiz Eduardo. O plantio de manivas ocorreu no período de 13 a 14 abril de 2012, em solo Neossolo Quartizarênico, cultivado anteriormente com braquiária. O delineamento utilizado foi esquema fatorial hierárquico (2 x 3 + 2) com 4 repetições, em blocos casualizados, totalizando 32 parcelas experimentais. Cada parcela foi composta por 05 linhas com espaçamento de 1m com 10 metros de comprimento. O espaçamento utilizado foi de 1m x 1m entre linhas e plantas, sendo que o número de manivas plantadas por linha foram 10, totalizando 50 por parcela. O experimento consistiu-se em 8 tratamentos (T1 – Controle); T2 – 1 t ha⁻¹ de cama de peru; T3- 2 t ha⁻¹ de cama de peru; T4 - 4 t ha⁻¹ de cama de peru; T5 - 225 kg ha⁻¹ de NPK 05-25-15; T6 - 450 kg ha⁻¹ de NPK 05-25-15; T7 - 675 kg ha⁻¹ de NPK 05-25-15; e T8 – 2 t de cama de peru + 450 kg ha⁻¹ NPK 05-25-15. Os tratamentos foram distribuídos no dia do plantio a lanço para a adubação orgânica e para o adubo mineral em sulco de plantio, conforme os resultados da análise de solo. As características avaliadas foram: altura de plantas, teor foliar dos macronutrientes (N, P, K, Ca; Mg e S) e micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn), pH, proteína bruta, cinza, massa seca e produtividade de raiz. Como resultados observou-se que o uso de adubo orgânico e mineral aumenta a produtividade de raízes de mandioca, e a adição de cama de peru, na dose de 4 t ha⁻¹, promoveu maior produtividade de raízes de mandioca em solos arenosos.

Palavras-chave: *Manihot esculenta* Crantz, cama aviária, produtividade.

CHAPTER 1

THE USE OF POULTRY LITTER ON CASSAVA CULTIVATION IN SANDY SOIL

ABSTRACT

Poultry litter has been studied in agricultural production, as an alternative of fertilizing and soil correction. The aim of this experiment is to evaluate the nutritional status of the cassava plant, productivity and plant, and quality of roots, with the application of poultry bed, compared with mineral fertilizer in sandy soil, during the period starting from April 2012 to February 2013. The research was carried out on the Experimental Farm of the Instituto Luiz Eduardo. The planting of stem cuttings occurred in the period from 13 to 14 April 2012, in Typic Quartzipsament (RQa) neosoil, previously cultivated with grass. The model used was hierarchical factorial scheme ($2 \times 3 + 2$) with 4 repetitions, randomized blocks, summing 32 experimental plots. Each plot was composed by 05 rows with spacing of 1 m to 10 m in length. The spacing used was 1 m x 1 m between plants and lines, and the number of stem cuttings planted per row were 10, summing 50 per plot. The experiment consisted in 8 treatments (T1- control); T2- 1 t ha⁻¹ of poultry litter; T3- 2 t ha⁻¹ of poultry litter; T4- 4 t ha⁻¹ of poultry litter; T5-225 kg ha⁻¹ of NPK 5:25:15; T6-450 kg ha⁻¹ of NPK 5:25:15; T7-675 kg ha⁻¹ of NPK 5:25:15; and T8-2 t of poultry litter + 450 kg ha⁻¹ NPK 5:25:15. The treatments were distributed on the day of planting using broadcasting application for the organic fertilizing and sowing furrow application for the mineral fertilizer, as the results of soil analysis. The characteristics evaluated were plant height, leaf content of macronutrients (N, P, K, Ca; Mg and S) and micronutrients (Cu, Fe, Mn and Zn), pH, crude protein, ash, and root dry mass. As a result it was observed that the use of organic and mineral fertilizer increases productivity of cassava roots, and the addition of poultry litter at a dose of 4 t ha⁻¹, promoted increase of productivity for cassava roots in sandy soils.

Keywords for this page: *Manihot esculenta* Crantz, poultry litter productivity.

1 INTRODUÇÃO

Devido à necessidade de melhorar a produtividade da cultura da mandioca, tecnologias mais aprimoradas têm sido desenvolvidas, tal como a adubação. A adubação orgânica por meio da cama de aviário constitui-se numa alternativa para a atividade, devido ao baixo custo e ao depósito de materiais orgânicos e nutrientes ao solo (RIBEIRO, 2014).

No cenário agropecuário nacional, a região do Cerrado destaca-se como importante pólo produtor de carnes, em especial, de aves e com isso gera grande quantidade de resíduos, que devem ter destino apropriado, a fim de não contaminar o ambiente. Com isso, os resíduos da produção de aves, como a cama de peru, podem ser utilizados como fertilizantes em lavouras e em pastagens (ANDREOLA et al., 2000). O uso restrito em pastagens obedece a Instrução Normativa nº 25 de 23/07/2009, em que o pastoreio por animais em pastagens deve ocorrer 40 dias após aplicação, por conter inóculo de patógenos (BRASIL, 2009).

O aumento do volume de cama de aviário confirma a necessidade de estudo da sua viabilidade como adubo orgânico. Dessa forma, a fertilização do solo com resíduos orgânicos visa incrementar a produtividade das culturas e reduzir possíveis impactos ambientais decorrentes do acúmulo dos resíduos gerados por sistemas intensivos da criação avícola (SILVA et al., 2011). O uso da cama aviária como adubação orgânica permite, ao mesmo tempo, uma forma correta de descarte deste resíduo e também uma forma de adubação capaz de melhorar as características: física, química e biológica do solo (McGRATH et al., 2009).

Referente ao uso de cama de aviário, Portugal et al. (2009) mostraram que são positivos os efeitos sobre características químicas e de fertilidade do solo, bem como sobre a produtividade de culturas. A cama de peru é rica em nutrientes, e a sua aplicação tem sido associada à melhoria dos atributos: químico, físico e biológico do solo (COSTA et al. 2009), elevando, muitas vezes, o pH e aumentando a fertilidade do solo (SCHERER et al., 2010).

As camas de aviário têm em geral, como destino, o uso como fertilizantes e condicionadores de solo, pois são fontes de nutrientes, principalmente N, P e K e de matéria orgânica de solo (FIGUEROA, 2008).

Costa et al. (2009) constataram que, com a utilização de doses crescentes de dejetos de aviário, ocorrem aumentos de agregados maiores que 2,0 mm e redução de agregados menores que 0,25 mm, contribuindo para a melhoria do solo.

Pelo fato da mandioca extrair grandes quantidades de nutrientes e exportar tudo o que absorve, ela é considerada cultura esgotante. O nutriente extraído em maior quantidade é o

potássio, o qual é encontrado em baixos teores em solos arenosos (HOWELER, 1991). Por esse fato, a escolha da cama de aviário vem como alternativa viável e acessível aos pequenos produtores que, desta forma, podem aumentar produtividade.

Com o objetivo de aproveitar o potencial das camas de aviário como fertilizantes, substituindo o adubo mineral na cultura da mandioca, avaliou-se o estado nutricional da planta de mandioca; crescimento das plantas e produtividade de raízes, com a aplicação de cama de peru, comparada com adubação mineral em solo arenoso.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado no período de abril de 2012 a fevereiro de 2013, na Fazenda Experimental, do Instituto Luiz Eduardo Sousa – Campos Ildo Centro Universitário de Mineiros-GO, a 17°58' S de latitude e 45°22' W de longitude e altitude de 873 m, clima tropical AW, com temperatura anual variando de 18 a 32°C, com 23°C maior frequência ao redor de 25°C (segundo Köppen). As precipitações pluviométricas variando anualmente de 1600 a 1700 mm, em Neossolo Quartzarênico com teor de 7% de argila.

Antes da instalação do experimento, foi realizada coleta de amostras de solo na camada de 0-20 cm de profundidade, a fim de caracterizar a área experimental (Tabela 6).

Tabela 6. Resultados da análise do solo da área experimental

Profundidade (cm)	pH	Al	H + Al	Ca	Mg	K	K	P Mel
		----- cmolc dm ⁻³ -----			-----		----- mg dm ⁻³ -----	
0-20	5,59	0,10	2,4	1,66	0,66	0,10	39	12,55
Cu	Fe	Mn	Zn	MO	areia	silte	argila	
----- mg dm ⁻³ -----		-----		----- g kg ⁻¹ -----				
1,0	91,22	34,27	2,2	13,44	910	20	70	

Fósforo e micronutrientes extraídos por Mehlich 1, métodos baseados nas metodologias desenvolvidas pela Embrapa (1997).

Utilizou-se para o plantio da mandioca a variedade Vassourinha. As manivas (ramo da mandioca entre as gemas) foram selecionadas aleatoriamente, a partir de roçadas de plantações. As manivas variaram de 10 a 15 cm de comprimento, cada uma contendo de 4 a 6 gemas, foram cortadas com auxílio de facão, tomando-se o cuidado de não danificar as gemas.

O calcário foi aplicado antes do plantio, a lanço, na superfície do solo e em seguida, incorporado. Posteriormente, realizou-se o plantio de manivas no período de 13 a 14 abril de 2012, em solo cultivado anteriormente com braquiária. A área foi gradeada e nivelada com um trator MF 290 equipado com uma grade de 8 discos, sendo feito três cortes com a grade, dois cortes com niveladora e, logo após distribuídos os tratamentos que foram baseados na análise de solo.

O experimento consistiu em 8 tratamentos (Tabela 7) com 4 repetições, em esquema fatorial hierárquico (2 x 3 + 2), totalizando 32 parcelas experimentais. Cada parcela era composta por 5 linhas com espaçamento de 1 m com 10 metros de comprimento, totalizando uma área útil de 50 m². A aplicação dos tratamentos orgânicos, com cama de peru foram realizados no dia do plantio a lanço. Enquanto que os tratamentos minerais (NPK) foram aplicados no sulco de plantio (na linha de semeadura).

Tabela 7. Tratamentos utilizados no ensaio realizado na Fazenda Experimental no Instituto Luiz Eduardo Sousa

Tratamentos	Adubo	Doses
1	Controle	0
2	cama de peru	1 t ha ⁻¹
3	cama de peru	2 t ha ⁻¹
4	cama de peru	4 t ha ⁻¹
5	NPK 05-25-15	225 kg ha ⁻¹
6	NPK 05-25-15	450 kg ha ⁻¹
7	NPK 05-25-15	675 kg ha ⁻¹
8	cama de peru + NPK 05-25-15	2 t ha ⁻¹ + 450 kg ha ⁻¹

A cama de peru foi analisada quimicamente no Laboratório de Análises de Solos, Folhas e Resíduos Orgânicos da UniRV, sendo os resultados obtidos apresentados na Tabela 8.

Tabela 8. Resultados da análise química da cama de peru aplicadas na área experimental de Mineiros na safra 2012/2013

N	P	K	Ca	Mg	S(SO₄)
----- dag kg ⁻¹ -----					
3,50	4,35	2,75	3,34	0,98	0,93
Fe	Mn	Cu	Zn		
----- mg kg ⁻¹ -----					
13.570,0	5.817,5	1,93	19.162,5		

O espaçamento utilizado foi de 1 x 1 entre linhas e plantas, sendo que o número de manivas plantadas por linha foram 10, totalizando 50 manivas por parcela. A área cultivada era irrigada e realizou-se o controle de plantas daninhas por meio de capinas manuais a cada 20 dias. Não houve a aplicação de nenhum produto químico no decorrer do cultivo.

As características avaliadas foram:

a) altura de plantas, realizada em 4 épocas, com o uso da trena, aos 70, 118, 196 e 299 dias após plantio, para cada época foram escolhidas aleatoriamente quatro plantas por parcela e em sequência obteve-se a média por parcela;

b) teor foliar de macronutrientes (N, P, K, Ca; Mg e S) e micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn) (Tabela 9). Para realizar a amostragem utilizou-se a metodologia citada por Oliveira (2004) em que se coletou 30 folhas por parcela, aleatoriamente, uma por planta, o mais homogênea possível, aos 4 meses de idade (11/08/2012), sendo colhida a primeira folha recém-madura. Após a coleta das amostras, foram levadas para o laboratório onde as folhas foram lavadas com água destilada, secas com papel toalha e acondicionadas em sacos de papel identificado. Na sequência, foram levadas à estufa de 65°C até atingir a temperatura constante (± 72 horas). A moagem foi realizada em moinho de rotor vertical (tipo Willey) e o material vegetal passou por uma peneira de 2 mm e acondicionado em recipiente seco e identificado. Após essa etapa, os materiais foram avaliados de acordo com a metodologia específica para cada nutriente.

Os teores foliares obtidos foram comparados com os seus respectivos níveis críticos (Tabela 9).

Tabela 9. Concentrações adequadas de macronutrientes e micronutrientes para a cultura da mandioca

N	P	K	Ca	Mg	S
----- g/kg -----					
45-60	2,5-5,0	10-20	5-15	2,0-5,0	3,0-4,0
B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
----- mg/kg -----					
15-50	5-25	60-200	25-100	0,1-0,2	35-100

Fonte: Oliveira (2004).

c) Produtividade de raiz: arrancaram-se aos 07 e 08 de fevereiro de 2013 (aproximadamente 301 dias após o plantio), as amostras de plantas e raízes frescas de mandioca de uma área útil de 24 m² (3 linhas com 8 m de comprimento cada). As produtividades foram transformadas em t ha⁻¹ de raízes.

d) Análise química de raízes: as amostras de raízes foram identificadas e separadas e levadas à estufa com circulação de ar forçada, em seguida, foram moídas no moinho tipo Willey e posteriormente, acondicionadas em sacos de papel para avaliar o pH de raiz, teor de proteína bruta e teor de cinza; e em latas de alumínio sem moer as amostras para avaliar a massa seca de raízes.

Os resultados obtidos em todas as características foram submetidos a análise de variância e posteriormente, havendo significância, ao teste de comparação de médias Dunnett a 5% de probabilidade e análise de regressão, utilizando o software ASSISTAT (SILVA; AZEVEDO, 2009).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As quantidades de nutrientes fornecidos pelos tratamentos utilizados na área experimental estão apresentadas na tabela 10, os quais foram baseados na tabela 4 e serão discutidos no decorrer das análises dos resultados.

Tabela 10. Nutrientes fornecidos pelos tratamentos utilizados em solo arenoso

Adubações	Doses	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
		kg ha ⁻¹		
cama de peru ¹ (t ha ⁻¹)	1	17,5	79,7	33
	2	35	159,4	66
	4	70	318,8	132
cama de peru (t ha ⁻¹) + NPK 05-25-15 (kg ha ⁻¹)	2 + 450	57,6	271,9	133,6
NPK 05-25-15 (kg ha ⁻¹)	225	11,3	56,3	33,8
	450	22,6	112,5	67,6
	675	33,9	168,9	101,4

¹ 3,5% de N; 4,35 % de P e 2,75 de K

Índices de eficiência dos nutrientes no solo (Fontes et al., 1999) f= 0,5 para N; 0,8 para P e 1,0 para K.

Pela análise de variância das avaliações, foi possível verificar que ocorreu diferença significativa para os tratamentos nas características altura de plantas nas diferentes épocas após o plantio, em função dos tratamentos (Tabela 11).

Para as alturas de plantas de mandioca aos 70 dias (época 1) não houve diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 12). Possivelmente, o adubo mineral liberou os

nutrientes de forma rápida suprimindo as exigências nutricionais da planta, o que favoreceu o desenvolvimento inicial da cultura para essa característica.

Aos 118 dias (época 2) após o plantio, verificou-se que houve diferença significativa para altura de planta, em que o tratamento com 2 t ha⁻¹ com cama de peru apresentou maior altura, com 0,56 m (Tabela 12). Nessa época, a maior altura apresentada ocorreu porque o adubo orgânico respondeu de maneira gradual, ao longo do ciclo vegetativo, suprimindo nesse período a exigências da planta, o que possibilitou maior altura.

Esses resultados também foram identificados por Freitas et al. (2015) em que a adubação orgânica responde de forma mais gradual ao longo do ciclo vegetativo da cultura, que pode ter ocorrido em função da liberação dos nutrientes não ser tão rápida quanto na adubação química. Entretanto podem suprir as carências nutricionais das plantas por um período de tempo maior do que a adubação química.

Observando-se a altura de plantas de mandioca aos 196 dias após o plantio (época 3), verificou-se diferença significativa entre os tratamentos com cama de peru com 1, 2 e 4 t ha⁻¹ e os tratamentos com NPK 05-25-15 (225, 450 e 675 kg ha⁻¹) quando comparados com o tratamento controle (Tabela 12). Maiores alturas de plantas foram obtidas nos tratamentos com as maiores doses de fertilizantes.

Com aplicação de 1 t ha⁻¹ de cama de peru, verificou-se que, além da diferença significativa entre os tratamentos, este diferiu significativamente da interação do NPK 450 kg ha⁻¹ + cama de peru 2 t ha⁻¹ (Tabela 12).

Aos 299 dias após o plantio (época 4), constatou-se na avaliação de altura de plantas em função dos tratamentos que houve diferença significativa, sendo que os tratamentos com 2 e 4 t ha⁻¹ de cama de peru apresentaram maior altura, 1,44 e 1,39, respectivamente. No entanto, o tratamento com 1 t ha⁻¹ de cama de peru e o tratamento com NPK 05-25-15 na dose de 225 e 675 kg ha⁻¹ apresentaram diferença significativa ao serem comparadas com o tratamento controle (Tabela 12). Ao comparar com as demais épocas as plantas do controle, sempre apresentou menor altura.

Para as épocas de avaliação referente a altura de plantas, observou-se que as plantas de mandioca se desenvolveram continuamente, havendo incremento desta característica com o aumento do ciclo cultural das mesmas. O aumento na característica altura de plantas foi percebido em função do adubo com 2 t ha⁻¹ de cama de peru aos 118 dias após plantio e com 4 t ha⁻¹ aos 196 dias (Tabela 12). Confirmando que as doses de doses de cama de peru apresentaram crescimento significativo à cultura da mandioca.

As plantas do tratamento controle sem adubação ficaram 29% menores do que aos tratamentos com cama de peru (40 cm mais baixas). Menor altura de plantas, possivelmente, menor área foliar e conseqüentemente, menor produtividade.

Tabela 11. Resumo da análise de variância da característica altura de plantas (cm) aos 70 (época 1), 118 (época 2), 196 (época 3) e 299 (época 4) dias após o plantio, em função dos tratamentos

Fontes de Variação	Quadrados médios				
	GL	Época 1	Época 2	Época 3	Época 4
Aubos	1	0,029	0,018*	0,059*	0,009
Doses (Aubos)	4	0,013	0,018*	0,061**	0,047
Controle vs NPK 450kg ha ⁻¹ + cama de peru 2 t ha ⁻¹	1	3,1x10 ⁻⁴	0,092**	0,401**	0,316**
Trat vs Cont e NPK 450kg ha ⁻¹ + cama de peru 2 t ha ⁻¹	1	0,006	0,013	0,132**	0,172*
CV%		46,40	14,71	11,59	14,46

** : significativo a 1% (Teste F), * : significativo a 5% (Teste F) e CV% : coeficiente de variação.

Tabela 12. Altura de plantas de mandioca aos 70 dias (época 1), aos 118 dias (época 2), aos 196 dias (época 3) e aos 299 dias (época 4) após o plantio, em função dos tratamentos

Aubos	Altura (m) aos 70 dias (Época 1)				Altura (m) aos 118 dias (Época 2)				Altura (m) aos 196 dias (Época 3)				Altura (m) aos 299 dias (Época 4)			
	1	2	4	Média	1	2	4	Média	1	2	4	Média	1	2	4	Média
Cama de peru (t ha ⁻¹)	0,20	0,18	0,20	0,19a	0,41	0,56	0,52	0,50a	0,77*#	1,00*	1,08*	0,95a	1,17*	1,44	1,39	1,33a
NPK 05-25-15 (kg ha ⁻¹)	225	450	675		225	450	675		225	450	675		225	450	675	
	0,23	0,35	0,20	0,26a	0,39	0,47	0,47	0,44b	0,81*	0,83*	0,91*	0,85b	1,26*	1,36	1,27*	1,30a
Controle				0,20				0,32				0,53				0,94
NPK450 kg ha ⁻¹ + cama de peru 2 t ha ⁻¹				0,19				0,53				0,98				1,34

Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si, significativamente, pelo teste F a 5%.

Médias seguidas por *, diferem significativamente do controle e médias seguidas por # diferem significativamente do NPK+cama de Peru, pelo teste Dunett a 5%.

