

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

JOSIAS DO AMARAL FILHO

**PRODUTIVIDADE DO MILHO E ESTOQUE POTENCIAL DE
NUTRIENTES EM SOLO ADUBADO COM CAMAS DE
AVIÁRIO E FERTILIZANTES MINERAIS**

VIÇOSA – MINAS GERAIS

2017

JOSIAS DO AMARAL FILHO

**PRODUTIVIDADE DO MILHO E ESTOQUE POTENCIAL DE
NUTRIENTES EM SOLO ADUBADO COM CAMAS DE AVIÁRIO E
FERTILIZANTES MINERAIS**

**Relatório final, apresentado à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das exigências
para a obtenção do título de Engenheiro
Agrônomo.**

Orientador: Ivo Ribeiro da Silva

**Coorientadores: Rafael da Silva Teixeira
Rafael Silva Santos**

VIÇOSA – MINAS GERAIS

2017

JOSIAS DO AMARAL FILHO

**PRODUTIVIDADE DO MILHO E ESTOQUE POTENCIAL DE NUTRIENTES EM
SOLO ADUBADO COM CAMAS DE AVIÁRIO E FERTILIZANTES MINERAIS**

**Relatório final, apresentado à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das exigências para
a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.**

APROVADO em 30 de junho de 2017.

Prof. Ivo Ribeiro da Silva

(Orientador)

(UFV)

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela ajuda diária e constante.

Aos meus pais, Therezinha de Castro Amaral e Josias do Amaral, e irmãos, Isis de Castro Amaral Faria e Marcos de Castro Amaral, pela confiança, suporte e apoio incondicional.

À Universidade Federal de Viçosa, ao Departamento de Solos, e ao Laboratório de Isótopos Estáveis, pela oportunidade para realização deste trabalho.

Ao Prof. Ivo Ribeiro da Silva, pela confiança, orientação, paciência e aprendizado durante o estágio.

Aos coorientadores Rafael da Silva Teixeira e Rafael Silva Santos pela enorme e essencial colaboração na realização deste trabalho.

Aos membros da banca examinadora, Professor José Antônio Saraiva Grossi, Professor Ivo Ribeiro da Silva, Rafael da Silva Teixeira, Rafael Silva Santos e Ricardo Fialho.

Aos amigos do Laboratório de Isótopos Estáveis pela oportunidade durante esses anos, pela grande troca de conhecimentos e pelas contribuições na realização deste trabalho. Em especial à João José Miranda Milagres e Humberto Rosado.

Aos amigos que fiz ao longo de toda Graduação em especial a João Paulo, Marcos Paulo, Pedro Inocêncio, João Pedro, Thomas de Oliveira, Alexandre Amorim, Bernardo Amorim, Igor Lorito, pelos bons momentos e companhia durante a caminhada.

À Lorrana, pelo amor, carinho e companheirismo no caminho até aqui.

Ao meu primeiro orientador na Universidade Federal de Viçosa, José Luís Rufino.

À Liga Universitária Viçosense, LUVE, pela oportunidade de representar a UFV com paixão e dedicação, e pelas amizades ali realizadas.

Ao Roundup pela oportunidade de fazer parte de um grupo tão especial.

Enfim, agradeço a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho e para minha formação como Engenheiro Agrônomo.

Desculpas a todos que colaboraram nesta etapa da minha vida que não mencionei, por falta de minha memória, e que fazem parte dessa história!