Rimoldi et al. (2006) relatam que a variação na altura de plantas pode obter influência do ambiente e de componentes genotípicos expressos nas variedades. Em estudos realizados por Vieira et al. (1998), apresentaram que o uso de resíduos orgânicos estimula, especialmente no início do ciclo da cultura, o desenvolvimento adequado da parte aérea, em termos de altura e área foliar. Diferente dos dados apresentados nesse experimento, em que a resposta da cultura da mandioca passou a ser observada com o adubo orgânico aos 118 dias após o plantio.

Sodré et al. (2007), comparando adubações orgânicas e mineral, verificou que houve diferença significativa para altura de planta, tendo maior altura aquelas com adubação orgânica. Reforçando a prática de adubação orgânica Pinto et al. (2001) destacam que essa prática, além de fornecer nutrientes às plantas, proporciona melhoria das propriedades físicas do solo, como aumento da retenção de água, redução de erosão, controle biológico devido à maior população microbiana e melhoria da capacidade tampão do solo.

Aplicando-se a regressão para as doses crescentes de NPK 05-25-15, obteve-se uma resposta quadrática em que a maior altura de planta foi obtida com a dose de 675 kg ha⁻¹ de NPK aos 118 dias após o plantio, o que correspondeu a 0,47 m (Figura 1A). Observou-se que a altura de plantas com a maior adubação cresceu 0,15 m a mais em relação ao controle.

Quando se aplicou a regressão para as doses crescentes de NPK 05-25-15, obteve-se uma resposta quadrática em que a maior altura de plantas foi obtida com a dose de 639,5 kg ha⁻¹ de 05-25-15 aos 196 dias após o plantio, correspondente a 0,91 m (Figura 1B).

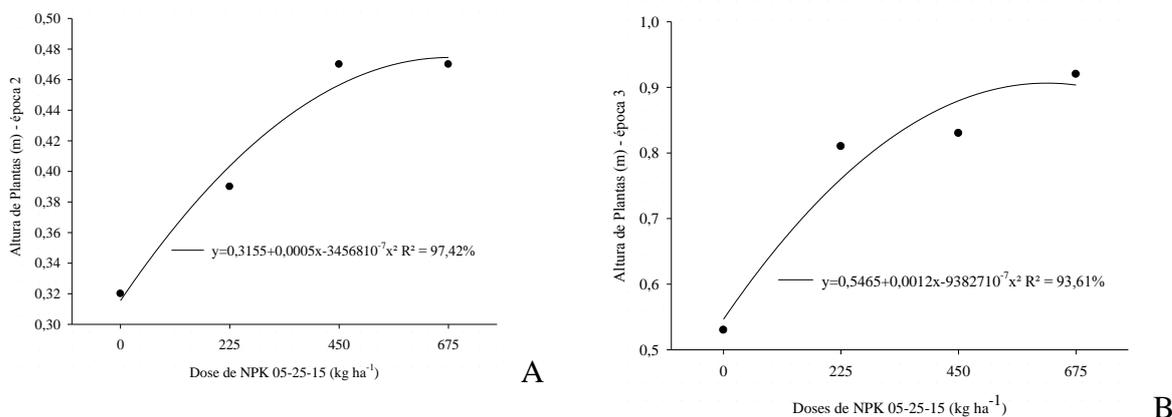


Figura 1. Altura de plantas de mandioca aos 118 dias (A) e aos 196 dias (B) após o plantio em função das doses de NPK 05-25-15.

Ao observar a regressão para as doses de cama de peru, verificou-se uma resposta quadrática em que a melhor dose foi de 2,9 t ha⁻¹, com a altura de planta correspondente a 0,56 m na época 2 (Figura 2A). Aos 118 dias as plantas adubadas com 2,9 t ha⁻¹ de cama de peru tiveram altura de 0,56 m de altura, sendo essa superior as plantas adubadas com adubo mineral (9 cm).

Justifica-se a maior altura das plantas, quanto maior a dose de cama de peru, em função da liberação dos nutrientes retidos no adubo orgânico por meio de mineralização, o que possibilitou a solubilização destes para o crescimento das plantas de mandioca ao longo das avaliações.

A regressão aplicada na característica altura de plantas aos 196 dias em função das doses de cama de peru, verificou-se maior altura na dose de 3,6 t ha⁻¹, com altura de 1,08 m (Figura 2B).

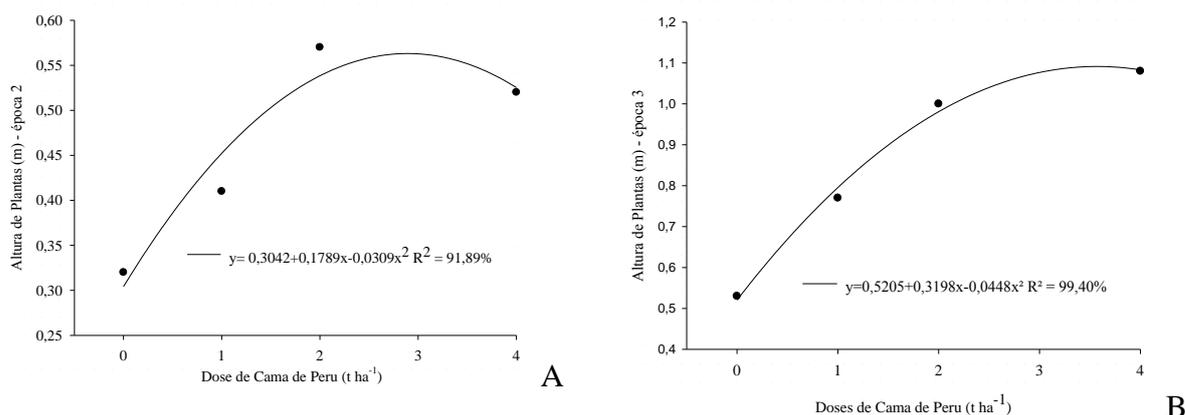


Figura 2. Altura de plantas de mandioca aos 118 dias (A) e aos 196 dias (B) após o plantio em função das doses de cama de peru.

Estudos ressaltam que nem sempre as maiores quantidades de resíduos culturais depositadas podem resultar em aumento de matéria orgânica no solo. Resultados obtidos por Carvalho e Amabile (2006) indicaram que o balanço de N no sistema determina, em partes, a acumulação de matéria orgânica no solo sob sistema plantio direto.

Nesse sentido, torna-se imprescindível a inclusão de leguminosas em sistemas de cultivos quando se visa a recuperação dos estoques de C e N do solo, que, além do C fotossintetizado adicionado ao solo pela massa vegetal, também agregam, via resíduos vegetais, o N₂ atmosférico fixado simbioticamente. A mineralização do N dos resíduos e o N orgânico acumulado no solo aumentam o suprimento deste nutriente para as espécies não-

leguminosas, por exemplo, a mandioca, que participa do sistema de rotação (RECALDE et al., 2014).

Na tabela 13, observam-se os resultados da análise de variância para os teores foliares dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) na cultura da mandioca em função dos tratamentos. Houve diferença significativa para os teores de P e K em função das doses.

A adubação com cama de peru, independente das doses, não supriu as exigências nutricionais de N, apresentando-se teores inferiores aos adequados, mesmo aplicando doses de N superiores a recomendação (30 kg ha^{-1}) (Tabela 10).

A perda de N dos fertilizantes de origem orgânica tem consequências econômicas e ambientais indesejáveis, pois a volatilização de NH_3 constitui-se na principal via de perda de N em solos agrícolas (BOUWMEESTER et al., 1985), enquanto que estudos apresentados por Vanin (2010) verificaram que a aplicação de adubo orgânico superficial pode proporcionar maior volatilização de amônia.

Outro aspecto que deve ser considerado são os teores de N total, as formas de N e o grau de humificação dos resíduos orgânicos podem condicionar diferentes velocidades de mineralização e quantidades acumuladas de N mineralizado. É bastante provável que as maiores taxas de mineralização ocorram nos períodos iniciais de incubação e que os resíduos mais ricos em N e menos humificados liberem maiores quantidades de N do que os mais pobres e menos lábeis (CARNEIRO; et al., 2013). No entanto, pode-se inferir que tanto a volatilização quanto a mineralização possivelmente interferiram nos resultados apresentados neste estudo, em que os teores foliares de N foram menores daqueles exigidos pela cultura.

Mattos Junior et al. (2002) concluíram em seus estudos, que perdas de N por volatilização de NH_3 reduzem a eficiência do fertilizante nitrogenado aplicado na superfície e sem incorporação. De acordo com Melo (1978), citado por Richart et al. (2014) a NH_3 , perdida por volatilização, é proveniente da mineralização da matéria orgânica, sendo esse fenômeno mais intenso mediante aumento no pH do solo, o qual, governa as concentrações de NH_4^+ na solução do solo. Desse modo, o pH se torna um dos fatores de maior importância, influenciado na magnitude da volatilização da NH_3 .

O teor foliar de N para a cultura da mandioca não diferiu significativamente entre os tratamentos com adubo mineral. Observou-se que a aplicação da dose de 675 kg ha^{-1} de 05-25-15 proporcionou os teores adequados de N foliar ($47,1 \text{ kg ha}^{-1}$ de N) (Tabela 14), uma vez que forneceu $33,9 \text{ kg ha}^{-1}$ de N (Tabela 10), sendo considerado teor adequado conforme nível crítico para mandioca.

O tratamento com NPK na dose de 450 kg ha^{-1} + cama de peru 2 t ha^{-1} obteve teor foliar de N ($45,1 \text{ g kg}^{-1}$), estando em conformidade com os teores indicados como adequados de $45\text{-}60 \text{ g kg}^{-1}$, conforme Sousa e Lobato (2004).

Apenas dois tratamentos supriram nutricionalmente as exigências nutricionais de N, o tratamento com aplicação de 675 kg ha^{-1} de 05-25-15 e o tratamento com NPK na dose de 450 kg ha^{-1} + cama de peru 2 t ha^{-1} . Segundo Sagoi et al. (2003), o aumento do pH é mais acentuado em solos arenosos, com baixa capacidade de tamponamento, principalmente quando são usadas altas doses de N, podendo inferir que os resultados neste experimento ocorreram devido à capacidade de tamponamento do pH do solo que interferiu na volatilização de NH_3 . Confirmando portanto, que os tratamentos (675 kg ha^{-1} de 05-25-15 e o tratamento com NPK na dose de 450 kg ha^{-1} + cama de peru 2 t ha^{-1}) apresentaram melhor resposta em função das maiores doses de N. Quanto maior pH do solo, maior é a volatilização do nitrogênio.

Segundo Sousa e Lobato (2004), a volatilização, é outro processo que envolve perda de N do solo na forma do gás NH_3 , podendo ocorrer quando se aplica a ureia como fonte de N em condições inadequadas de aplicação. Ao aplicar a ureia na superfície do solo, pode ter perdas por volatilização de até 70% do nitrogênio. A combinação de fertilizante mineral e orgânico foi eficiente na nutrição para N.

Os teores foliares de P, em função dos tratamentos utilizados na cultura da mandioca, obteve a média de $1,5 \text{ g kg}^{-1}$. Em todos os tratamentos os teores de P não foram adequados para a referida cultura. Sousa e Lobato (2004) apresentam que os teores ideais para P devem compreender entre $2,5$ a $5,0 \text{ g kg}^{-1}$. Isso ocorre porque a maioria do fósforo do solo constitui de compostos orgânicos tais como ácidos nucleicos, fitina e fosfolipídios, que reduzem a fixação do P com ferro e alumínio por formar complexos com os mesmos (SENGIK, 2003).

Segundo Sousa, Lobato e Rein (2004), a resposta a adubação fosfatada depende, dentre outros fatores, da disponibilidade de P no solo, da disponibilidade de outros nutrientes, da variedade, e da espécie vegetal cultivada e das condições climáticas. Os autores reforçam ainda que para espécies menos exigentes como a mandioca, os maiores incrementos na produção são observados quando se aplica até 100 kg ha^{-1} de P_2O_5 , caracterizando se assim um comportamento diferente entre as espécies.

No solo arenoso com baixa fertilidade, foi aplicado $318,76 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 , no tratamento com 4 t kg ha^{-1} de cama de peru, o qual foi verificado que mesmo aplicando altas doses, não foram suficientes para suprir as exigências nutricionais da cultura da mandioca, provavelmente pela baixa solubilidade do fertilizante fosfatado (Tabela 10).

Os teores foliares de K na cultura da mandioca em função dos tratamentos com a média de $8,8 \text{ g kg}^{-1}$ de K (Tabela 14). No entanto, os teores de K com os tratamentos de cama de peru 4 t ha^{-1} e NPK 450 kg ha^{-1} + cama de peru 2 t ha^{-1} variaram em função das doses, apresentando teores de K de $10,9$ a $10,2 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente. Esses resultados estão em conformidade com os apresentados por Sousa e Lobato (2004) 10 a 20 g kg^{-1} de K.

Tabela 13. Resumo da análise de variância para os teores foliares dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) da cultura da mandioca em função dos tratamentos

Fonte de Variação	Quadrados Médios						
	GL	N	P	K	Ca	Mg	S
Adubos	1	0,011	0,001**	0,035	0,015	0,001	1,5x10 ⁻⁴
Doses (Adubos)	4	0,264	4x10 ⁻⁴ *	0,072**	0,049	0,003	0,001
Controle vs NPK 450kg ha ⁻¹ + cama de peru 2 t ha ⁻¹	1	0,750*	0,003**	0,270**	0,002	0,000	2x10 ⁻⁴
Trat vs Cont e NPK 450kg ha ⁻¹ + cama de peru 2 t ha ⁻¹	1	0,015	1,5x10 ⁻⁴	0,023	0,023	2,3x10 ⁻⁴	0,001
CV%		9,41	7,80	12,25	13,72	13,91	17,47

** : significativo a 1% (Teste F), * : significativo a 5% (Teste F) e C.V: coeficiente de variação.

Tabela 14. Teor foliar de N, P, K, Ca, Mg e S da cultura da mandioca em função dos tratamentos em solo arenoso

Adubos	N (g kg ⁻¹)				P (g kg ⁻¹)				K (g kg ⁻¹)				Ca (g kg ⁻¹)				Mg (g kg ⁻¹)				S (g kg ⁻¹)			
	1	2	4	Média	1	2	4	Média	1	2	4	Média	1	2	4	Média	1	2	4	Média	1	2	4	Média
Cama de peru (t ha ⁻¹)	41,5	43,5	40,2	41,7a	1,5	1,7	1,6	1,6a	7,9	9,2	10,9	9,3a	11,5	9,6	11,5	10,9 ^a	2,6	2,2	2,6	2,5a	1,7	2,1	2,0	1,9a
NPK 05-25-15 (kg ha ⁻¹)	225	450	675		225	450	675		225	450	675		225	450	675		225	450	675		225	450	675	
	42,0	37,8	47,1	42,3a	1,4	1,4	1,6	1,5b	7,7	8,1	9,9	8,6a	12,5	11,2	10,3	11,3a	2,8	2,6	2,2	2,5a	1,9	1,9	2,0	1,9a
Controle	38,9				1,3				6,5				11,9				2,6				1,9			
NPK 450 kg ha ⁻¹ + cama de peru 2 t ha ⁻¹	45,1				1,7				10,2				11,6				2,6				1,8			

Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si, significativamente, pelo teste F a 5% de probabilidade.

A dose de 4 t ha⁻¹ de cama de peru promoveu teores adequados de K foliar correspondente ao fornecimento de 132 kg ha⁻¹ de K₂O (Tabela 10). Observou-se que, no solo em que foi conduzido o plantio da mandioca, estava deficiente inicialmente em K, por isso os teores foliares de K foram menores com a adubação mineral. No entanto, o respectivo solo por ser arenoso, pode apresentar perda de K por lixiviação, e, por isso, requer parcelamento das aplicações de fertilizante. Segundo Andrade (2004), mais de 90% dos adubos potássicos utilizados estão na forma de KCl, bastante solúvel e, portanto, sujeito a lixiviação, principalmente em solos arenosos.

Os teores foliares de Ca na mandioca não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos aplicados, os quais variaram entre 9,6 a 12,5 g kg⁻¹ de Ca (Tabela 14). Esses resultados estão em conformidade com os encontrados por Sousa e Lobato (2004) que indicam valores entre 5 a 15 g kg⁻¹ para a nutrição adequada de Ca e o desenvolvimento da cultura da mandioca.

Os teores de Mg no tecido vegetal variaram de 2,2 a 2,8 g ha⁻¹, não apresentando diferenças significativas entre os tratamentos. No entanto, o tratamento que apresentou o maior teor de Mg foi com aplicação de NPK 05-25-15 foi de 225 kg ha⁻¹ (Tabela 14). Ao comparar estes resultados com os indicados por Sousa e Lobato (2004) verificou-se que os teores de Mg estão adequados (2,0 a 5,0 g ha⁻¹) para a cultura da mandioca em solos de cerrado. Na área, em que implantou o ensaio, recebeu, anteriormente, o calcário para a correção do solo. Assim, justifica-se que os teores de Ca e Mg foram adequados para a cultura da mandioca neste solo. Segundo Sousa e Lobato (2004), o calcário apresenta um efeito residual que persiste por vários anos.

Ao analisar os teores de enxofre nas folhas de mandioca, observou-se que não houve diferenças significativas entre os tratamentos, e todos os valores encontrados estão deficientes quando comparados com os teores foliares adequados de S (3 a 4 g ha⁻¹) apresentados por Sousa e Lobato (2004). Justifica-se esta deficiência por ser um solo arenoso, com baixa fertilidade, condicionada pelos baixos teores de argila e de matéria orgânica. Também porque as quantidades de nutrientes, na adubação orgânica e mineral, não foram suficientes para suprir a necessidade da planta.

As doses de 2 e 4 t ha⁻¹ de cama de peru forneceram S em doses adequadas 20 a 30 kg ha⁻¹ de S, porém possivelmente o tempo de condução não foi suficiente para mineralizar o S e a planta assimilá-lo, assim como ocorreu nitrogênio e fósforo (Tabela 8).

Em solos arenosos com deficiência de enxofre, Andrade (2004) ressalta que dependerá da quantidade do macronutriente aplicado. O efeito residual de S é relativamente longo, mais

de 6 anos e, se no manejo da adubação forem utilizados fertilizantes contendo S (superfosfato simples, sulfato de amônio, sulfato de potássio), o nutriente poderá ser facilmente suprido. No entanto, o produtor poderá optar por adubos ou fórmulas mais concentradas de N, P e K, se na correção da fertilidade do solo for utilizado o gesso, implicando menor custo na aplicação desses fertilizantes. A fórmula 05-25-15 é constituída de superfosfato simples e superfosfato triplo, porém mais superfosfato triplo que contém maior porcentagem de enxofre.

Os teores foliares de K na cultura da mandioca foram influenciados pelas doses de NPK avaliadas, assim como os teores de K em função das doses de cama de peru, ambos apresentaram comportamento linear (Figura 3 A e B). Verificou-se aumento crescente nos teores foliares em função do aumento das doses, independente se o fertilizante for mineral ou orgânico.

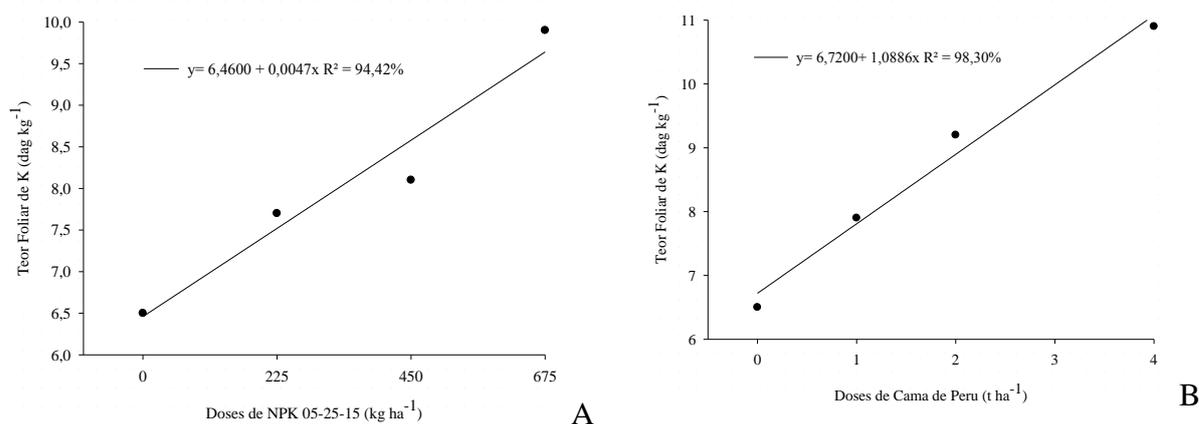


Figura 3. Teores foliares de K em função das doses de NPK 05-25-15 (A) e em função da cama de peru (B)

Segundo Otsubo e Lorenzi (2004), dentre os nutrientes, o potássio é o mais extraído pela cultura da mandioca. No entanto, esse nutriente é encontrado em baixos teores em solos arenosos (HOWELER, 1991). O K por ser um elemento importante para a cultura da mandioca, verificou-se que, quanto maior a quantidade de K, maior foi a sua resposta à adubação, doses baixas não corresponderam à necessidade de K para a cultura da mandioca, ou seja, as menores doses não foram capazes de suprir a demanda da planta de mandioca (Figura 3).

Os fertilizantes potássicos são também solúveis, apresentando, porém, menores perdas por lixiviação pois o íon K⁺ é retido nos sítios de troca das partículas do solo, sendo retirados pela água somente aquela parcela presente na solução do solo.

Aplicando-se a regressão para os teores foliares de P em função das doses crescentes de NPK (05-25-15), verificou-se um comportamento linear crescente, em que quanto maior a dose do fertilizante mineral, maiores foram os teores foliares de P (Figura 4A). Mesmo aumentando os teores de P na folha verificou-se deficiência nutricional de P.

A recomendação de P_2O_5 para o cultivo da mandioca em solos arenosos é de 80kg ha^{-1} . A dose de 675 kg ha^{-1} de NPK foi equivalente a $168,9\text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 (Tabela 10), bem acima do recomendado, e mesmo assim a planta não apresentou teores foliares recomendados por Sousa e Lobato (2004). A baixa eficiência agrônômica que ocorreu com a adubação mineral está relacionada com insolubilidade do fertilizante fosfatado. Giracca e Nunes (2014) relatam que a eficiência agrônômica depende da sua solubilidade e das reações químicas com os solos.

A eficiência agrônômica de fertilizantes fosfatados é influenciada por características intrínsecas do solo, que destacam a capacidade de adsorção, quantidade e tipo de argila, pH, teor de matéria orgânica e teores totais e biodisponíveis de P. Por isso, a eficiência da adubação fosfatada em solos tropicais normalmente é muito baixa, caracterizada pela forte tendência do P aplicado ao solo de reagir com substâncias formando compostos de baixa solubilidade, principalmente em solos onde há predomínio de minerais sesquióxidos (FERREIRA, 2014).

Esses fatores implicam no aumento da quantidade de P aplicado ao solo, em geral, maior que a necessidade da cultura, pois é fundamental saturar os compostos responsáveis pela fixação do P para que este possa ter uma concentração que atenda às demandas da cultura (FURTINI NETO et al., 2001).

Observou-se efeito quadrático para as doses aplicadas de cama de peru, em que na dose de $2,6\text{ t ha}^{-1}$ foi a que resultou nos maiores teores foliares de P (Figura 4B), o que equivaleu a $149,4\text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 , quantidade esta acima do recomendado (80 kg ha^{-1} de P_2O_5). Observa-se que o solo em que foi implantado o experimento era escasso de nutrientes, que mesmo a quantidade recomendada não produziu efeito significativo para a característica avaliada.

Observou-se que o fertilizante orgânico (cama de peru) apresentou maior quantidade de P_2O_5 em relação ao mineral, mas não foi linear o comportamento. A dose de 2 e 4 t ha^{-1} de cama de peru proporcionou os melhores teores de 1,7 a $1,6\text{ g kg}^{-1}$, respectivamente (Tabela 14), o que forneceu $159,38$ e $318,76\text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 (Tabela 10), mesmo apresentando esses valores os teores não foram adequados para à cultura da mandioca.

Solos arenosos e pobres em matéria orgânica são mais propensos às deficiências de micronutrientes, pois além de não disporem de uma fonte que é a matéria orgânica, a lixiviação é facilitada pela falta de cargas elétricas que permitiram a retenção dos micronutrientes.

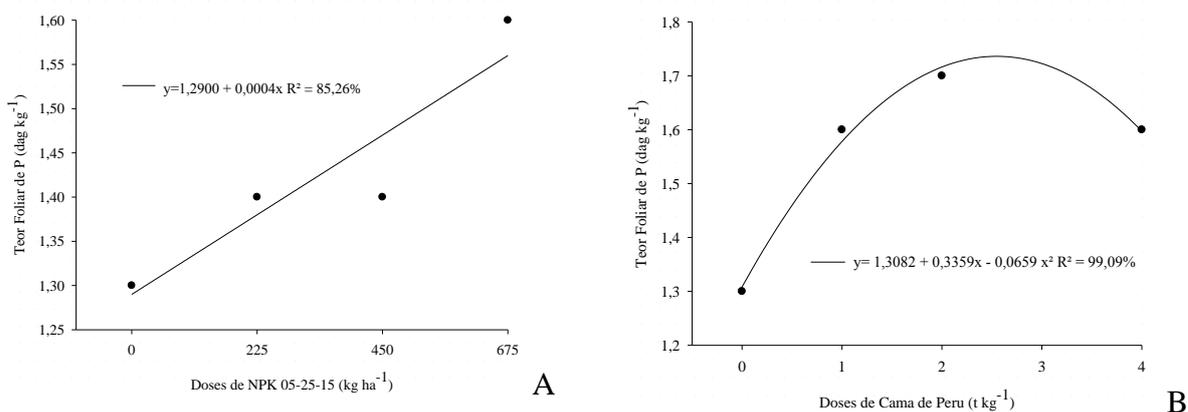


Figura 4. Teores foliares de P em função das doses de NPK 05-25-15 (A) e em função da cama de peru (B).

Santos et al. (2008) apresentaram que, em condições onde a disponibilidade P é baixa, o fósforo orgânico constitui-se em importante fonte desse nutriente às plantas por meio da decomposição e mineralização da fração lábil de fósforo orgânico (fósforo orgânico lábil), que é facilmente mineralizada, contribuindo com a disponibilidade de P para as plantas.

No entanto, neste experimento, a deficiência do fósforo foi devido à indisponibilidade de P no solo. Podendo inferir que a mineralização do fósforo orgânico no solo, não foi rápida e houve pouco P disponível e com isso, não supriu a demanda de P às plantas. Isso ocorreu porque a degradação do fósforo orgânico presente na cama de peru não possibilitou a mineralização necessária para liberar o P para as plantas de mandioca.

Conforme os resultados da análise de variância dos teores foliares de micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn) da cultura da mandioca em função dos tratamentos, observou-se que não houve diferença significativa em função dos tratamentos (Tabela 15).

Os teores foliares de Cu estavam abaixo daqueles recomendados para mandioca (1,43 a 2,01 mg kg⁻¹), por Sousa e Lobato (2004), em que devem ter de 5 a 25 mg kg⁻¹. Observou-se, que nenhuma adubação supriu a exigência nutricional de Cu, o solo estava deficiente inicialmente para suprir as necessidades nutricionais da cultura da mandioca.

Em solos altamente intemperizados, a deficiência química dos constituintes do solo e a alta afinidade dos micronutrientes catiônicos (Zn, Cu, Fe e Mn) pelos colóides do solo levam, geralmente, à baixa concentração desses na solução do solo (BARBER, 1995).

Os teores foliares de ferro na cultura da mandioca apresentaram diferenças significativas com o tratamento NPK 05-25-15 450 kg ha⁻¹ + cama de peru 2 t ha⁻¹ utilizados, os quais variaram entre 47,28 a 92,00 mg kg⁻¹ de ferro (Tabela 16).

Os tratamentos que apresentaram teores adequados, conforme os indicados por Sousa e Lobato (2004), estavam entre 60 a 200 mg kg⁻¹. No entanto, os tratamentos que apresentaram melhores teores foram: cama de peru (1 t ha⁻¹) com 64,34 mg kg⁻¹, NPK 05-25-15 (450 kg ha⁻¹) com 69,53 mg kg⁻¹ e NPK 05-25-15 (450 kg ha⁻¹) + cama de peru 2 t ha⁻¹ com 92,00 mg kg⁻¹.

Os teores foliares Mn na mandioca não apresentaram diferença significativa em função dos tratamentos utilizados, verificando teores entre 31,04 a 38,87 mg kg⁻¹ (Tabela 16), estando em conformidade com os apresentados por Sousa e Lobato (2004) que referenciaram ser de 25 a 100 mg kg⁻¹ de Mn.

Os teores foliares de zinco variaram de 11,67 a 15,46 mg kg⁻¹, e não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 16). Sousa e Lobato (2004) indicam que estes teores devem compreender entre 35 a 100 mg kg⁻¹ para as plantas de mandioca.

A recomendação de adubação com micronutriente para a cultura da mandioca é de 6 kg ha⁻¹ de Zn (Sousa e Lobato, 2004). No entanto, as adubações realizadas não foram fontes de Zn para a cultura, na adubação com 4 t ha⁻¹ de cama de peru continha 77,2 g de Zn, dose essa abaixo da recomendada para a referida cultura.

Várias práticas de manejo do solo podem influenciar o transporte à curta distância dos micronutrientes Zn, Cu, Fe e Mn (PEGORARO et al., 2006). Rosolem et al. (2001) dissertam que, em solos arenosos, pobres em matéria orgânica, que recebem calagem e são bem adubados com macronutrientes, existe a possibilidade de ocorrência de deficiência de zinco, e com menor probabilidade, de manganês e de cobre.

As quantidades de micronutrientes fornecidas pela cama de peru na dose de 4 t ha⁻¹ foram de 7,7 g ha⁻¹ de Cu, 23,3 kg ha⁻¹ de Mn e 76,7 kg ha⁻¹ de Zn, que, ao comparar com a recomendação de Sousa e Lobato (2004) para a cultura da mandioca, devem compreender os seguintes teores: 2,0 kg ha⁻¹ de Cu, 2,0 kg ha⁻¹ de Mn e 6,0 kg ha⁻¹ de Zn.

O pH do solo afeta consideravelmente a disponibilidade dos micronutrientes. A disponibilidade diminui à medida que o pH aumenta. Sob essas condições em que o pH se

encontra muito ácido, alguns micronutrientes podem tornar-se suficientemente solúveis para serem tóxicos para as plantas (CAMARGO; NOVO, 2000).

Tabela 15. Resumo da análise de variância dos teores de Cu, Fe, Mn e Zn das folhas da cultura da mandioca em função dos tratamentos

Fonte de Variação	Quadrados Médios				
	GL	Cu	Fe	Mn	Zn
Adbos	1	0,718	180,950	91,182	13,187
Doses (Adbos)	4	0,351	349,711	36,108	7,146
Controle vs NPK 450kg ha ⁻¹ + cama de peru 2 t ha ⁻¹	1	0,578	3099,600**	25,205	13,520
Trat vs cont e NPK 450kg ha ⁻¹ + cama de peru 2 t ha ⁻¹	1	0,030	1409,363**	36,408	3,114
CV%		32,56	22,06	24,27	19,97

** : significativo a 1% (Teste F), * : significativo a 5% (Teste F) e C.V: coeficiente de variação.

Tabela 16. Teor foliar de cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) (mg kg⁻¹) da cultura da mandioca em função dos tratamentos, em solo arenoso

Adbos	Cu (mg kg ⁻¹)				Fe (mg kg ⁻¹)				Mn (mg kg ⁻¹)				Zn (mg kg ⁻¹)			
	1	2	4	Média	1	2	4	Média	1	2	4	Média	1	2	4	Média
Cama de peru (t ha ⁻¹)	2,01	1,95	1,43	1,80a	64,34 [#]	47,28 [#]	51,11 [#]	54,24a	31,04	32,35	33,21	32,20a	15,46	15,04	12,69	14,40a
NPK 05-25-15 (kg ha ⁻¹)	225	450	675		225	450	675		225	450	675		225	450	675	
	1,66	1,15	1,54	1,45a	50,06 [#]	69,53	59,61 [#]	59,73a	38,04	31,39	38,87	36,10a	13,95	11,67	13,13	12,92a
Controle	1,96				52,63				34,84				15,68			
NPK450 kg ha ⁻¹ + cama de peru 2 t ha ⁻¹	1,43				92,00				38,39				13,08			

Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si, significativamente, pelo teste F a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por *, diferem significativamente do controle e médias seguidas por # diferem significativamente do NPK+cama de Peru, pelo teste Dunett a 5% de probabilidade.

Ao observar o resumo da análise de variância das características produtividade de raízes frescas ($t\ ha^{-1}$), pH, proteína bruta (PB), cinza e massa seca (MS), da cultura da mandioca em função dos tratamentos, verificou-se diferença significativa para produtividade de raízes e para proteína bruta da raiz entre os tratamentos: NPK $450\ kg\ ha^{-1}$ + cama de peru $2\ t\ ha^{-1}$ e o controle (Tabela 17).

Na produtividade de raízes da cultura da mandioca em função dos tratamentos, variações foram observadas na produção de $14,85$ a $23,95\ t\ ha^{-1}$. O tratamento que apresentou maior produtividade de raízes foi com a adubação de $4\ t\ ha^{-1}$ de cama de peru, correspondente a $23,95\ t\ ha^{-1}$ (Tabela 18).

A baixa produtividade de raiz de mandioca foi considerada por Modesto Júnior et al. (2014) variáveis entre $9\ t\ ha^{-1}$ e $20\ t\ ha^{-1}$ de raiz. O IBGE (2013) apresentou que a produtividade média no Brasil correspondente a $23,4\ t\ ha^{-1}$. Nesse experimento a maior produtividade de mandioca foi de $23,95\ t\ ha^{-1}$, o qual foi superior à média nacional.

Foi observado que, na aplicação de $4\ t\ ha^{-1}$ de cama de peru a produtividade foi de $222,3\%$ superior ao controle (sem adubação) ($7,43\ t\ ha^{-1}$), indicando a necessidade de fornecimento de nutrientes para a cultura da mandioca. Segundo Rodrigues et al. (2008), a decomposição da matéria orgânica é promovida pela biomassa microbiana do solo, que faz com que ocorra a mineralização, a qual pode ter efeito imediato ou residual. Nesse experimento, observou-se um efeito positivo da adubação orgânica na produção de raízes da cultura da mandioca.

Ao comparar a adubação mineral com a orgânica percebeu-se que a adubação mineral foi inferior à orgânica, o que favoreceu o fornecimento de nutrientes às plantas e à melhoria na capacidade de troca catiônica, o que proporcionou maior disponibilidade de nutrientes para a planta (SILVA et al., 2012).

Segundo Mcgrath et al. (2009) e Portugal et al. (2009) relatam que o uso da cama aviária como adubação orgânica permite, ao mesmo tempo, uma forma correta de descarte deste resíduo e também uma forma de adubação capaz de melhorar as características física, química e biológica do solo, auxiliando também no aumento do rendimento das culturas.

Tabela 17. Resumo da análise de variância das características: produtividade de raízes frescas, pH, proteína bruta (PB), cinza e massa seca (MS) da raiz, da cultura da mandioca em função dos tratamentos

Fonte de Variação	Quadrados Médios					
	GL	Produtividade de raiz	pH	PB	Cinza	MS
Aubos	1	87,020**	0,037	0,200	0,167	11,413
Doses (Aubos)	4	43,733*	0,023	0,044	0,104	5,703
Controle vs NPK 450kg ha ⁻¹ + cama de peru 2 t ha ⁻¹	1	322,072**	0,140	1,140*	0,031	4,946
Trat vs Cont e NPK 450kg ha ⁻¹ + cama de peru 2 t ha ⁻¹	1	163,542**	0,049	0,178	0,065	0,473
CV%		19,92	3,13	25,16	19,50	6,52

** : significativo a 1% (Teste F), * : significativo a 5% (Teste F) e C.V: coeficiente de variação.

Tabela 18. Produtividade de raízes frescas, pH da raiz, teor de proteína bruta, teor de cinzas, teor de massa seca de raízes da cultura da mandioca em função dos tratamentos, em solo arenoso

Aubos	Produtividade (t ha ⁻¹)				pH da raiz				Proteína Bruta (%)				Cinzas (%)				Massa Seca (g kg ⁻¹)			
	1	2	4	Média	1	2	4	Média	1	2	4	Média	1	2	4	Média	1	2	4	Média
Cama de peru (t ha ⁻¹)	16,26*	22,49*	23,95*	20,90a	6,03	6,06	6,18	6,09a	1,51	1,57	1,78	1,62a	1,00	1,38	1,38	1,25a	41,67	41,02	39,86	40,85a
NPK 05-25-15 (kg ha ⁻¹)	225	450	675		225	450	675		225	450	675		225	450	675		225	450	675	
	14,85*	17,00*	19,41*	17,09b	5,99	6,09	5,95	6,01a	1,85	1,78	1,78	1,80a	1,13	1,13	1,00	1,13a	40,84	38,00	39,57	39,47a
Controle NPK450	7,43				5,83				2,26				1,00				39,65			
kg ha ⁻¹ +cama de peru 2 t ha ⁻¹	20,12				6,09				1,51				1,13				41,23			

Médias seguidas por * diferem significativamente do controle, pelo teste Dunett a 5% de probabilidade.

Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si, significativamente, pelo teste F a 5% de probabilidade.

Segundo Ricci (2006), a matéria orgânica tem efeito direto sobre as características física, química e biológica dos solos, sendo considerada uma peça fundamental para a manutenção da capacidade produtiva dos solos em qualquer ecossistema terrestre. Do ponto de vista físico, a matéria orgânica melhora a estrutura do solo, reduz a plasticidade e a coesão, aumenta a capacidade de retenção de água e a aeração, permitindo maior penetração e distribuição das raízes.

No experimento apresentado por Rós et al. (2013), ao avaliar a influência do uso de esterco de galinha poedeira na produtividade de raízes de mandioca, plantadas em outubro de 2010, que a produtividade estimada sem uso de fertilizante foi de 41 t ha⁻¹ e atingiu mais de 49 t ha⁻¹, com a adição de 18 t ha⁻¹ de esterco de galinha, o que correspondeu a um acréscimo de 19%. Santos et al. (2010) ao avaliar o efeito da adubação orgânica na produção total de batata-doce, utilizando cinco tratamentos (0, 3, 6, 9 e 12 t ha⁻¹ de cama-de-aviário), verificaram que a produção de raízes graúdas, miúdas e total por planta (14,20; 3,84 e 18,03 t ha⁻¹, respectivamente) de batata doce responderam de forma linear e positiva às doses crescentes de cama-de-aviário.

Outro fator que possivelmente favoreceu o incremento na produtividade foi o teor de K₂O de 132 kg ha⁻¹ (Tabela 10), o que proporcionou maior produção de raízes de mandioca com o uso de 4 t ha⁻¹ de cama de peru. Já que o K é o nutriente mais absorvido e exigido pela cultura por estabelecer rapidamente a planta e aumentar o seu vigor de maneira que o crescimento possa continuar normalmente durante todo o período de plantio.

O pH da raiz não apresentou diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 18), a média geral para os tratamentos foi de 6,03. Segundo informações apresentadas por Fukuda e Otsubo (2003), a faixa favorável de pH da raiz de mandioca é de 5,5 a 7, sendo 6,5 o ideal (Tabela 19). Segundo informações de Araújo et al. (2014), os valores de pH são importantes para a estocagem e para a produção de farinhas, quando estes estão acima do valor ideal podem interferir na qualidade do produto.

Os resultados deste experimento serão comparados conforme os valores ideais apresentados na Tabela 19 para as respectivas características.

Segundo Chisté et al. (2006), observar os constituintes nutricionais (teor de umidade, atividade de água, teor de cinzas, teor de lipídios, teor de proteína e amido), é importante para a avaliação do potencial do produto a ser consumido ou matéria-prima a ser utilizada no preparo de alimentos.

Aos teores de proteína bruta nas raízes da mandioca variaram de 1,51 a 1,85%, os quais não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 18), o qual se

verificou uma média geral entre os tratamentos de 1,76%. Os resultados encontrados neste estudo estão acima dos indicados por Albuquerque et al. (1993) que apresentam composição média de proteínas de 1,3% ideais para raízes de mandioca (Tabela 19).

Tabela 19. Valores adequados do pH, da proteína bruta, cinzas e massa seca da raiz da mandioca

pH	Proteína bruta	Cinzas	Massa seca
6,5	1,3	2	34,96

Baixo nível de proteína pode ter um efeito indesejável na subsistência de milhões de pessoas que dependem da mandioca, e que, portanto, enfrentam o risco de deficiência crônica de proteína. Porém a concentração de proteínas, ainda, pode ser trabalhada via melhoramento genético, para obtenção de materiais com maiores concentrações. Por outro lado, o baixo conteúdo de proteínas das raízes de mandioca a torna uma fonte de energia com baixo potencial alergênico (CEBALLOS et al., 2006).