A todos, meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

RESUMO	6
ABSTRACT	8
1. INTRODUÇÃO	10
2. MATERIAL E MÉTODOS	11
2.1. <i>Característica da área experimental</i>	11
2.2. <i>Estrutura e condução do experimento</i>	12
2.3. <i>Amostragem de solo, e análises de solo e da cama de aviário</i>	13
2.4. <i>Análises estatísticas</i>	14
3. RESULTADOS	14
3.1 <i>Fertilidade do solo com diferentes tipos de adubos (adubação química e orgânica)</i>	14
3.2 <i>Produtividade do milho</i>	18
3.3 <i>Estoques de nutrientes para a cultura sucessora</i>	20
4. DISCUSSÃO	21
4.1. <i>Fertilidade do solo com diferentes tipos de adubos (adubação química e orgânica)</i> ...21	
4.2. <i>Produtividade do milho</i>	22
4.3. <i>Estoques de nutrientes para a cultura sucessora</i>	23
5. CONCLUSÕES	27
6. REFERÊNCIAS	28

RESUMO

O milho é o cereal de maior produção mundial, sendo o Brasil o terceiro maior produtor e segundo exportador mundial. Entretanto, o custo para com a fertilização é elevado quando comparado à outras culturas. Sendo assim a busca por um manejo adequado, que alie rentabilidade e produtividade tem sido buscado pelos produtores. Com o crescimento contínuo da avicultura nacional e principalmente na região de Viçosa – MG, a cama de aviário surge como um resíduo crescente, com uso potencial como fertilizante. O objetivo deste trabalho foi avaliar o uso da cama de aviário em comparação aos fertilizantes químicos no sistema produtivo do milho, bem como definir o efeito residual na quantidade de nutrientes disponíveis deixados no solo para a cultura sucessora. Amostras de solo na camada de 0-20 cm foram coletadas 15 e 65 dias após o plantio, na área, sob nove tipos de adubações: i) seis doses de cama de aviário (0, 2,5, 5, 10, 25 e 50 t ha⁻¹) cujo substrato era maravalha de madeira; ii) fertilizante mineral formulado aplicados no plantio e em cobertura; iii) adubação química + orgânica, no plantio, com a adubação química em cobertura; iv) adubação com cama de aviário cujo substrato era casca de arroz. Nas amostras de solo avaliaram-se os teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), zinco (Zn), ferro (Fe), manganês (Mn) e cobre (Cu). Também foi avaliado o teor de alumínio trocável (Al³⁺) no solo em cada tratamento. Observou-se que a aplicação adequada de cama de aviário pode incrementar os teores de P, K, Ca, Mg e Zn no solo 15 dias após a aplicação em quantidades superiores aos incrementos apresentados pela adubação mineral convencional. Os teores de Fe, Mn e Cu não apresentaram incrementos com a dose de cama aplicada. A adubação orgânica, com cama de aviário com os dois substratos, resultou em produtividade maior do milho que a adubação mineral convencional. Os estoques de P, K e Zn proporcionado pela adubação orgânica quando utilizado o substrato maravalha foram maiores que os proporcionados pela adubação mineral, enquanto que o solo que recebeu a adubação com cama de aviário com substrato de casca de arroz, apresentou estoques de P, K, Ca, Mg, Zn, Mn e Cu maiores que adubação mineral. Assim, o uso de cama de aviário apresenta potencial para fornecimento de P, K, Ca e Mg para a cultura do milho; com cama de aviário quando o substrato era maravalha na dose de 27,3 t ha⁻¹ foi suficiente para proporcionar produtividades maiores que a produtividade média nacional (Brasil), regional (Centro-Sul) e estadual (Minas Gerais) e para a cultura do milho; Além disso, a aplicação de cama de aviário, independente do substrato, proporcionou efeito residual de nutrientes disponíveis no solo superior aquele observado pela adubação mineral.

Palavras-chave: *Zea mays*; Adubação Orgânica; Manejo da fertilidade.