A proteína encontrada na farinha de mandioca está diretamente relacionada à variedade da raiz a que lhe deu origem (CHISTÉ et al., 2006). Dessa forma, uma variedade de mandioca com maior teor de proteínas é indicada para a fabricação da farinha (MAIEVES, 2010).

Não houve diferença significativa para os teores de cinzas e nem para massa seca em função dos tratamentos, sendo que a média geral das respectivas características foram de 1,14% e 40,23%, respectivamente. Rimoldi et al. (2006), ao avaliarem 14 variedades de mandioca de mesa, obteve média geral de massa seca de 34,96%, valor inferior ao obtido neste trabalho (40,23%).

De acordo com Guimarães et al. (2015), quanto maior a porcentagem de massa seca, maior será o rendimento de farinha e a porcentagem de amido. Ramos (2007), ao avaliar as características morfológicas e produtiva de nove variedades de mandiocas, constatou que a variedade Sergipe foi a que apresentou os maiores valores de massa seca, porém com valores superiores, em que a média de massa seca foi de 34,72 e 34,53% nos municípios de Vitória da Conquista e Candido Sales, respectivamente. Médias essas similares à encontrada por Cardoso Junior (2004), que apresentou valores de 31,89%.

Para a característica massa seca das raízes observou-se que não houve diferença significativa. Os tratamentos de cama de peru 1 t ha⁻¹ e NPK 450 kg ha⁻¹ + cama de peru 2 t ha⁻¹ apresentaram maiores valores, 41,67 e 41,23%, respectivamente (Tabela 18).

Os teores de cinzas encontrados por Pereira e Beléia (2004) variaram de 1,88 a 2,29%, diferindo dos encontrados neste experimento que foram de 1,00 a 1,38%. Segundo estudos realizados por Feniman (2004) e Albuquerque et al. (1993), as raízes de mandioca apresentam uma composição média de 2% de cinzas. Comparando com os resultados encontrados neste experimento, observou-se que estão abaixo dos recomendados na literatura, justificando que as adubações mineral e orgânica não supriram as necessidades da planta para produzir raízes com teores de cinzas adequados.

Souza et al. (2008) ressaltam que valores maiores de cinzas podem indicar fraudes, como adição de areia ou de processamento inadequado, com lavagem e com descascamento incompleto.

Aplicando-se a regressão para produtividade de raízes em função das doses de NPK 05-25-15 (kg ha^{-1}), verificou-se um comportamento linear, quanto maior a dose de NPK maior a produtividade de raízes (Figura 5A). Conforme estudos de Alves e Silva (2014), a baixa produtividade de raiz de mandioca varia entre 9 t ha^{-1} e 20 t ha^{-1} , no entanto, o uso de NPK 05-25-15 (kg ha^{-1}) incrementou a produção.

A produtividade de raízes em função das doses de cama de peru obteve resposta quadrática em que a melhor dose foi de $3,25 \text{ t ha}^{-1}$, o que resultou na maior produtividade, $24,92 \text{ t ha}^{-1}$ de raízes (Figura 5B), acima da produção média de raiz de mandioca no Brasil, conforme pesquisas realizadas pelo IBGE (2013) que obteve $23,4 \text{ t ha}^{-1}$.

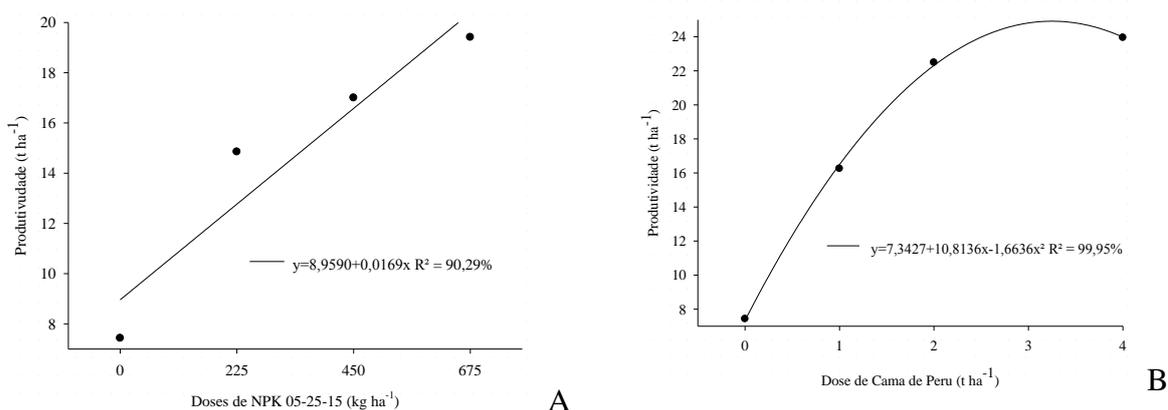


Figura 5. Produtividade de raízes de mandiocas em função das doses de NPK 05-25-15 (A) e cama de peru (B).

Com os resultados obtidos, pode-se afirmar que o uso da cama de peru na dose de $3,3 \text{ t ha}^{-1}$ foi agronomicamente favorável por produzir $24,92 \text{ t ha}^{-1}$ de raízes de mandioca,

justificando o seu uso como uma opção de fertilizante alternativo em substituição ao adubo mineral (Figura 5).

O cultivo da mandioca com o uso de 3,3 t ha⁻¹ de cama de peru favoreceu nas condições em que foi implantado este experimento menores gastos ao produtor. O uso de cama de peru torna-se favorável por ter um valor mais acessível ao agricultor. No entanto, a prática de cultivo com aplicação de adubos e/ou corretivos é onerosa o que representa um aumento significativo no custo de produção.

Ao comparar o custo entre o mineral e o orgânico, verificou-se que o uso do orgânico não alterará o custo de produção. No mercado atual este adubo é disponibilizado por R\$ 95,00 por tonelada. Enquanto que o adubo mineral possui um maior custo, R\$ 1.245 por tonelada, o que promoverá um aumento significativo no custo total da produção (Tabela 20).

Tabela 20. Custo dos fertilizantes para a implantação da cultura da mandioca

Fertilizante	Dose	Preço (R\$ a tonelada)
Cama de peru	3,3 t ha ⁻¹	313,50
NPK 05-25-15	675 kg ha ⁻¹	840,37

Fonte: Informações de custos de fertilizante na Comigo³ e Avip⁴ (2015).

Confirmando com Menezes et al. (2003) que os resíduos orgânicos, como a cama de frango, são considerados insumos de baixo custo e de alto retorno econômico para a agropecuária, além do retorno direto da atividade. Costa et al. (2009) apresentaram que o uso de adubação orgânica tem sido uma das alternativas mais receptivas pelos agricultores, principalmente por viabilizar a adubação em culturas comerciais, pois ao serem manejados aumentam a produção, tornando-se um importante fator agregador de valor.

A adubação é uma das principais tecnologias utilizadas para aumentar a produtividade e a rentabilidade das culturas, embora tenha alto custo e possa aumentar o risco do investimento agrícola (SEVERINO et al., 2006).

³ Informações obtidas na loja da Comigo – Cooperativa Agroindustrial dos Produtores Rurais do Sudoeste Goiano.

⁴ Informações obtidas na Avip – Associação dos Avicultores Integrados da Perdígão.

4 CONCLUSÕES

Maiores alturas de plantas de mandioca aos 196 dias de cultivo são obtidas com as doses de 640 kg ha⁻¹ do fertilizante químico (05-25-15) e 3,6 t ha⁻¹ de cama de peru;

As adubações não supriram as exigências nutricionais em N, P, Ca, S, Cu e Zn;

O uso de adubo orgânico e/ou mineral aumenta a produtividade de raízes de mandioca;

O uso de adubo orgânico e/ou mineral não influencia a qualidade raízes de mandioca quanto ao pH e teores de cinzas;

A adição de cama de peru, na dose de 3,3 t ha⁻¹, promoveu maior produtividade de raízes de mandioca em solos arenosos.

5 REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, T.T.O.; MIRANDA, L.C.G.; SALIM, J.; TELES, F.F.F.; QUIRINO, J.G. Composição centesimal da raiz de 10 variedades de mandioca (*manihot esculenta Crantz*) cultivadas em Minas Gerais. **Revista Brasileira da Mandioca**, v.12, n.1, p.7-12, jan. 1993.

ANDRADE, L.R.M. de. Corretivos e fertilizantes para culturas perenes e semiperenes. In: SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2.ed. Brasília: Embrapa, 2004. p. 317-366.

ANDREOLA, F.; COSTA, L. M.; OLSZEWSKI, N. Influência da cobertura vegetal de inverno e da adubação orgânica e, ou, mineral sobre as propriedades físicas de uma terra roxa estruturada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 3, p. 857-865, 2000.

ARAÚJO, F. das C.B.; CUNHA, R.L.; MOURA, E.F.; FARIAS NETO, J.T. de. **Caracterização e variabilidade físico-química de raízes de mandioca (*Manhot esculenta*)**. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/76943/1/570.pdf>>. Acesso em: 19/08/2014.

BARBER, S.A. **Soil nutrient bioavailability: A mechanistic approach**. 2.ed. New York, John Wiley & Sons, 1995. 414p.

BOUWMEESTER, R.J.B.; VLEK, P.L.G.; STUMPE, J.M. Effect of environmental factors on ammonia volatilization from a urea-fertilized soil. **Soil Science Society of America Journal**, v.49, n. 2, p. 376-381, 1985.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Gabinete do Ministro. Instrução Normativa nº 25, de 23 de julho de 2009. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 28 jul. 2009. Seção 1, p. 20.

CAMARGO, A.C. de; NOVO, A.L.M. **Manejo intensivo de pastagens**. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2009. 85p.

CARDOSO JÚNIOR, N. dos S. **Efeito do nitrogênio sobre o teor de HCN e características agrônômicas da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. 2004. 73f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista – BA, 2004.

CARNEIRO, W.J. de O.; SILVA, C.A.; MUNIZ, J.A.; SAVIAN, T.V. Mineralização de nitrogênio em latossolos adubados com resíduos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.37, p.715-725, 2013.

CARVALHO, A. M. de.; AMABILE, R. F. (ed.). **Cerrado: adubação verde**. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2006. 369 p.

CEBALLOS, H.; SÁNCHEZ, T.; CHÁVEZ, A. L.; IGLESIAS, C.; DEBOUCK, D.; MAFLA, G.; TOHME, J. Variation in crude protein content in cassava (*Manihot esculenta* Crantz) roots. **Journal of Food Composition and Analysis**, n.19, p.589–593, 2006.

CHISTÉ, R. C.; COHEN, K. O.; MATHIAS, E. A.; RAMOS JÚNIOR, A. G. A. Qualidade da farinha de mandioca do grupo seca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n 4, p. 861-864, 2006.

COSTA, A. M. da et al. Potencial de recuperação física de um latossolo vermelho, sob pastagem degradada, influenciado pela aplicação de cama de frango. **Ciência Agrotecnológica**, v.33, p.1991-1998, 2009.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

FENIMAN, C.M. **Caracterização de raízes de mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) do cultivar IAC 576-70 quanto à cocção, composição química e propriedades do amido em duas épocas de colheita.** 2004. 99f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2004.

FERREIRA, N.R. **Eficiência agrônômica de fertilizantes organominerais sólidos e fluidos em relação à disponibilidade de fósforo.** 2014. 78f. Dissertação (Mestrado em Agrônômica) – Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Botucatu, 2014.

FIGUEROA, E.A. **Efeito imediato e residual de esterco de ave poedeira em cultura de grãos.** 2008. 112f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2008.

FREITAS, G.A. de; SOUZA, C.R.; AFFÉRI, F.S.; SILVA, R.R. da S.; MELO, A. V. de; ANDRADE, C.A.O. de; SANTOS, A.C.M. dos. **Efeito da adubação orgânica no sulco de plantio no desenvolvimento de plantas de sorgo.** Disponível em: <<http://www.incaper.es.gov.br/biossolido/icbro/cbro/Artigos/AGROECOLOGIA/Efeito%20da%20aduba%C3%A7%C3%A3o%20org%C3%A2nica%20no%20sulco%20de%20plantio%20no%20desenvolvimento%20de%20plantas%20de%20sorgo.pdf>>. Acesso em: 12/01/2015.

FUKUDA, C.; OTSUBO, A. A. **Cultivo da mandioca:** sistemas de produção. Embrapa Mandioca e Fruticultura. jan./2003. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_centrosul/>. Acesso em: 03/07/2014.

FURTINI NETO, A. E.; VALE, F.R.; RESENDE, A.V.; GUILHERME, L.R.G.; GUEDES, G.A.A. **Fertilidade do solo.** Lavras: UFLA, 2001. 252 p.

GIRACCA, E.M.N.; NUNES, J.L. da S. **Tipos de fertilizantes.** Disponível em: <<http://www.agrolink.com.br/fertilizantes/FormulacaodeAdubos.aspx>>. Acesso em: 15/03/2014.

GUIMARÃES, D.G.; MUNIZ, W.F.; MOREIRA, E. de S.; VIANA, A.E.S.; CARDOSO, C.E.L.; CARDOSO, A.D.; GOMES, I.R.; FERNANDES, E.T.; ANJOS, D.N. dos. **Avaliação da qualidade de raízes de mandioca na região Sudoeste da Bahia.** Disponível em: <<http://revistas.fca.unesp.br/index.php/rat/article/viewFile/1332/651>>. Acesso em: 21/01/2015.

HOWELER, R.H. Long-term effect of cassava cultivation on soil productivity. **Field Crop Research**, v.26, p.1-18, 1991.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção das lavouras em março de 2013**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201304comentarios.pdf>. Acesso em: 23/09/2014.

LIMA, D.V.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A.E.; MORAIS, A.R.; CURI, N.; HIGA, N.T. Macro e micronutrientes no crescimento do braquiário e da soja em latossolos sob cerrado da região de Cuiabá-MT. **Ciência e Agrotecnologia**, v.24, p.96-104, 2000.

MAIEVES, H.A. **Caracterização física, físico química e potencial tecnológico de novas cultivares de mandioca**. 2010. 114f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

MATTOS JUNIOR, D.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. Perdas por volatilização do nitrogênio fertilizante aplicado em pomares de citros. **Laranja**, v.23, n.1, p.263-270, 2002.

McGRATH, S.; MAGUIRE, R.O.; TACY, B.F.; FIKE, J.H. Improving soil nutrition with poultry litter application in low input forage systems. **Agronomy Journal**, v.102, p.48-54, 2009.

MELO, W.J. **Matéria orgânica, nitrogênio e enxofre**: curso de atualização em fertilidade do solo. Jaboticabal: ANDA, 1978, 66p.

MENEZES, J. F. S.; ALVARENGA, R.C.; ANDRADE, C. de L. T. de; KONZEN, E. A.; PIMENTA, F. F. Aproveitamento de resíduos orgânicos para a produção de grãos em sistema de plantio direto e avaliação do impacto ambiental. **Revista Plantio Direto**, p.30–35, 2003.

MODESTO JÚNIOR; M. de S.; ALVES, R.N.B.; SILVA, E.S.A. **Produtividade de mandioca de agricultores familiares do baixo Tocantins, Pará**. Disponível em: <<http://www.cerat.unesp.br/Home/RevistaRAT/artigos/64%20PRODUTIVIDADE%20DE%20MANDIOCA%20DE%20AGRICULTORES%20FAMILIARES%20DO%20BAIXO%20TOCANTINS,%20PARA.pdf>>. Acesso em: 23/09/2014.

OLIVEIRA, S.A de. Análise foliar. In: SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E. **Cerrado**: correção do solo e adubação. 2.ed. Brasília: Embrapa, 2004. p. 245-256.

OTSUBO, A.A.; LORENZI, J.O. **Cultivo da mandioca na Região Centro-Sul do Brasil**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2004. 116p.

PEGORARO, R.F.; SILVA, I.R. da; NOVAIS, R.F.; MENDONÇA, E. de S.; GEBRIM, F. de O.; MOREIRA, F.F. Fluxo difusivo e biodisponibilidade de zinco, cobre, ferro e manganês no solo: influência da calagem, textura do solo e resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.30, n.5, p.859-868, 2006.

PEREIRA, L.T.P.; BELÉIA, A. del P. Isolamento, fracionamento e caracterização de paredes celulares de raízes de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz). **Ciência de Tecnologia de Alimentos**, v.24, n.1, jan./mar. 2004.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. 12.ed. Piracicaba: Livraria Nobel, 1985. 467p.

PINTO, J.E.B.P.; CASTRO, N.E.A.; BERTOLUCCI, S.K.V.; PINHEIRO, R.C. **Cultivo e produção de plantas medicinais, aromáticas e condimentares**. Lavras: FAEPE, 2001. 176p.

PORTUGAL, A.; RIBEIRO, D. O.; CARBALLAL, M. R.; VILELA, L. A. F.; ARAÚJO, E. J.; GONTIJO, M. F. D. Efeitos da utilização de diferentes doses de cama de frango por dois anos consecutivos na condição química do solo e obtenção de matéria seca em *brachiaria brizantha* cv. Marandú. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE ANIMAIS, 1, 2009, Florianópolis. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2009. 1 CD-ROM.

RECALDE, K.M.G.; CARNEIRO, L.F.; MOITINHO, M.R.; KANEKO, F.H.; CARNEIRO, D.N.M.; PADOVAN, M.P. Mandioca em sucessão a plantas de cobertura sob bases agroecológicas no Mato Grosso do Sul. **Cadernos de Agroecologia**, v.9, n.4, nov. 2014.

RIBEIRO, D.O. **Cama de frango líquida**. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAuy8AB/efeito-adicao-diferentes-doses-cama-frango-nas-propriedades-quimicas-neossolo-quartzarenico>>. Acesso em: 16/04/2014.

RICCI, M.S.F. **A importância da matéria orgânica para o cafeeiro**. 2006. Disponível em: <http://www.cnpab.embrapa.br/publicacoes/artigos/mat_org_cafeeiro.html>. Acesso em: 20/01/2015.

RICHART, A.; GIBBERT, R.M.; MÜLLER, E.J. Perdas de nitrogênio por volatilização de amônio da cama de frango em função do manejo de aplicação em argissolo vermelho. **Synergismus Scientifica UTFPR**, Pato Branco, v.09, n.1, 2014. Disponível em: <<http://revistas.utfpr.edu.br>>. Acesso em: 12/01/2014.

RIMOLDI, F.; VIDIGAL FILHO, P. S.; VIDIGAL, M. C. G.; CLEMENTE, E.; PEQUENO, M. G.; MIRANDA, L.; KVITSCHAL, M. V. Produtividade, composição química e tempo de cozimento de variedades de mandioca de mesa coletadas no Estado do Paraná. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 28, n. 1, p. 63-69, jan./ mar. 2006.

RODRIGUES, G. O. et al. Quantidade de esterco bovino no desempenho agrônômico da rúcula (*Eruca sativa* L.). **Revista Caatinga**, v. 21, n. 1, p. 162-168, 2008.

RÓS, A.B.; HIRATA, A.C.S.; NARITA, N. Produção de raízes de mandioca e propriedades química e física do solo em função de adubação com esterco de galinha. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.43, n.3, jul./set. 2013.

ROSOLEM, C.A.; GUAGGIO, J.A.; SILVA, N.M. Algodão, amendoim e soja. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; RAIJ, B.V.; ABREU, C.A. (Eds.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFÓS, 2001. p.319-354.

SANTOS, D. R.; CASSOL, P. C.; KAMINSKI, J.; ANGHINONI, I. Fósforo orgânico do solo. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo-ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2.ed. Metrópole, Porto Alegre, 2008. p.65-82.

SANTOS, J.F. dos; BRITO, C.H. de; SANTOS, M. do C. C. A. dos. Avaliação da produção de batata-doce em função de níveis de adubação orgânica. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.32, n.4, p.663-666, 2010.

SCHERER, E. E.; NESI, C. N.; MASSOTTI, Z. Atributos químicos do solo influenciados por sucessivas aplicações de dejetos suínos em áreas agrícolas de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 4, p. 1375-1383, 2010.

SENGIK, E.S. **Os macronutrientes e os micronutrientes das plantas**. Versão 2003. Disponível em: <<http://www.nupel.uem.br/nutrientes-2003.pdf>>. Acesso em: 12/01/2014.

SEVERINO, L.S. et al. Crescimento e produtividade da mamoneira adubada com macronutrientes e micronutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.4, p.563-568, 2006.

SILVA, A. de A.; COSTA, A.M. da; LANA, R.M.Q.; LANA, A.M.Q. Absorção de micronutrientes em pastagem *Brachiaria decumbens*, após aplicação de cama de peru e fontes minerais na fertilização. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 1, p. 41-48, jan./feb. 2011.

SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C.A.V. de. Principal Components Analysis in the Software Assisat-Statistical Attendance. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, 2009, [s.n.]. **Anais...** Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SILVA, J. A. da et al. Rendimento do inhame adubado com esterco bovino e biofertilizante no solo e na folha. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 3, p. 253-257, 2012.

SODRÉ, A.C.B.; HABER, L.L.; LUZ, J.M.Q.; MARQUES, M.O.M.; RODRIGUES, C.R. Adubação orgânica e mineral em melissa. **Horticultura Brasileira**, v.31, n.1, p.147-152, jan./mar. 2007.

SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E. **Cerrado correção do solo e adubação**. 2.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.

SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E.; REIN, R.A. Adubação com fósforo. In: SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2.ed. Brasília: Embrapa, 2004. p.147-168.

SOUZA, J.M.L. de; ÁLVARES, V. de S.; LEITE, F.M.N.; REIS, F.S.; FELISBERTO, F.Á.V. Caracterização físico-química de farinhas de mandioca oriundas do município de Cruzeiro do Sul – Acre. **Exatas Terra, Ciências Agrônômicas Engenharia**, v.14, n.1, p.43-49, abr. 2008.

VANIN, A. **Perda de nitrogênio por volatilização de amônia proveniente da aplicação superficial de resíduos**. 2010. 56f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade de Rio Verde, Rio Verde, 2010.

VIEIRA, M. C.; CASALI, V. W. D.; CARDOSO, A. A.; MOSQUIM, P. R. Crescimento e produção de mandioquinha-salsa em função da adubação fosfatada e da utilização da cama-de-aviário. **Horticultura Brasileira**, v. 16, n. 1, p. 68-72, 1998.

CAPÍTULO 2

UTILIZAÇÃO DE CAMA DE FRANGO NA CULTURA DA MANDIOCA EM SOLO ARGILOSO

RESUMO

O uso da cama de frango para adubação de cultura tem sido uma alternativa para a redução do custo da produção, principalmente por ofertar à cultura os nutrientes necessários para o seu desenvolvimento. Assim, com o objetivo de avaliar o estado nutricional da planta de mandioca, crescimento e produtividade com a aplicação de cama de frango, comparada com adubação mineral em solo argiloso, instalou-se na área experimental da UniRV - Universidade de Rio Verde, localizada na Fazenda Fontes do Saber, município de Rio Verde-GO. O plantio de manivas, que foi realizado no dia 25 de outubro de 2012. Anteriormente nesta área foi cultivada a soja. O delineamento utilizado foi esquema fatorial hierárquico (2 x 3 + 2) com 4 repetições, em blocos casualizados, totalizando 32 parcelas experimentais. Cada parcela foi composta por 05 linhas com espaçamento de 1m com 10 metros de comprimento. O espaçamento utilizado foi de 1m x 1m entre linhas e plantas, sendo que o número de manivas plantadas por linha foram 10, totalizando 50 por parcela. Utilizou-se 8 tratamentos (T1 – Controle); T2 – 1 t ha⁻¹ de cama de frango; T3- 2 t ha⁻¹ de cama de frango; T4 - 4 t ha⁻¹ de cama de frango; T5 - 225 kg ha⁻¹ de NPK 05-25-15; T6 - 450 kg ha⁻¹ de NPK 05-25-15; T7 - 675 kg ha⁻¹ de NPK 05-25-15; e T8 – 2 t de cama de frango + 450 kg ha⁻¹ NPK 05-25-15, com 4 repetições. As características avaliadas foram: altura de plantas, teor foliar de macronutrientes (N, P, K, Ca; Mg e S) e micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn), produtividade e avaliação da qualidade de raízes. Como resultados, observou-se que o uso dos tratamentos orgânico e mineral em solos argilosos não aumentaram a produtividade de raízes de mandioca. O solo utilizado para o plantio da mandioca era um solo argiloso com fertilidade corrigida o que não favoreceu uma resposta significativa para os tratamentos (orgânico e mineral).

Palavras-chave: *Manihot esculenta* Crantz, adubo orgânico, adubação mineral.

CHAPTER 2

THE USE OF POULTRY LITTER ON CASSAVA CULTIVATION IN CLAY SOIL

ABSTRACT

The use of poultry litter for agriculture fertilization has been an alternative for reducing the cost of production, primarily by giving to crop the nutrients needed for their development. In order to assess the nutritional status of the cassava plant, growth and productivity with application of poultry litter, compared with mineral fertilizer in clay soil, this experiment was settled in the experimental area of UniRV-Universidade de Rio Verde, located on a Farm named Fonte do Saber, country of Rio Verde-GO. The planting of stem cuttings, was realized on October 25, 2012. Previously soybeans cultivated this area. The model used was hierarchical factorial scheme (2 x 3 + 2) with 4 repetitions, with randomized blocks, summing 32 experimental plots. Each plot was composed by 05 rows with spacing of 1 m by 10 m in length. The spacing used was 1 m x 1 m between plants and lines, and the number of stem cuttings planted per row were 10 summing 50 per plot. Eight treatments were installed (T1-control); T2- 1 t ha⁻¹ of poultry litter; T3- 2 t ha⁻¹ of poultry litter; T4- 4 t ha⁻¹ of poultry litter; T5- 225 kg ha⁻¹ of NPK 5:25:15; T6- 450 kg ha⁻¹ of NPK 5:25:15; T7- 675 kg ha⁻¹ of NPK 5:25:15; and T8- 2 t of poultry litter + 450 kg ha⁻¹ 5:25:15 of NPK, with 4 repetitions. The parameters evaluated were plant height, leaf content of macronutrients (N, P, K, Ca; Mg and S) and micronutrients (Cu, Fe, Mn and Zn), productivity and quality of roots. As a result it was observed that the use of organic and mineral treatments in clay soils have not increased the productivity of cassava roots. The soil used for the planting of cassava was a clay soil with fertility corrected that did not favour a significant response to the treatments (organic and mineral).

Keywords for this page: *Manihot esculenta* Crantz, Organic fertilization, Mineral fertilization.

1 INTRODUÇÃO

A avicultura de corte tem gerado uma grande quantidade de resíduos. Estes por sua vez, ao serem bem manejados têm possibilitado uma fonte de renda e agregação de valor à atividade. Para ocorrer essa interação é importante que seja adotado um modelo de produção sustentável, que ao ser implantado não venha prejudicar o ambiente com a sua contaminação (ANGONESE et al., 2006). O uso de compostos orgânicos como fertilizantes vem se apresentando como uma alternativa promissora capaz de reduzir as quantidades de fertilizantes químicos (ALMEIDA et al., 1982).

Na Região Centro-Oeste, em especial no município de Rio Verde-GO, encontram-se uma grande quantidade de granjas, por isso a necessidade de utilizar a cama de frango como fertilizante em diferentes culturas. Em estudo realizado em Rio Verde, entre os anos de 2001 e 2003, observou-se que a aplicação de cama de frango foi superior quando associada com adubação química na cultura do milho. A aplicação de 3,6 t ha⁻¹ de cama de frango foi eficiente e 36% mais econômica do que a adubação química. Esse adubo orgânico é rico em nutrientes comercialmente encontrados a custos elevados. A cada tonelada de cama é possível encontrar 30 kg de nitrogênio e um pH próximo a 8,2 (KONZEN, 2003).

O uso da cama de frango como fertilizante, além de proporcionar ótimos resultados em produção, melhora as características físicas e químicas do solo, favorece culturas subsequentes, contribuem com a menor poluição do ambiente (PEDROSA; SOUZA, 2008). A cama de aviário, de acordo com Alves (1991) é um produto da mistura de excrementos de aves, penas, fragmentos de material sólido e orgânico utilizado sobre o piso dos aviários, acrescidos da ração, que, mesmo sob condições adequadas de manejo, são desperdiçados dos comedouros.

Konzen (2003) ainda acrescenta que a cama de aves pode constituir fertilizantes eficientes na produção de grãos e de pastagem, desde que precedidos dos ativos ambientais que assegurem a proteção do meio ambiente, antes de sua reciclagem. Os esterco de galinha são considerados mais ricos em nutrientes que os de outros animais criados em larga escala. São mais secos, contendo 5 a 15% de água, contra 65 a 85% nos demais animais (KIEHL, 2010).

Para o cultivo da mandioca é observado que a resposta em produtividade vai depender das condições do solo. Quando cultivada em solos com fertilidade média a alta, geralmente há pouca ou nenhuma resposta à adubação, ao passo que, em solos com baixa fertilidade, a

cultura apresenta incremento de produtividade, quando há o uso de fertilizantes (LORENZI, 2003).

No entanto, para Souza e Fialho (2003), independentemente da resposta da cultura à adubação, sempre é necessário que se proceda à reposição dos nutrientes, de maneira a manter os teores do solo dentro dos níveis recomendados. Kiehl (2010) ressalta que, ao somar-se o total de nitrogênio, fósforo e potássio contido no esterco das aves comparado com os mamíferos, é verificado que o esterco de aves é duas a três vezes mais concentrado em nutrientes.

O ganho de produtividade de culturas, em função da adição de esterco ao solo, está, frequentemente, relacionado a melhoras nas propriedades químicas e físicas deste recurso. Dentre os benefícios promovidos nas propriedades químicas, a adição de fertilizantes orgânicos pode melhorar a fertilidade do solo pela elevação de pH, com consequente aumento na capacidade de troca catiônica, e pela liberação de nutrientes (MENEZES; SILVA 2008; PIRES et al., 2008), embora Rós et al. (2013) afirmem que a elevação do pH ocorre, geralmente, quando há aplicação contínua de adubo orgânico.

Devido a isso, o trabalho teve como objetivo avaliar o estado nutricional da planta de mandioca, crescimento das plantas, produtividade e qualidade de raízes, com a aplicação de cama de frango, comparada com adubação mineral em solo argiloso.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi implantado no período de outubro de 2012 a maio de 2013, na área experimental da UniRV - Universidade de Rio Verde, localizada na Fazenda Fontes do Saber, município de Rio Verde-GO, coordenadas 17° 14' 53" de latitude Sul, 50° 55' 14" de longitude Oeste e altitude 760 m, em um Latossolo Vermelho distroférico de textura argilosa, com precipitações pluviométricas médias de 1.500mm (COMIGO, 2013). O solo foi cultivado anteriormente com a cultura da soja, com a aplicação de adubação mineral.

Antes da instalação do experimento, foi realizada coleta de amostras de solo na camada de 0-20 cm de profundidade, a fim de caracterizar a área experimental (Tabela 21).

Utilizou-se para o plantio a variedade Vassourinha. As manivas (ramo da mandioca entre as gemas) foram selecionadas aleatoriamente, a partir de roçadas de plantações. As

manivas variaram de 10 a 15 cm de comprimento, cada uma contendo de 4 a 6 gemas, foram cortadas com auxílio de facão tomando-se o cuidado de não danificar as gemas.

O calcário foi aplicado antes do plantio, a lanço, na superfície do solo, e em seguida, incorporado. Posteriormente, realizou-se o plantio de manivas no dia 25 de outubro de 2012. A área foi gradeada e nivelada com um trator MF 290 equipado com uma grade de 8 discos antes do plantio, sendo feito três cortes com a grade, dois cortes com niveladora e distribuídos os tratamentos minerais e orgânicos, conforme os resultados da análise de solo.

Tabela 21. Resultados da análise do solo da área experimental, em solo argiloso

Profundidade (cm)	pH	Al	H + Al	Ca	Mg	K	K	P Mel
		----- cmolc dm⁻³ -----					----- mg dm⁻³ -----	
0-20	4,41	0,30	6,4	1,45	0,55	0,37	144	11,73

Cu	Fe	Mn	Zn	MO	areia	silte	argila
	----- mg dm⁻³ -----				----- g kg⁻¹ -----		
4,7	71,6	77,9	4,5	52,74	420	110	470

Micronutriente, P e K extraídos por Mehlich 1, métodos baseados nas metodologias desenvolvidas pela Embrapa (1997).

O experimento consistiu em 8 tratamentos (Tabela 7) com 4 repetições, em esquema fatorial hierárquico (2 x 3 + 2), totalizando 32 parcelas experimentais. Cada parcela era composta por 5 linhas com espaçamento de 1 m com 10 metros de comprimento, totalizando uma área útil de 50 m². A aplicação dos tratamentos orgânico, cama de frango, foram realizados no dia do plantio a lanço. Enquanto que os tratamentos minerais (NPK) foram aplicados no sulco de plantio (na linha de semeadura).

Tabela 22. Tratamentos utilizados no ensaio realizado na área experimental da UniRV - Universidade de Rio Verde, município de Rio Verde-GO

Tratamentos	Adubo	Doses
1	Controle	0
2	Cama de frango	1 t ha ⁻¹
3	Cama de frango	2 t ha ⁻¹
4	Cama de frango	4 t ha ⁻¹
5	NPK 05-25-15	225 kg ha ⁻¹
6	NPK 05-25-15	450 kg ha ⁻¹
7	NPK 05-25-15	675 kg ha ⁻¹
8	Cama de frango + NPK 05-25-15	2 t ha ⁻¹ + 450 kg ha ⁻¹

A cama de frango foi analisada quimicamente no Laboratório de Análises de Solos, Folhas e Resíduos Orgânicos da UniRV (Tabela 23).

Tabela 23. Resultados da análise química da cama de frango aplicada na área experimental de Rio Verde-GO na safra 2012/2013

N	P	K	Ca	Mg	S(SO₄)
----- dag kg ⁻¹ -----					
2,49	1,27	2,39	1,45	0,20	0,19
Fe	Mn	Cu	Zn		
----- mg kg ⁻¹ -----					
2.363,0	421,5	48,3	912,5		

O espaçamento utilizado foi de 1 x 1 entre linhas e plantas, sendo que o número de manivas plantadas por linha foram 10, totalizando 50 manivas por parcela. A área cultivada não foi irrigada e realizou-se o controle de plantas daninhas por meio de capinas manuais a cada 20 dias. Não ocorreu a aplicação de nenhum tipo de produto químico no decorrer do cultivo.

As características avaliadas foram:

a) altura de plantas, realizada em 4 épocas, com o uso da trena, aos 86, 125, 156 e 192 dias após o plantio, para cada época foram separadas aleatoriamente quatro plantas por parcela, e em sequência obtendo a média por parcela;

b) teor foliar de macronutrientes (N, P, K, Ca; Mg e S) e micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn) (Tabela 24). Para realizar a amostragem utilizou-se a metodologia citada por Oliveira (2004) em que se coletou 30 folhas por parcela, aleatoriamente, uma por planta, a mais homogeneia possível, aproximando dos 4 meses de idade (09/03/2013), sendo colhida a primeira folha recém-madura. Após a coleta das amostras, foram levadas para o laboratório onde as folhas foram lavadas com água destilada, secas com papel toalha e acondicionadas em sacos de papel identificado. Na sequência, foram levados à estufa de 65°C até atingir a temperatura constante (\pm 72 horas). A moagem foi realizada em moinho de rotor vertical (tipo Willey) e o material vegetal passou por uma peneira de 2 mm e acondicionado em recipiente seco e identificado. Após essa etapa, os materiais foram avaliados de acordo com a metodologia específica para cada nutriente.

Os teores foliares obtidos foram comparados com os seus respectivos níveis críticos (Tabela 24).

c) produtividade de raiz: arrancaram-se aos 09 de maio de 2013 (aproximadamente 197 dias após o plantio), as amostras de plantas e raízes frescas de mandioca foram obtidas em uma área útil de 5 m², aleatoriamente. As produtividades foram transformadas em t ha⁻¹ de raízes.

Tabela 24. Concentrações adequadas de macronutrientes e micronutrientes para a cultura da mandioca

N	P	K	Ca	Mg	S
	----- g kg ⁻¹ -----				
45-60	2,5-5,0	10-20	5-15	2,0-5,0	3,0-4,0
B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
	----- mg kg ⁻¹ -----				
15-50	5-25	60-200	25-100	0,1-0,2	35-100

Fonte: Oliveira (2004).

d) teores residuais dos nutrientes do solo, após a colheita, realizou-se a amostragem do solo, aleatoriamente, nas 32 parcelas. Em seguida, essa foi encaminhada ao laboratório para realizar a análise dos macros e micronutrientes presentes no solo.

e) Análise química de raízes: as amostras de raízes foram identificadas, separadas e levadas à estufa com circulação de ar forçada, em seguida, foram moídas no moinho tipo Willey e posteriormente, foram acondicionadas em sacos de papéis para avaliar o teor de pH de raiz, proteína bruta e cinza; e em latas de alumínio sem moer as amostras para avaliar a massa seca.

No dia 18/02/2013, houve uma chuva de granizo em que perfurou as folhas da mandioca, e em decorrência das condições climáticas, ocasionou-se a doença bacteriose, o que limitou o desenvolvimento da planta. Em virtude dessa doença realizou-se a colheita, no dia 09/05/2014, antes do prazo previsto.

Os resultados obtidos em todas as características foram submetidos a análise de variância e, posteriormente, havendo significância, ao teste de comparação de médias Dunnett a 5% de probabilidade e análise de regressão, utilizando o software ASSISTAT (SILVA; AZEVEDO, 2009).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As quantidades de nutrientes fornecidos pelos tratamentos estão relacionadas na Tabela 25 e serão discutidos no decorrer das análises dos resultados.

Tabela 25. Nutrientes fornecidos pelos tratamentos utilizado em solo argiloso

Adubações	Doses	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
		kg ha ⁻¹		
Cama de frango ¹	1	24,9	29,1	28,68
	2	49,80	58,2	57,36
	4	99,6	116,3	114,76
Cama de frango (t ha ⁻¹) + NPK 05-25-15 (kg ha ⁻¹)	2 + 450	72,4	170,7	125
NPK 05-25-15	225	11,3	56,3	33,8
	450	22,6	112,5	67,6
	675	33,9	168,9	101,4

¹ 3,5% de N; 4,35 % de P e 2,75 de K

Índices de eficiência dos nutrientes no solo (Fontes et al., 1999) f= 0,5 para N; 0,8 para P e 1,0 para K.

A análise de variância para altura de plantas apresentada na tabela 26 revela que não houve interação significativa entre as alturas em cada avaliação e tratamentos utilizados com cama de frango (Tabela 27).

Diferente dos resultados apresentados nesse experimento no qual não houve diferença significativa para os tratamentos e época de avaliação, Sodré et al. (2007) observaram diferença significativa para a característica altura de plantas quando compararam adubações orgânicas e minerais, em que a maior altura foi identificada quando se utilizou a adubação orgânica. Justificam-se os resultados obtidos para a característica altura de plantas na cultura da mandioca em função do solo estar suprido de nutrientes, por isso não apresentou diferença significativa para a característica altura de plantas.

Conforme ressalta Miura et al. (1990), as lesões necróticas nas hastes, com ou sem exsudação de goma, murcha de folha, desfolhamento parcial e morte dos brotos apicais, proporcionou a resposta quadrática para esta característica altura de plantas.

Pela análise de variância referente aos teores foliares dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) da cultura da mandioca, verificou-se que houve diferença significativa para os teores de K e S em função dos tratamentos (Tabela 28).

Tabela 26. Resumo da análise de variância da característica altura de plantas (cm) aos 86 (época 1), 125 (época 2), 156 (época 3) e 192 (época 4) dias após o plantio, em função dos tratamentos em solo argiloso

Fontes de Variação	Quadrados Médios				
	GL	Época 1	Época 2	Época 3	Época 4
Aubos	1	0,003	0,004	0,016	0,005
Doses (Aubos)	4	2,0x10 ⁻⁴	0,002	0,007	0,025
Controle vs NPK 450kg ha ⁻¹ + cama de frango 2 t ha ⁻¹	1	0,000	0,000	0,000	0,000
Trat vs Cont e NPK 450kg ha ⁻¹ + cama de frango 2 t ha ⁻¹	1	0,006	0,006	0,003	0,117
CV%		8,53	4,59	6,06	11,95

** : significativo a 1% (Teste F), * : significativo a 5% (Teste F) e CV% : coeficiente de variação.

TABELA 27 - Altura média de plantas de mandioca aos 86 (época 1), 125 (época 2), 156 (época 3) e 192 (época 4) dias após o plantio, em função dos tratamentos em solo argiloso

Aubos	Altura (m) aos 86 dias (Época 1)				Altura (m) aos 125 dias (Época 2)				Altura (m) aos 156 dias (Época 3)				Altura (m) aos 192 dias (Época 4)			
	1	2	4	Média	1	2	4	Média	1	2	4	Média	1	2	4	Média
Cama de frango (t ha ⁻¹)	0,61	0,61	0,60	0,61a	1,11	1,17	1,14	1,14a	1,34	1,27	1,25	1,29a	1,33	1,20	1,16	1,23a
NPK 05-25-15 (kg ha ⁻¹)	225	450	675		225	450	675		225	450	675		225	450	675	
	0,59	0,58	0,58	0,58a	1,12	1,13	1,10	1,12a	1,27	1,20	1,23	1,23a	1,24	1,12	1,24	1,20a
Controle				0,59				1,09				1,29				1,27
NPK450 kg ha ⁻¹ + cama de frango 2 t ha ⁻¹				0,63				1,12				1,26				1,05

Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si, significativamente, pelo teste F a 5% de probabilidade.