ABSTRACT

Corn is the world's most planted cereal crop, with Brazil being the third largest producer and second largest exporter in the world. However, the cost for corn fertilization is high when compared to other crops. Thus, the search for an adequate management, which combine profitability and yield has been sought by producers. With the continuous growth of national poultry production, and especially in the region of Viçosa - MG, the poultry litter emerges as a organic residue with potential as fertilizer. The objective of this work was to evaluate the use of poultry litter in comparison to chemical fertilizers in the corn production system, as well as to define the residual effect on the amount of available nutrients left in the soil for the successor crop. Soil samples in the 0-20 cm layer were collected 15 and 65 days after planting, in a area where nine types of fertilization were carried out, namely: i) six doses of poultry litter (0, 2,5, 5, 10, 25 e 50 t ha⁻¹) whose substrate was wood shavings; ii) formulated mineral fertilizer applied at planting and in side-dressing; iii) chemical and organic fertilization at planting, with chemical fertilization in side-dressing; iv) fertilization with poultry litter whose substrate was rice straw. In these samples the values of phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), zinc (Zn), iron (Fe), manganese (Mn) and copper (Cu) content were evaluated. We also evaluated the exchangeable aluminum content (Al³⁺) in soil from each treatment. It was observed that the adequate application of poultry litter increased P, K, Ca, Mg and Zn levels in the soil 15 days after application, but it was higher than the increments presented by conventional chemical fertilization. Contents of Fe, Mn and Cu showed no relation to the poultry litter doses applied. Organic fertilization with poultry litter with both substrates resulted in higher corn productivity than conventional mineral fertilization. The P, K, and Zn stocks, provided by organic fertilization when the substrate was wood shavings were higher than those provided by chemical fertilization, while the poultry litter fertilization when the substrate was rice husk presented residual stocks of soil available P, K, Ca, Mg, Zn, Mn and Cu higher than those left chemical fertilization. Thus, the use of poultry litter presents potential for the supply of P, K, Ca and Mg for the maize crop; The fertilization with poultry litter when the substrate was wood shavings at the dose of 27.3 t ha⁻¹ was sufficient to provide higher yields than the national (Brazil), regional (Central-South) and State (Minas Gerais) average yield for maize. In addition, the application of poultry litter, regardless of the substrate, provides residual soil available nutrient effect superior to those observed by mineral fertilization and it should be taken into account when comparing the relative cost of each fertilizer.

Keywords: *Zea mays*; Organic fertilization; Nutrient levels in corn.

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays*) é o cereal de maior volume de produção no mundo, visto que se destaca pelas inúmeras destinações a qual se habilita (alimentação humana, alimentação animal e biocombustível). Em termos globais, para a safra de 17/18 aproximadamente 1030 milhões de toneladas estão estimadas, sendo 65% desta produção produzida pelos Estados Unidos, China e Brasil (USDA, 2017).

No Brasil, 17,24 milhões de hectares estão ocupados por plantações de milho com uma produção aproximada de 93 milhões de toneladas (CONAB, 2017), ocupando mundialmente o terceiro lugar entre os produtores e o segundo lugar entre os exportadores do grão (USDA, 2017). Assim, devido a representatividade e importância da cultura do milho no país, a busca de um manejo adequado que vise uma maior produtividade, rentabilidade e sustentabilidade tem sido almejada pelos produtores.

Entre as diversas práticas adotadas no manejo do milho destaca-se a rotação de culturas, plantio direto, uso de sementes de qualidade, manejo integrado de pragas além do manejo da fertilização. Um manejo adequado da fertilização com macro e micronutrientes, fornecidos via fertilizantes minerais e/ou orgânicos, é extremamente importante para que se possa obter elevadas produtividades. De acordo com Embrapa (2006), o aumento da produtividade do milho se relaciona linearmente com uma maior exigência de macronutrientes, sendo os mais demandados o nitrogênio (N) e o potássio (K), seguidos por cálcio (Ca), magnésio (Mg) e fósforo (P), respectivamente.

O custo de produção para a cultura do milho é elevado, sendo os fertilizantes minerais um dos principais fatores responsáveis por onera-lo Para a safra 16/17 o valor gasto por hectare, em média, foi de R\$ 560,45, representando 25% do custo total de produção (CONAB, 2017). Extrapolando essa estimativa para os 17,24 milhões de hectares plantados atualmente, o gasto com fertilizantes para a cultura do milho é de aproximadamente R\$ 9,662 bilhões.