Para o teor foliar de N na cultura da mandioca, verificou-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos. Os demais tratamentos alcançaram valores que variaram entre 46,4 a 49,7 g kg⁻¹. Com exceção da interação NPK450 kg ha⁻¹ + cama de frango 2 t ha⁻¹ (41,8 g kg⁻¹) (Tabela 29). De acordo com Sousa e Lobato (2004), os valores adequados para a cultura da mandioca são de 45-60 g kg⁻¹, podendo aferir que tanto o tratamento orgânico quanto o mineral proporcionaram teores adequados para N.

Diniz et al. (2002) ressaltam que, com o plantio de leguminosas, a decomposição dos resíduos e a liberação de nutrientes é mais rápida se comparada a sistemas com o plantio de gramíneas. Quando é utilizada uma leguminosa como adubação verde, uma das vantagens em relação às não-leguminosas é o aporte de N fixado biologicamente, favorecendo a sua disponibilidade para a próxima cultura e, como a mandioca é uma cultura exigente neste elemento, o seu plantio em sucessão às leguminosas pode favorecer o rendimento de raízes.

Os teores de P na cultura da mandioca não diferiram significativamente (Tabela 29), porém não apresentaram conformidade aos teores indicados por Sousa e Lobato (2004) de 2,5 a 5,0 g kg⁻¹. No entanto, observou-se que, mesmo aplicando um teor de P₂O₅ na dose de 4 t ha⁻¹ de cama de frango, acima do recomendado (80 kg ha⁻¹), não favoreceu os teores necessários para a respectiva cultura (Tabela 25). Esses resultados se justificam porque a mineralização de fósforo no solo foi lenta, o que ocasionou baixa absorção do P disponível às plantas.

Para manter o teor de P na solução do solo, é preciso que o fósforo presente na matéria orgânica seja mineralizado, ou os íons de fosfato adsorvidos sejam liberados dos compostos sólidos do solo. Qualquer P que possa fazer parte da solução do solo dentro de um curto período até poucas semanas e, portanto, capaz de manter constante o equilíbrio de P da solução do solo é considerado disponível para as plantas e denominado de P lábil (ALMEIDA, 2014).

Segundo Trindade et al. (2010), o fósforo é o macronutriente que possui menor mobilidade dentre os demais elementos do solo, sendo esta pouca mobilidade resultado da sua adsorção aos colóides do solo, principalmente, aqueles que têm, em sua composição, ferro, alumínio e cálcio. A adsorção e a disponibilidade desse nutriente às plantas, além do teor de cátions do solo estão correlacionadas com o teor de matéria orgânica, pH e grau de intemperização dos solos.

Devido ao fósforo ser um dos nutrientes mais absorvido pela cultura da mandioca por favorecer na sua produção, considera-se que sua baixa disponibilidade, na maioria dos solos, entre 2 a 3 mg dm⁻³, que a mandioca exige pelo menos 7 a 10 mg dm⁻³ de P₂O₅ no solo. O

solo nesse experimento tinha $11,7 \text{ mg dm}^{-3}$ de P_2O_5 e a cama de frango com 4 t ha^{-1} forneceu $116,32 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 acima das recomendações apresentadas na literatura. Silva et al. (2014), indicaram uma recomendação de P_2O_5 com pelo menos 60 kg ha^{-1} , possivelmente o adubo orgânico, além de (propiciar) outras melhorias na fertilidade do solo, pode ter disponibilizado maior liberação desse nutriente do solo para as plantas.

A adição de fertilizantes fosfatados no solo, orgânicos ou inorgânicos, incrementa o teor de P na solução do solo, assim como a liberação de P orgânico pelos compostos orgânicos do solo e a mineralização do P orgânico em P inorgânico pela ação de microrganismos. Mas esse aumento do P na solução do solo ocorre por um curto período, pois o P solúvel, que não é absorvido pelas plantas ou imobilizado na biomassa microbiana, passa rapidamente para a fase sólida por um processo de adsorção (GONÇALVES; MEURER, 2009).

Santos et al. (2001), ao estudarem o efeito da adubação orgânica no solo, verificaram que a sua mineralização aumentou os teores de bases trocáveis, teor de fósforo e a capacidade de troca de cátions. Além disso, ocorreu uma liberação contínua de nitrogênio, ajustando-se melhor às necessidades da planta que o fornecimento de adubos solúveis. O fornecimento mais equilibrado de nutriente, proporcionado pela matéria orgânica, pode ter efeito benéfico na resistência das plantas. A matéria orgânica, além de fornecer nutrientes para as plantas, apresenta outras vantagens no aumento do volume de espaços poroso no solo e melhor agregação de partículas.

Souza e Souza (2002) apresentam que um cultivo de mandioca para produzir $20,9 \text{ t}$ de raízes por hectare, consome quantidades maiores de nitrogênio, fósforo e potássio que culturas exigentes de adubação, como o milho, para uma produção média de $3,9 \text{ t ha}^{-1}$, o que mostra sua grande capacidade de extrair nutrientes do solo, mesmo onde existe em poucas quantidades, como ocorre nos solos onde é normalmente cultivada, o que a caracteriza como um cultivo esgotante pela grande quantidade que os extrai.

Para que o material orgânico adicionado ao solo possa fornecer nutrientes às plantas, é preciso que ele seja decomposto pelos microrganismos do solo, e que os nutrientes retidos em suas estruturas orgânicas sejam liberados (mineralizados). Esse processo de mineralização é influenciado por características do material orgânico e pelas condições ambientais de temperatura, umidade, aeração e acidez (CORREIA; ANDRADE, 1999).

Tabela 28. Resumo da análise de variância da avaliação nutricional dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S das folhas da cultura da mandioca em função dos tratamentos, em solo argiloso

Fonte de Variação	Quadrados Médios						
	GL	N	P	K	Ca	Mg	S
Adbos	1	0,017	0,001	4×10^{-6}	0,059	0,002	0,004
Doses (Adbos)	4	0,097	0,001	0,012	0,086	0,006	0,004*
Controle vs NPK 450kg ha ⁻¹ + cama de frango 2 t ha ⁻¹	1	0,387	0,000	0,002	0,010	0,007	0,000
Trat vs Cont e NPK 450kg ha ⁻¹ + cama de frango 2t ha ⁻¹	1	0,792	$4,6 \times 10^{-4}$	0,086*	0,005	0,006	0,001
CV%		10,86	10,76	6,47	27,07	24,46	19,40

**: significativo a 1% (Teste F), *: significativo a 5% (Teste F) e C.V: coeficiente de variação.

Tabela 29. Teores foliares de N, P, K, Ca, Mg e S da cultura da mandioca em função dos tratamentos, em solo argiloso

Adbos	N (g kg ⁻¹)				P (g kg ⁻¹)				K (g kg ⁻¹)				Ca (g kg ⁻¹)				Mg (g kg ⁻¹)				S (g kg ⁻¹)			
	1	2	4	Média	1	2	4	Média	1	2	4	Média	1	2	4	Média	1	2	4	Média	1	2	4	Média
Cama de Frango (t ha ⁻¹)	49,7	46,4	47,6	47,9a	1,9	2,1	2,2	2,1a	19,0	19,2	18,1	18,8a	11,1	12,6	12,8	12,2a	2,7	2,9	2,2	2,6a	1,4	2,0	2,1	1,8a
NPK 05-25-15 (kg ha ⁻¹)	225	450	675		225	450	675		225	450	675		225	450	675		225	450	675		225	450	675	
	46,6	49,0	46,4	47,3a	2,2	2,2	2,2	2,2a	18,7	18,3	19,4*	18,8a	12,4	9,1	12,0	11,2a	2,6	2,0	2,7	2,4a	2,3	2,1	1,9	2,1a
Controle	46,2				2,2				17,7				11,7				2,5							
NPK450 kg ha ⁻¹ + Cama de Frango 2 t ha ⁻¹	41,8				2,2				17,4				11,0				1,9							

Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si, significativamente, pelo teste F a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por * diferem significativamente do controle, pelo teste Dunett a 5% de probabilidade.

Os teores foliares de K na cultura da mandioca em função dos tratamentos utilizados com cama de frango diferiram significativamente do controle pelo teste de Dunett a 5% de probabilidade para o tratamento NPK 05-25-15 com 675 kg ha⁻¹ (19,4 g kg⁻¹) (Tabela 29). No entanto, os demais tratamentos e o controle apresentaram teores adequados nas folhas de mandioca, conforme informa Sousa e Lobato (2004), que devem apresentar 10 a 20 g kg⁻¹. Segundo Raij (2011), a maior parte do potássio é absorvida pela planta durante a fase de crescimento, o que justifica os resultados obtidos nas folhas de mandioca.

Os teores foliares de Ca nas plantas de mandioca não apresentaram diferenças significativas (Tabela 29). No entanto, os resultados variaram entre 9,1 a 12,8 g kg⁻¹ de cálcio, estando, portanto, em conformidade com os encontrados por Sousa e Lobato (2004) que apresentaram valores entre 5 a 15 g kg⁻¹ para a nutrição ideal de Ca na cultura da mandioca. Mantinez, Carvalho e Souza (1999) e Raij (2011) estabeleceram o nível crítico de Ca nas folhas da cultura da mandioca entre 7,5 e 8,5 g kg⁻¹ e 5,0 e 15 g kg⁻¹, respectivamente, aos três e quatro meses de idade. Diferente dos encontrados neste experimento, que foram de 9,1 a 12,8 (450 kg ha⁻¹ de NPK 05-25-15 e 4 t ha⁻¹ de cama de frango) em que apresentaram teores ideais.

Os teores de Mg nas folhas de mandioca não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos. Os teores variaram entre 1,9 a 2,9 g kg⁻¹, identificando que a interação NPK450 kg ha⁻¹ + cama de frango 2t ha⁻¹ foi o tratamento que não atingiu o teor ideal para a respectiva cultura (Tabela 29). Os demais tratamentos estão de acordo com os níveis adequados apresentados por Sousa e Lobato (2004) que devem compreender teores de 2,0 a 5,0 g ha⁻¹ para a cultura da mandioca.

Os teores de S verificados no experimento não apresentaram teores adequados para a cultura da mandioca (Tabela 29). Sousa e Lobato (2004) relatam que os teores devem compreender entre 3 a 4 g kg⁻¹, verificando que houve diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de F a 5% de probabilidade.

O fornecimento de S foi abaixo do adequado 4 t ha⁻¹ de cama de frango forneceu 7,6 kg ha⁻¹ de S e o recomendado seria 20-30 kg ha⁻¹ e a formulação 05-25-15 forneceu pouco S pois o 25% de P₂O₅ vem a maior parte do superfosfato triplo que contém menos que 1% de S.

O enxofre é considerado um macronutriente na nutrição de plantas, pois é absorvido pelas plantas em quantidades elevadas. Se o teor de sulfato disponível no solo for elevado, uma planta, por menos exigente que seja, poderá absorver esse nutriente em quantidades maiores que o necessário. No entanto, sua falta limita o crescimento e o desenvolvimento vegetal (ALVAREZ et al., 2004).

A deficiência de enxofre nas folhas de mandioca ocorreu em função da falta de enxofre no solo. Segundo Santos et al. (2001), os adubos orgânicos, quando adicionados ao solo, de acordo com o grau de decomposição de seus resíduos podem apresentar efeito imediato ou efeito residual, por meio de um processo mais lento de composição e liberação de nutrientes. O que justifica a deficiência de enxofre nas folhas de mandioca.

Os teores foliares de S na cultura da mandioca foram influenciados pelas doses de NPK 05-25-15, na dose de 225 kg ha⁻¹, observou-se uma resposta quadrática que resultou em maior teor foliar (2,3 dag kg⁻¹) (Figura 6A). Mesmo obtendo uma resposta de 2,3 dag kg⁻¹ de S nas plantas de mandioca, este não foi suficiente para produzir teores adequados de S na referida cultura, justificando que o nutriente não foi disponibilizado suficientemente para a cultura.

Segundo Cavalcanti (1998), a eficiência de fertilizantes orgânicos depende de alguns fatores que devem ser considerados, sendo eles qualidade e quantidade de aplicação, épocas e condições de utilização, métodos de aplicação, adequabilidade aos sistemas agrícolas e custo relativo de utilização. O mais importante é que esses ao serem adicionados ao solo têm como objetivo contribuir para manter ou elevar o equilíbrio húmico dos solos.

Verifica-se que os teores foliares de S em função das doses de cama de frango que houve efeito significativo entre as doses. No entanto, não foi possível ajustar a um modelo de regressão, o que significa que não há tendência lógica no comportamento da característica em função das doses. Os dados sugerem que na dose de 4 t ha⁻¹ de cama de frango foi a que apresentou maior teor de S (2,1 g kg⁻¹) (Figura 6B).

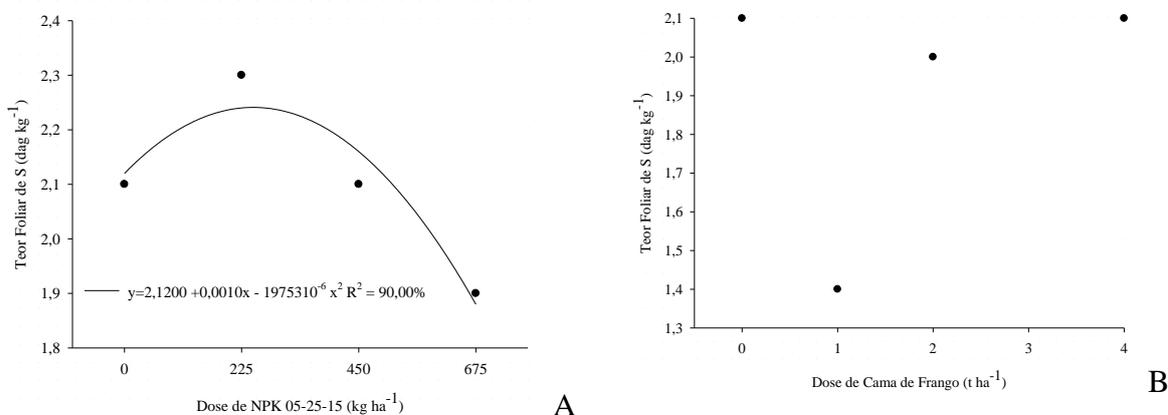


Figura 6. Teor foliar de S em função das doses de NPK 05-25-15 (A) e em função das doses de cama de frango (B).

A cama de frango pode ser usada como fonte de N (nitrogênio), P (fósforo), K (potássio), Ca (cálcio), Mg (magnésio) e micronutrientes para as plantas, aumentando o teor de matéria orgânica no solo, além de auxiliar no controle de plantas daninhas e no manejo de nematóides parasitos de plantas. A maior parte do nitrogênio presente na cama de frango encontra-se na forma de ácido úrico, que pode ser rapidamente convertida em nitrogênio amoniacal (LIMA et al., 2014).

Pela análise de variância dos teores foliares dos micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn) na cultura da mandioca em função dos tratamentos verificou-se que houve diferença entre os tratamentos e as doses de cama de frango utilizado (Tabela 30).

Para o teor de Cu, verificou-se que houve resultado significativo entre o tratamento de cama de frango com 1 t ha^{-1} ($1,63 \text{ mg kg}^{-1}$) quando comparado com o controle ($3,88 \text{ mg kg}^{-1}$). No entanto, mesmo obtendo diferença entre os tratamentos, não se verificou diferença de Cu quando comparados aos teores recomendados por Sousa e Lobato (2004), que devem estar entre 5 a 25 mg kg^{-1} (Tabela 31). Segundo a Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato (Potafós, 1995) acrescenta que o Cu é necessário para a formação da clorofila nas plantas, catalisa vários processos no metabolismo vegetal e é necessário à promoção de diversas reações, apesar de, geralmente, não fazer parte do produto formado por essas reações.

Os teores foliares de Fe nas plantas de mandioca estavam baixo do adequado quando comparados com os teores apresentados por Sousa e Lobato (2004) que devem estar entre 60 a 200 mg kg^{-1} . Mesmo com diferença, todos os teores foliares de Fe estavam abaixo do adequado. Nesse experimento os maiores teores foram identificados nas plantas que receberam 4 t ha^{-1} de cama de frango ($50,20 \text{ mg kg}^{-1}$); NPK 05-25-15 (225 kg ha^{-1}), que apresentou $47,44 \text{ mg kg}^{-1}$ e na interação NPK450 kg ha^{-1} + cama de frango 2 t ha^{-1} que obteve $49,34 \text{ mg kg}^{-1}$ (Tabela 31).

Verificou-se diferença significativa nos teores de Fe do tratamento 1 t ha^{-1} de cama de frango ($27,41 \text{ mg kg}^{-1}$) quando comparado com o teor foliar de ferro do controle ($52,80 \text{ mg kg}^{-1}$) e NPK 450 kg ha^{-1} + cama de frango 2 t ha^{-1} ($49,34 \text{ mg kg}^{-1}$) (Tabela 31). No entanto, a cama de frango não forneceu os micronutrientes adequadamente para à cultura da mandioca. Nesse experimento, nenhum tratamento promoveu teores de nutrientes suficientes para o desenvolvimento da planta.

Em experimento implantado por Santos (2013) que teve como objetivo modelar a absorção de nutrientes na mandioca submetida a doses de nitrogênio ao longo do ciclo produtivo, observou-se que apesar da competição entre N e Fe, o teor foliar de Fe na mandioca, ao longo das épocas de avaliação e nas doses de N até 60 kg ha^{-1} , encontra se

dentro dos limites considerados aceitáveis para seu desenvolvimento proposto por Raij (2011) e Sousa e Lobato (2004) que varia de 60 a 200 mg ha⁻¹.

Os teores de Mn no tecido vegetal variaram de 72,24 a 108,71 mg kg⁻¹ não apresentando diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 31). Observou-se que os teores foliares de Mn estiveram em conformidade com os obtidos por Sousa e Lobato (2004) que devem estar entre 25 a 100 mg kg⁻¹. O tratamento controle não proporcionou teores adequados, estando bem acima do recomendado. O solo de cerrado possui muito Mn, o que favoreceu alto teor deste micronutriente na cultura da mandioca.

Em estudos de Silva et al. (2011) relataram que os adubos orgânicos, além de fonte de micronutrientes, podem também aumentar a solubilidade dos nutrientes já existentes no solo através da sua decomposição por microorganismos, ou reduzir a concentração através da atividade iônica e da formação de complexos solúveis com ânions de ácidos orgânicos.

Ao analisar os teores de Zn nas folhas de mandioca, notou-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 31). Todos os teores de Zn encontrados não estiveram em conformidade com os valores apresentados por Sousa e Lobato (2004) entre 35 a 100 mg kg⁻¹.

Os teores foliares de Fe em função das doses de NPK 05-25-15, verificou-se que as respostas às doses foram inversas, pois quanto menor a dose de NPK, maiores foram os teores foliares de Fe. À medida que aumentaram as doses de NPK 05-25-15, houve diminuição no teor de Fe nas plantas de mandioca (Figura 7A).

Os teores foliares de Fe apresentaram diferença significativa com a aplicação de cama de frango. Entretanto, não foi possível ajustar ao modelo de regressão, o que significa que não houve tendência lógica no comportamento da característica em função das doses. Os dados sugerem que na dose de 4 t ha⁻¹ houve aumento Fe nas plantas de mandioca (Figura 7B). Verificou-se que o controle apresentou teores elevados de Fe. Esses dados mostram que o solo em que foi implantado o experimento era um solo com fertilidade corrigida. O solo de cerrado é rico em sesquióxidos de Fe, o que pode ter ocasionado essa resposta no tratamento controle.

Tabela 30. Resumo da análise de variância dos teores de Cu, Fe, Mn e Zn das folhas da cultura da mandioca sobre diferentes tratamentos, no município de Rio Verde-GO

Fonte de Variação	Quadrados Médios				
	GL	Cu	Fe	Mn	Zn
Adubos	1	0,076	189,563*	52,068	44,690
Doses (Adubos)	4	0,435	277,599**	296,270	66,704
Controle vs NPK 450kg ha ⁻¹ + cama de frango 2 t ha ⁻¹	1	3,251	23,978	2169,758*	12,625
Trat vs Cont e NPK 450kg ha ⁻¹ + cama de frango 2 t ha ⁻¹	1	6,536*	382,801**	286,005	1,063
CV%		39,46	14,42	24,90	21,66

** : significativo a 1% (Teste F), * : significativo a 5% (Teste F) e C.V: coeficiente de variação.

Tabela 31. Teor foliar de cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) (mg kg⁻¹) da cultura da mandioca em função dos tratamentos, em solo argiloso

Adubos	Cu (mg kg ⁻¹)				Fe (mg kg ⁻¹)				Mn (mg kg ⁻¹)				Zn (mg kg ⁻¹)			
	1	2	4	Média	1	2	4	Média	1	2	4	Média	1	2	4	Média
Cama de frango (t ha ⁻¹)	1,63*	2,34	2,45	2,14a	27,41* #	43,20	50,20	40,27a	79,64	89,13	91,68	86,82a	23,53	25,75	33,70	27,66a
	225	450	675		225	450	675		225	450	675		225	450	675	
NPK 05-25-15 (kg ha ⁻¹)	2,15	2,20	2,40	2,25a	47,44	45,99	44,25	45,89b	92,23	72,24	87,14	83,87a	30,29	28,26	32,61	30,39a
Controle				3,88				52,80				108,71				30,70
NPK450 kg ha ⁻¹ +Cama de Frango 2 t ha ⁻¹				2,60				49,34				75,78				28,19

Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si, significativamente, pelo teste F a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por *, diferem significativamente do controle e médias seguidas por # diferem significativamente do NPK+Cama de frango, pelo teste Dunett a 5% de probabilidade.

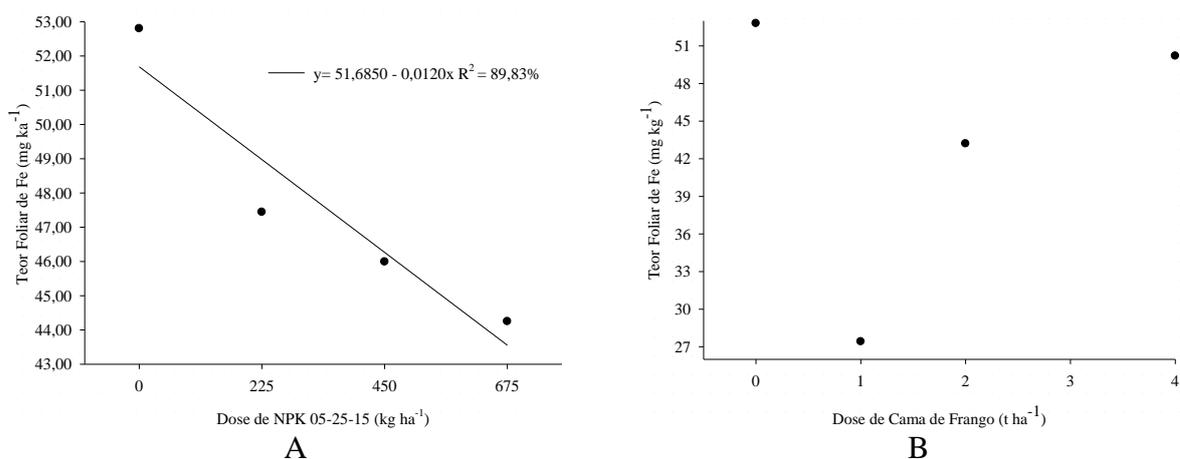


Figura 7. Teor foliar de Fe em função das doses de NPK 05-25-15 (A) e em função das doses de cama de frango (B)

Pelo resumo de variância das características produtividade de raízes frescas (kg ha⁻¹), pH, proteína bruta (PB), cinza e massa seca (MS), da cultura da mandioca em função dos diferentes tratamentos, observou-se que houve diferença significativa para a característica massa seca de raiz em relação a dose de adubo e o controle vs NPK 450 kg ha⁻¹ + cama de frango 2 t ha⁻¹ (Tabela 32).

Ao avaliar a produtividade da cultura da mandioca em função dos tratamentos utilizados, observou-se que não houve diferença significativa. A produtividade variou entre 15,25 kg ha⁻¹ (450 kg ha⁻¹ de NPK 05-25-15) a 21,75 kg ha⁻¹ (Controle) (Tabela 33). Em experimento realizado por Fialho et al. (2014) com o objetivo de verificar a influência da época de colheita na produtividade e tempo de cocção de raízes de mandioca de mesa, no município de Gama-DF, produziu 20,90 t ha⁻¹ com a mesma variedade utilizada neste experimento.

Em experimento desenvolvido por Padovan et al. (2013), com o objetivo de avaliar o desempenho de adubos verdes de primavera/verão e alguns efeitos sobre o desempenho da mandioca cultivada em sucessão no ano agrícola 2007/2008, em Latossolo Vermelho distroférico, textura muito argilosa, verificaram que a mandioca apresentou melhor rendimento de raízes quando cultivada após leguminosas, seja em monocultivo ou em arranjos com outras espécies, corroborando com a percepção dos atores locais que identificaram a melhor performance da mandioca sob os mesmos tratamentos.

Diferente desses resultados, Feltran et al. (2009), ao avaliarem o uso de adubação sobre a produtividade de raízes de mandioca, verificaram aumento na produção com o uso da

adubação com NPK, na proporção de 4,09 kg de raízes por kg de adubo, entretanto os resultados obtidos como uso de adubação orgânica foram melhores que os obtidos com uso de adubação química. Nesse experimento é possível justificar a produtividade alcançada devido ao pouco tempo do plantio, que se aproximou a 6 meses.

A adubação orgânica torna-se importante pelo fornecimento de nutrientes com a mineralização. Além disso, a adição de materiais orgânicos pode elevar o teor de matéria orgânica do solo, conseqüentemente, aumentando a CTC, retenção de água, além de melhorar a agregação física. Essa melhoria se torna ainda mais importante em solos com textura muito arenosa, em que a estrutura física natural é muito frágil. Talvez seja necessária a aplicação constante de cama de aviário para poder apresentar efeito na melhoria dos atributos químicos e físicos do solo (SILVA et al., 2013).

Silva et al. (2013) implantaram um experimento como o objetivo de observar o comportamento de variedades de mandioca submetidas a fertilização, nas comunidades dependentes de chuva em Petrolina-PE. Os resultados mostram que apesar do baixo índice pluviométrico no período (entre 209 e 747mm), a calagem e a fertilização com fósforo proporcionaram melhoria da fertilidade do solo e maiores produtividades das variedades testadas (entre 15 e 37 t ha⁻¹ de raízes).

Rós et al. (2013) relataram em seus experimentos que a resposta da mandioca à adubação depende das condições do solo, e, quando esta for cultivada em solos com alta ou média fertilidade, pode ocorrer pouca ou mesmo nenhuma resposta à adubação.

O uso de adubos e/ou corretivos é uma prática agrícola que aumenta significativamente o custo de produção, por isso identificar um adubo que não altere o custo de produção, no mercado atual, este adubo orgânico (cama de frango) é disponibilizado por R\$ 80,00 por tonelada. Enquanto que o adubo mineral possui um maior custo, R\$ 1.245 por tonelada, o que favoreceu para um aumento significativo no custo total da produção (Tabela 34).

Tabela 32. Resumo da análise de variância das características: produtividade de raízes frescas, pH, proteína bruta (PB), cinza e massa seca (MS) da raiz, da cultura da mandioca em função dos tratamentos

Fonte de Variação	Quadrados Médios					
	GL	Produtividade	pH Raiz	PB Raiz	Cinza	MS Raiz
Aubos	1	48,167	0,002	0,003	0,070	0,290
Doses (Aubos)	4	3,167	0,011	0,269	0,237	25,666**
Controle vs NPK 450kg ha ⁻¹ +cama de frango 2 t ha ⁻¹	1	2,000	0,002	0,235	0,228	19,594*
Trat vs Cont e NPK 450kg ha ⁻¹ +cama de frango 2 t ha ⁻¹	1	66,667	0,045	0,027	0,397	6,795
CV%		24,13	1,72	9,91	17,65	5,91

**.: significativo a 1% (Teste F), *.: significativo a 5% (Teste F) e C.V: coeficiente de variação.

Tabela 33. Produtividade de raízes frescas, pH da raiz, teor de proteína bruta, teor de cinzas, teor de massa seca de raízes da cultura da mandioca em função dos tratamentos, em solo argiloso

Aubos	Produtividade (t ha ⁻¹)				pH da raiz				Proteína Bruta (%)				Cinzas (%)				Massa Seca (%)			
	1	2	4	Média	1	2	4	Média	1	2	4	Média	1	2	4	Média	1	2	4	Média
Cama de frango (t ha ⁻¹)	19,25	19,25	19,50	19,33a	6,60	6,61	6,61	6,61a	3,69	3,49	3,76	3,65a	2,02	2,39	2,68	2,36a	40,84	35,55	35,09	37,16a
	225	450	675		225	450	675		225	450	675		225	450	675		225	450	675	
NPK 05-25-15 (kg ha ⁻¹)	16,50	15,25	17,75	16,50a	6,64	6,50	6,62	6,59a	3,90	3,83	3,28	3,67a	2,28	2,34	2,15	2,26a	35,25	37,07	38,50	36,94b
Controle				21,75				6,67				3,55				2,40				37,55
NPK450 kg ha ⁻¹ +cama de frango 2 t ha ⁻¹				20,75				6,70				3,90				2,74				34,42

Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si, significativamente, pelo teste F a 5% de probabilidade.

Tabela 34. Custo dos fertilizantes para a implantação da cultura da mandioca

Fertilizante	Dose	Preço (R\$)
Cama de frango	3,3 t ha ⁻¹	264,00
NPK 05-25-15	675 kg ha ⁻¹	840,37

Fonte: Informações de custos de fertilizante na Comigo⁵ e Avip⁶ (2015).

Ao avaliar o pH das raízes da mandioca, verificou-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos. Os teores variaram entre 6,50 (450 kg ha⁻¹ de NPK 05-25-15) a 6,70 (450 kg ha⁻¹ de NPK 05-25-15 + 2 t ha⁻¹ de cama de frango), o que favoreceu uma média de 6,62 (Tabela 33).

Os resultados serão comparados conforme os valores ideais apresentados na Tabela 35 para as respectivas características.

Tabela 35. Valores adequados do pH, da proteína bruta, cinzas e massa seca da raiz da mandioca

pH	Proteína bruta	Cinzas	Massa seca
		----- % -----	
6,5	1,3	2	34,96

Ao verificar as informações de Magaia (2011), o pH inicial das raízes de mandioca fresca encontrado foi de 6,7. No entanto, estudos realizados por Araújo et al. (2014) o pH variou de 6,21 a 6,54, sendo esses valores elevados, em média o pH foi de 6,34, os quais são considerados importantes para a estocagem e para a produção de farinhas, pois valores elevados podem interferir na qualidade do produto.

O teor de proteína bruta observados na variedade vassourinha não foi significativo para os tratamentos utilizados, o qual variou entre 3,28% (675 kg ha⁻¹ de NPK 05-25-15) a 3,90% (450 kg ha⁻¹ de NPK 05-25-15 + 2 t ha⁻¹ de cama de frango e 225 kg ha⁻¹ de NPK 05-25-15), apresentando uma média geral e 3,68% (Tabela 33). Oliveira e Moraes (2014) encontraram teores de proteína bruta em pequena quantidade na cultura da mandioca, abaixo de 1,5%. No entanto, os valores encontrados foram classificados por Hervas e Moreno (1982) em níveis superiores de proteína bruta.

⁵ Informações obtidas na loja da Comigo – Cooperativa Agroindustrial dos Produtores Rurais do Sudoeste Goiano.

⁶ Informações obtidas na Avip – Associação dos Avicultores Integrados da Perdígão.

A raiz da mandioca é um ingrediente que apresenta alto teor de energia, em função de sua composição ser basicamente de amido. No entanto, no tocante à proteína bruta, além de ser baixo o valor, variando em média entre 1 e 3%, é pobre em metionina e cistina. Mesmo assim, pode ser incluída em rações de animais domésticos, com habilidade de promover aumento de consumo e de ganho de peso, desde que a formulação exista como boa fonte de proteína (ALMEIDA; FERREIRA FILHO, 2005).

Para os teores de cinzas avaliados no experimento não se observou diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 33). Todavia, todos os tratamentos apresentaram valores adequados, podendo ser um indicativo de concentração significativa de minerais, conforme ressalta Araújo et al. (2014).

Na legislação brasileira, as cinzas são conceituadas como o resíduo mineral fixo resultante da incineração da amostra do produto (BRASIL, 2005). Desta forma, o teor de cinzas da farinha de mandioca pode estar relacionado tanto com as características intrínsecas das raízes quanto com o processo de fabricação, como, por exemplo, o descascamento (CHISTÉ et al., 2006).

Ao avaliar a massa seca de raiz de mandioca destacou-se a diferença significativa entre os tratamentos, a maior produtividade quantidade verificada foi quando utilizou-se 1 t ha⁻¹ de cama de frango (40,84%) e a menor foi quando aplicou-se 450 kg ha⁻¹ de NPK 05-25-15 + 2 t ha⁻¹ de cama de frango (34,42%) (Tabela 33). Abam (2007) ressalta que a medida da massa seca pode servir de referência para avaliar as melhores raízes, com indicações sobre o teor de amido.

Torales et al. (2010), com o objetivo de determinar a densidade de plantas e a dose de cama-de-frango que induzam maior produtividade de massas frescas de raízes de mandioquinha-salsa, verificaram que a produção de massa seca de raiz comercial aos 248 DAP com uso de 20 t ha⁻¹ de cama-de-frango não tenha sido maior que o tratamento sem adubo.

Carvalho et al. (2005) indicam que o uso de cama-de-frango favoreceu a maior turgidez das raízes, pela maior capacidade de retenção de água da matéria orgânica. Isso por ter melhorado os atributos físicos, químicos e microbiológicos do solo, além de ter reduzido a perda de nutrientes por lixiviação.

Ao aplicar a regressão quadrática para teor de massa seca de raiz em função das doses do adubo mineral NPK 05-25-15, identificou-se que a melhor dosagem foi quando utilizou-se 283 kg ha⁻¹, enquanto que as demais dosagens apresentaram-se com resposta menor quando comparadas com o controle (Figura 8A).

Na figura 8B, verificou-se que não houve um modelo de regressão ajustável, para a massa seca em função das doses de cama de frango, significando que não existe uma tendência lógica no comportamento da característica em função das doses de cama de frango.

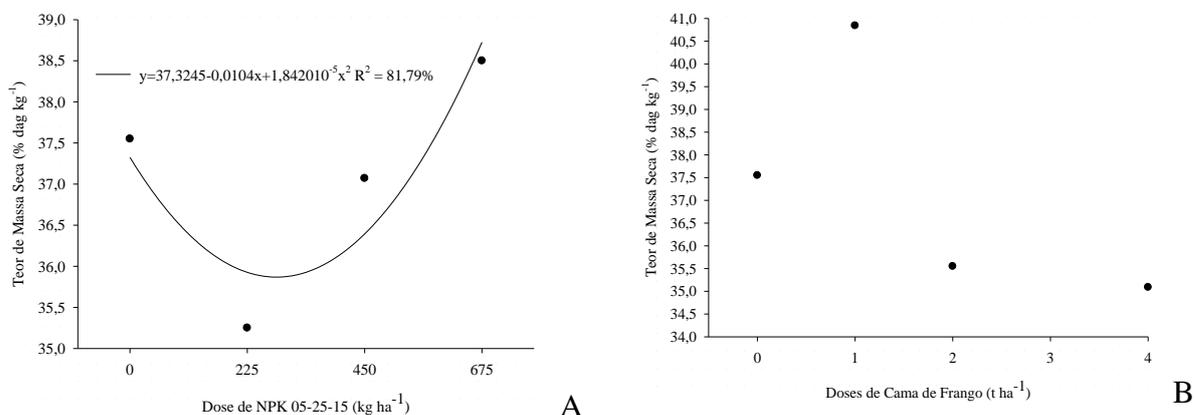


Figura 8. Teor de massa seca de raiz em função das doses de NPK 05-25-15 (A) e em função das doses de cama de frango (B).

Na tabela 36, apresenta-se análise de variância da avaliação residual nutricional dos principais macronutrientes e micronutrientes e Matéria Orgânica do solo (MOS) sobre diferentes tratamentos, em que foi verificado diferença significativa em adubos, doses e todos tratamentos versus controle e NPK 450 kg ha⁻¹ + cama de frango 2 t ha⁻¹, para P, Cu e K, respectivamente.

Ao observar o teor residual do P no solo em função dos tratamentos, constatou-se que não houve diferença significativa (Tabela 37). No entanto, observou-se que, quando se utilizou 4 t ha⁻¹ de cama de frango o valor residual de P presente no solo foi de 18,47 mg dm³ e o tratamento NPK 450 kg ha⁻¹ + cama de frango 2 t ha⁻¹ apresentou teor residual de P de 14,08 mg dm³, ambos classificados por Sousa e Lobato (2004) como altos. O P inicial foi de 11,73 mg dm⁻³ (Tabela 21) o que se justifica o aumento do nutriente no solo em função da adubação com cama de frango.

Altos teores de fósforo no solo são favoráveis, uma vez que o fósforo é um dos elementos mais fixados e deficientes às culturas nos solos brasileiros (RAIJ, 2011). A aplicação de cama de frango permite a manutenção do fósforo na forma orgânica, reduzindo a fixação do fósforo no solo. Analisando o tempo de incubação da cama de frango no solo, Silva et al. (2011) observaram um aumento dos teores de fósforo no solo ao longo do tempo.

O teor residual no solo de K em função dos tratamentos verificou-se diferença significativa com a adubação de 1 t ha⁻¹ de cama de frango quando comparado com o controle (40,50 mg/dm³) (Tabela 37). Identificou-se também diferença significativa dos teores de K controle quando se utilizou a adubação mineral 450 kg ha⁻¹ de NPK 05-25-15 (41,50 mg/dm³).

O K é o elemento mais extraído pela cultura da mandioca, o que se justifica que o solo, antes do cultivo, continha 144 mg dm⁻³ (Tabela 21), após o plantio da cultura, o solo apresentou 56 mg dm⁻³ (Tabela 37) o que comprova a extração deste nutriente na respectiva cultura.

Conforme Galvão (2004), em solos de cerrado, a concentração de K estará adequada quando o nível crítico estiver entre 51 a 80 mg/dm³. Comparando os resultados com as informações apresentadas pelos autores, observou-se que somente os tratamentos controle e 2 t ha⁻¹ de cama de frango apresentaram teores residuais de K no solo adequados para o cultivo de plantas para a próxima safra.

A disponibilidade de K, assim como a capacidade de suprimento deste nutriente pelo solo, depende da presença de minerais primários e secundários, da aplicação de fertilizantes e da CTC do solo, além da ciclagem do nutriente pelas plantas. Em outras palavras, a disponibilidade depende das formas de K presentes e da quantidade armazenada em cada uma dessas formas, aspectos que contribuem na movimentação e dinâmica do K no perfil do solo (WERLE et al., 2008).

Complementando, para o plantio de novas culturas, devem ser avaliados e adubados conforme a necessidade da cultura em função do K. Haja vista que os teores residuais não foram adequados para os solos adubados com 1 e 4 t ha⁻¹ de cama de frango, 225, 450 e 675 NPK 05-25-15 e a interação 450 NPK 05-25-15 + 2 t ha⁻¹ de cama de frango (Tabela 37).

O teor residual de matéria orgânica no solo após a colheita da mandioca em função dos tratamentos, verificou-se que não houve diferença significativa, mas constatou-se que o solo apresentou teor residual de MO entre 19,00 a 23,53 g kg⁻¹ (Tabela 37). O nível crítico para a MO segundo Galvão (2004), deve compreender entre 20 a 50 g kg⁻¹. Os tratamentos que não apresentaram teores ideais foram 225 kg ha⁻¹ de NPK 05-25-15 e o controle.

O baixo teor residual de matéria orgânica do solo (MOS) comparado com o resultado inicial da análise do solo (Tabela 21), pode-se justificar devido ao controle de plantas invasoras com a capina e extração dos restos culturais.

Segundo Fraga e Salcedo (2004), o teor de MOS é considerado um bom indicador de qualidade do solo, pois permite interação entre fatores diversos, sendo todos estes favoráveis

para que a nutrição de plantas seja eficiente. Nesse experimento, observou-se que o teor residual da matéria orgânica no solo foi adequado quando comparado com os teores ideais apresentados por Sousa e Lobato (2004).

É importante ressaltar que o uso de material orgânico em solos com baixo pH e pouca fertilidade natural, permite dentre outros fatores: aumento da capacidade de troca catiônica (CTC); correção da acidez, tendendo a estabilizar o pH próximo à neutralidade (SANTOS; TOMM, 2003) e promove complexação de elementos tóxicos e micronutrientes (LEITE; GALVÃO, 2008).

Referente ao Cu, verificou-se que não houve diferença significativa para o teor residual no solo, contudo constatou-se com as informações de Galvão (2004), que os teores residuais para culturas anuais nos solos de Cerrados devem compreender 0,5 a 0,8 mg dm⁻³. Nesse estudo, verificou-se que os teores residuais nos diferentes tratamentos e no controle estiveram acima dos apresentados pelo respectivo autor, valores compreendidos entre 4,83 a 4,08 mg dm⁻³. Inicialmente, os valores estavam acima do adequado na análise do solo (Tabela 21).

Estudos realizados por Moraes et al. (2010) apresentaram que a redução de Cu não influencia os índices de suficiência deste nutriente às plantas. Teores acima de 0,8 mg dm⁻³, extraídos por Mehlich-1, são considerados altos para os solos brasileiros.

O teor residual do Mn no solo após a colheita da mandioca em função dos tratamentos não teve diferença significativa (Tabela 37). Os teores variaram entre os tratamentos de 54,80 a 79,80 mg dm³, considerados muito altos, pois segundo Sousa e Lobato (2004), teores de Mn devem compreender 2,0 a 5,0 mg dm⁻³. As culturas exportam pequenas quantidades dos micronutrientes (RAIJ, 2011).

Quanto ao teor residual do Zn no solo após a colheita da mandioca, verificou-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 37). Os teores com maior valor de Zn no solo foram observados na interação (450 kg ha⁻¹ de NPK + 2 t ha⁻¹ de cama de frango) em que identificou 5,53 mg dm⁻³. Galvão (2004) relata que em solos de cerrado, a concentração de Zn estará adequada quando o nível crítico estiver entre 1,1 a 1,6 mg dm⁻³. Na análise do solo realizada antes do cultivo da mandioca, observou-se que havia 4,5 mg dm⁻³ de Zn (Tabela 21).

Os valores altos encontrados nos solos desse experimento após o plantio da mandioca são justificados em função dos solos argilosos conter mais zinco do que os solos arenosos, contudo, é importante ressaltar que o teor de zinco total do solo não indica o quanto deste nutriente está disponível para as plantas (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

É importante acrescentar que a capacidade da mandioca em tolerar situações estressantes em déficit hídrico e fertilidade do solo explica-se em parte por mecanismos morfológico, bioquímico e fisiológico, como controle do fechamento estomático, altos potenciais fotossintéticos e extenso sistema radicular fino (EL-SHARKAWY, 2012). Justificando que o cultivo anterior com soja neste solo influenciou a fertilidade do solo.

O teor de Cu, em função das doses de NPK 05-25-15, o que se verificou uma resposta quadrática que resultou em maior teor no solo de 4,45 kg ha⁻¹ (Figura 9A), o qual apresentou bem acima dos níveis recomendados (0,5 à 0,8 mg dm³). Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) apresenta que os solos argilosos, pesados, em geral, apresentam menos problemas de deficiência de cobre.

Referente à adubação de Cu em função das doses de cama de frango observou-se que os teores encontrados no solo não apresentaram efeito significativo. No entanto, não foi possível ajustar a um modelo de regressão, o que significa que não há tendência lógica no comportamento desta característica em função das doses utilizadas neste experimento (Figura 9B). Os teores de Cu no solo possivelmente não foram influenciados pelas adubações.

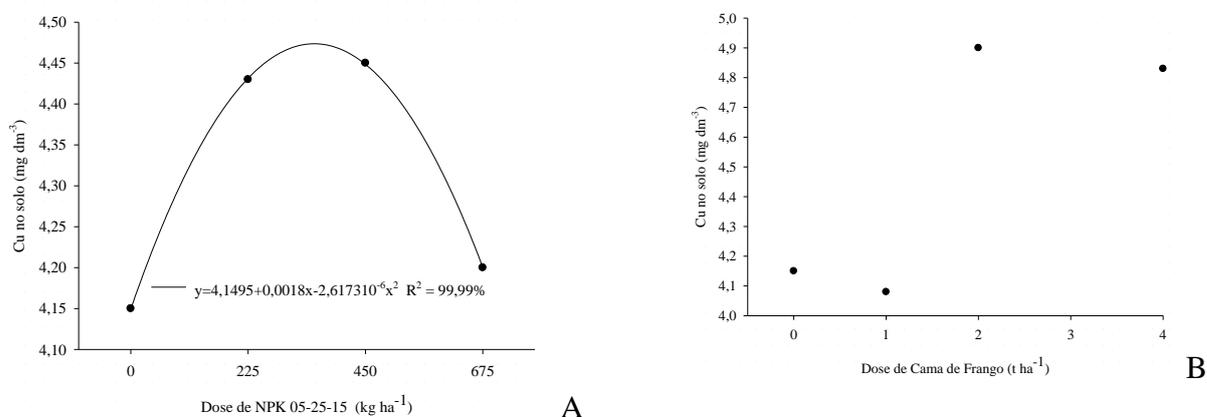


Figura 9. Teores Cu no solo em função das doses de NPK 05-25-15 (A) em função das doses de cama de frango (B).

Tabela 36. Resumo da análise de variância da avaliação residual nutricional dos principais macronutrientes e micronutrientes e Matéria Orgânica (MOS) do solo sobre diferentes tratamentos

Fonte de Variação	Quadrados Médios						
	GL	P	K	MO	Cu	Mn	Zn
Adubos	1	217,924*	96,000	3,619	0,350	556,807	4,002
Doses (Adubos)	4	85,134	71,833	3,780	0,454*	379,164	2,755
Controle vs NPK 450kg ha ⁻¹ + cama de frango 2 t ha ⁻¹	1	83,076	128,000	40,997	0,451	204,020	4,805
Trat vs Cont e NPK 450kg ha ⁻¹ + cama de frango 2 t ha ⁻¹	1	43,282	280,167*	0,031	0,050	52,510	2,220
CV%		80,78	13,94	15,40	8,07	22,85	37,03

**.: significativo a 1% (Teste F), *.: significativo a 5% (Teste F) e C.V.: coeficiente de variação.

Tabela 37. Teor residual no solo de P, K, MO, Cu, Mn e Zn em função dos tratamentos, em solo argiloso

Adubos	P (mg dm ⁻³)				K (mg dm ⁻³)				M.O. (g kg ⁻¹)				Cu (mg dm ⁻³)				Mn (mg dm ⁻³)				Zn (mg dm ⁻³)			
	1	2	4	Média	1	2	4	Média	1	2	4	Média	1	2	4	Média	1	2	4	Média	1	2	4	Média
Cama de Frango (t ha ⁻¹)	6,35	8,73	18,47	11,18a	40,50*	51,00	50,00	47,17a	21,33	20,58	22,84	21,58a	4,08	4,90	4,83	4,60a	70,50	67,88	79,80	72,73a	3,90	4,00	5,75	4,55a
NPK 05-25-15 (kg ha ⁻¹)	225	450	675		225	450	675		225	450	675		225	450	675		225	450	675		225	450	675	
	6,40	5,16	5,16	5,16a	44,50	41,50*	43,50	43,17a	19,95	21,21	21,27	20,48a	4,43	4,45	4,20	4,31a	54,80	77,18	57,30	63,09a	3,83	4,23	3,15	3,74a
Controle	7,64				56,00				19,00				4,15				70,00				3,98			
NPK450 kg ha ⁻¹ + cama de Frango 2 t ha ⁻¹	14,08				48,00				23,53				4,63				59,90				5,53			

Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si, significativamente, pelo teste F a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por *, diferem significativamente do controle pelo teste Dunett a 5% de probabilidade.

4 CONCLUSÕES

O uso de adubo orgânico e mineral não influenciam a altura de plantas de mandioca nas épocas avaliadas;

As adubações não supriram nutricionalmente as exigências nutricionais em P, S, Cu e Zn;

O uso de adubo orgânico e mineral não aumentam a produtividade de raízes de mandioca em solos argilosos férteis;

O uso de adubo orgânico e mineral não influenciam a qualidade de raízes de mandioca em solos argilosos férteis;

A adição de cama de frango não promoveu maior produtividade de raízes de mandioca em solos argilosos férteis.

5 REFERÊNCIAS

ABAM. Associação Brasileira dos Produtores de Amido de Mandioca. **Produção de fécula no Brasil em 2007**. Disponível em: <www.abam.com.br>. Acesso em: 28/07/2014.

ALMEIDA, D.L.; MAZUR, N.P.; PEREIRA, N.C. Efeitos de composto de resíduos urbanos em cultura do pimentão no município de Teresópolis-RJ. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 22, Vitória, 1982. **Resumos...** Vitória: SOB/SEAG-ES, 1982. p.322.

ALMEIDA, D.S. **Disponibilidade de fósforo em solo cultivado com braquiária em rotação com soja**. 2014. 96f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp, Botucatu-SP, 2014.

ALMEIDA, J.; FERREIRA FILHO, J.R. Mandioca: uma boa alternativa para alimentação animal. **Bahia Agrícola**, v.7, n.1, p.50-56, 2005.

ALVAREZ, J.W.R.; SANTOS, D.R. dos; OSORIO FILHO, B.D.; DORNELES, F. de O.; DIAS, G.F. **Recuperação e movimentação de sulfato em solos com diferentes teores de argila**. 2004. Disponível em: <<http://w3.ufsm.br/ppgcs/congressos/Fertbio2004/Fs71.pdf>>. Acesso em: 13/08/2014.

ALVES, A.A. **Fontes alternativas de cama de frangos para alimentação de ruminantes.** 1991. 87f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1991.

ANGONESE, A. A.; CAMPOS, A. T.; ZACARKIM, C. E.; MATSUO, M. S.; CUNHA, F. Eficiência energética de sistema de produção de suínos com tratamento dos resíduos em biodigestor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.3, p.745-750, 2006.

ARAÚJO, F. das C.B.; CUNHA, R.L.; MOURA, E.F.; FARIAS NETO, J.T. de. **Caracterização e variabilidade físico-química de raízes de mandioca (*Manhot esculenta*).** Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/76943/1/570.pdf>>. Acesso em: 19/08/2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA PESQUISA DA POTASSA E DO FOSFATO. **Manual Internacional de Fertilidade do Solo.** Tradução de Alfredo Scheid Lopes. 2.ed. Piracicaba: Potafós, 1995.

BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução RDC n. 263, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, Seção 1, p. 368-369, 2005.

CARVALHO, J. E.; ZANELLA, F.; MOTA, J. H.; LIMA, A. L. S. Cobertura morta do solo no cultivo de alface cv. Regina 2000, em Ji-Paraná/RO. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 5, p. 935-939, 2005.

CAVALCANTI, J. de A. **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco.** 2.ed. Recife: IPA, 1998. 198p.

CHISTÉ, R. C.; COHEN, K. O.; MATHIAS, E. A.; RAMOS JÚNIOR, A. G. A. Qualidade da farinha de mandioca do grupo seca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n 4, p. 861-864, 2006.

CORREIA, M.E.F.; ANDRADE, A.G. Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. de A.; CAMARGO, F.A. de O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais.** Porto Alegre: Gênese, 1999. p.197-225.

DINIZ, B. L. M. T.; SILVA, I. de F. da; REGO, P.R. de A.; DINIZ NETO, M.A. Avaliação da produtividade do milho em função da adubação verde. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 23, n. 1/2, p. 57-62, 2002.

EL-SHARKAWY, M.A. Stress-Tolerant Cassava: The Role of Integrative Ecophysiology-Breeding Research in Crop Improvement. **Open Journal of Soil Science**, v.2, n.2, p.162-186, 2012.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

FELTRAN, J.C.; VALLE, T.L.; CARVALHO, C.R.L.; GALERA, J.M.S.V.; KANTHACK, R.A.D. Adubação e densidade populacional em mandioca de indústria: 1-efeitos na produtividade e no teor de matéria seca de raízes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 2009, Botucatu, São Paulo. **Anais...** Botucatu: CERAT/UNESP, 2009.

FIALHO, J. de F.; VIEIRA, E.A. (Eds.). **Mandioca no cerrado**: orientações técnicas. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2011. 208p.

FRAGA, V. S.; SALCEDO, I. H. Declines of organic nutrient pools in tropical semi-arid soils under subsystems farming. **Soil Science Society of America Journal**, v.68, n.1, p.215-224, 2004.

GALRÃO, E. Z. Micronutrientes. In: SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E. **Cerrado correção do solo e adubação**. 2.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.185-226.

GONÇALVES, G. K.; MEURER, E. J. Frações de fósforo no solo e sua relação com a absorção pelas plantas de arroz irrigado por alagamento em solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 357-362, 2009.

HERVAS MORENO, E. **Mandioca, potencial energético na alimentação do suíno**. Londrina: IAPAR, 1982. 53p. (IAPAR. Circular, 27).

KIEHL, E. J. **Novo fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2010. 248p.

KONZEN, E.A. **Fertilização de lavoura e pastagem com dejetos de suínos e cama de aves**. Sete Lagoas: Embrapa, 2003. 10p. (Embrapa. Circular Técnica, 31).

LEITE, L. F. C; GALVÃO, S. R. S. Matéria orgânica do solo: funções interações e manejo em solo tropical. In: ARAÚJO, A.S.F; LEITE, L. F. C; NUNES. L. A. P.L; CARNEIRO. R. F. V. (Ed) **Matéria orgânica e organismos do solo**. Teresina: EDUFIP, 2008. 19p.

LIMA, F. B.; CAMPOS, H. D.; RIBEIRO, L. M.; SILVA, L.H. C.P.; RIBEIRO, G. C.; NEVES, D.L.; DIAS-ARIEIRA, C. R. **Efeito da cama de frango na redução da população do nematoide-de-cisto da soja**. Disponível em: <<http://docentes.esalq.usp.br/sbn/nbonline/ol%203534/71-77%20co.pdf>>. Acesso em: 07/05/2014.

LORENZI, J. O. **Mandioca**. Campinas: CATI, 2003. (CATI. Boletim técnico, 245).

LOZANO, J. C.; BELLOTI, A; REYES, J. A; HOWELER, R.; LEIHNER, D.; DOLL, J. **Problemas en el cultivo de la yuca**. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1981. 208p.

MAGAIA, L.H. **Efeito do congelamento de raízes de mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) na conservação e no conteúdo de cianetos**. 2011. 55f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Eduardo Mondlane, 2011.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Potafós, 1997. 319p.

MARTINEZ, H.E.P.; CARVALHO, J.G.; SOUZA, R.B. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G. ALVAREZ, V.G.V. (Eds.). **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: SBCS, 1999. p.143-168.

MENEZES, R. S. C.; SILVA, T. O. da. Mudanças na fertilidade de um Neossolo Regolítico após seis anos de adubação orgânica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.3, p.251-257, 2008.

MIURA, L.; FROSI, J.F.; MONDARDO, E.; TERNES, M. Seleção de germoplasma de mandioca resistente a *Xanthomonas campestris* pv. *Manihotiss* em Santa Catarina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.25, n.8, p.1209-1214, 1990.

MORAES, M.F; ABREU JÚNIOR, C.H.; LAVRES JÚNIOR, J. Micronutrientes. In: PROCHOW, L.I.; CASARIN, V.; STIPP, S.R. (Eds.) **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: nutrientes**. Piracicaba: IPNI, 2010. p.205-278.

OLIVEIRA, M. A. de; MORAES, P.S.B. de. Avaliação das características físico-químicas e da produtividade da mandioca cultivar IAC 576-70 em diferentes épocas de colheita. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, n.3, p.837-843, maio/jun. 2009.

OLIVEIRA, S.A. de. Análise foliar. In: SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.245-256.

PADOVAN, M.P.; MOTTA, I. de S.; CARNEIRO, L.F.; MOITINHO, M.R.; NASCIMENTO, J.S.; SALOMÃO, G. de B. v. **Cadernos de Agroecologia**, v.8, n.2, nov. 2013.

PEDROZA, F.O.; SOUZA, E.M. **Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia da fixação Biológica de Nitrogênio em Gramíneas**. Curitiba: CNPq, 2008. 232p.

PIRES, A. A.; MONNERAT, P.H.; MARCIANO, C.R.; PINHO, L.G. da R.; ZAMPIROLI, P.D.; ROSA, R.C.C.; MUNIZ, R.A. Efeito da adubação alternativa do maracujazeiro amarelo nas características químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 5, p. 1997-2005, 2008.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e manejo dos nutrientes**. Piracicaba: Internatiional Plant Nutrition Institute, 2011. 420p.

ROS, A. B.; HIRATA, A. C. S.; NARITA, N. Produção de raízes de mandioca e propriedades química e física do solo em função de adubação com esterco de galinha. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.43, n.3, p.247-254, 2013.

SANTOS, H. P.; TOMM, G. O. Disponibilidade de nutrientes e teor de matéria orgânica em função de sistemas de cultivo e de manejo de solo. **Ciência Rural**, v.33, p.477-486, 2003.

SANTOS, N.S. dos. **Curva de absorção de nutrientes na mandioca em função de doses de nitrogênio**. 2013. 75f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2013.

SANTOS, R.H.S.; SILVA, F.; CASALL, V.W.D.; CONDE, A.R. Efeito residual da adubação com composto orgânico sobre o crescimento e produção de alface. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n.11, p.1395-1398, 2001.

SILVA, A. de A.; COSTA, A.M. da; LANA, R.M.Q.; LANA, Â. M.Q. Teores de micronutrientes em pastagem de *Brachiaria decumbens* fertilizada com cama de frango e fontes minerais. **Bioscience Journal**, v.27, n.1, p.32-40, jan./fev. 2011.

SILVA, A. F.; OLIVEIRA, D. S.; SANTOS, A. P. G.; SANTANA, L. M. de; OLIVEIRA, A. P. D. de. Comportamento de variedade de mandioca submetidas a fertilização em comunidades dependentes de chuva no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.8, n.3, p.221-235, 2013.

SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C.A.V. de. Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SILVA, J. da; GARCIA, G.V.; ARRAIS, Í.G.; SILVA, J.R. da; FARIAS, M.A.A.; DINIZ, M. de S. **Manejo fitotécnico na cultura da mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) em Amargosa-BA. Adubação mineral e orgânica.** Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/95914/1/MANEJO-FITOTECNICO-216-sistemas-21433-JAEVESON.pdf>>. Acesso em: 12/11/2014.

SODRÉ, A. C. B. **Biomassa, rendimentos e composição de óleo essencial de *Melissa Officiinalis* em função de adubação orgânica e mineral.** 2007. 48f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.

SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E. **Cerrado correção do solo e adubação.** 2.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.

SOUZA, L. da S.; FIALHO, J. de F. **Cultivo da mandioca para a região do Cerrado.** 2003. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_cerrados/solos.htm>. Acesso em: 06/01/2014.

SOUZA, L.D.; SOUZA, L. da S. Manejo do solo para mandioca. In: OTSUBO, A.A.; MERCANTE, F.M.; MARTINS, C. de S. (Ed.). **Aspectos do cultivo da mandioca em Mato Grosso do Sul.** Dourados-MS: UNIDERP, 2002. p.109-125.

TORALES, E.P.; ZÁRATE, N.A.H.; VIEIRA, M. do C.; RESENDE, M.M. de; SANGALLI, C.M. de S.; GASSI, R. P. Doses de cama-de-frango e densidade de plantio na produção de mandioquinha-salsa ‘Amarela de Carandaí’. **Semina: Ciências Agrárias**, v.31, p.1165-1176, 2010.

TRINDADE, R.S.; ARAÚJO, A.P.; TEIXEIRA, M.G. Leaf área of common bean genotypes during early pod filling as related to plant adaptation to limited phosphorus supply. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.34, p.115-124, 2010.

WERLE, R.; GARCIA, R.A.; ROSOLEM, C.A. Lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.2297-2305, 2008.