Em função do elevado preço dos fertilizantes minerais, a utilização da adubação orgânica surge como alternativa ao produtor rural, visto que se bem manejada, contribui para o fornecimento de nutrientes às plantas e na melhoria das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (NETO et al., 2008);(HOFFMANN et al., 2001).

A cama de aviário é um resíduo orgânico cuja produção a nível nacional tem aumentado rapidamente, visto que a avicultura brasileira tem apresentado alto índice de

crescimento nas últimas décadas, destacando-se como líder em produção mundial (ABPA, 2016).

A utilização da cama de aviário na alimentação bovina era prática comum adotada por produtores rurais. Porém, por estar associada à ocorrência da Encefalopatia Espongiforme nos bonivos (“vaca louca”), teve seu uso proibido no Brasil em 2001, segundo Instrução Normativa nº 15 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2001). Neste sentido, é fundamental buscar por alternativas que visem o aproveitamento seguro e o manejo adequado dos resíduos. O uso como fertilizantes agrícolas surge como alternativa, já que a aplicação de doses adequadas possibilitam o fornecimento de nutrientes para as culturas, promovendo maiores produtividades quando comparada a adubação mineral (SILVA et al., 2007). A cama de aviário, provenientes da criação intensiva de frangos, é rica em nutrientes e, por estarem disponíveis nas propriedades a baixo custo, podem ser mais facilmente utilizados pelos produtores na adubação das culturas comerciais (COSTA et al., 2009).

Em estudos anteriores ABDALA (2008), observou que doses de 21,7 t ha⁻¹ eram suficientes para se obter produtividades de 11.207 kg ha⁻¹ em condições edafoclimáticas semelhantes ao do presente experimento. Já BRATTI (2013), em experimento conduzido no sudoeste paranaense concluiu que doses de 19,5 t ha⁻¹ apresentavam produtividades de 8.432 kg ha⁻¹. Entretanto, existem poucos estudos demonstrando comparativamente, a eficiência nos incrementos de produtividade, da cama de aviário em relação aos fertilizantes minerais. Pouco também se sabe a respeito do efeito residual desses fertilizantes nos estoques de nutrientes potencialmente disponíveis para a cultura sucessora.

Assim, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o uso de cama de aviário em comparação aos fertilizantes químicos no sistema produtivo do milho, bem como definir o efeito residual na quantidade de nutrientes disponíveis deixados no solo para a cultura sucessora.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Característica da área experimental

O experimento foi conduzido em Visconde do Rio Branco, Minas Gerais (21° 00' 37" S 42° 50' 26" W, 352 m de altitude). A classificação do clima é Aw, segundo Köppen e Geiger. A temperatura média é de 22,6 °C e a precipitação anual é de 1.248 mm distribuídos

principalmente entre os meses de setembro a abril. O solo é um Latossolo Vermelho Amarelo (Tabela 1) com histórico de uso com pastagem (*Brachiaria brizantha*) por mais de 10 anos antes de se introduzir a cultura do milho (*Zea mays* L.).

2.2. Estrutura e condução do experimento

O experimento consistiu de nove tratamentos distribuídos no delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições., sendo os seguintes tratamentos avaliados: i) seis doses crescentes de cama de aviário (0, 2,5, 5, 10, 25 e 50 t ha⁻¹) cujo substrato era maravalha de madeira; ii) 250 kg ha⁻¹ de fertilizante mineral formulado 8-28-16 aplicados no plantio e 300 kg ha⁻¹ de fertilizante mineral formulado 15-0-15 aplicados em cobertura; iii) adubação química + orgânica, com 2 t ha⁻¹ de cama de aviário cujo substrato era maravalha de madeira + 82,5 kg ha⁻¹ de adubo formulado 8-28-16 aplicados no plantio, com a adubação química complementando o que foi aplicado pela adubação orgânica, mais 300 kg ha⁻¹ de 15-0-15 aplicados em cobertura; iv) adubação orgânica com 10 t ha⁻¹ de cama de aviário cujo substrato era palha de arroz.

As parcelas úteis possuíam 4,0 m de comprimento por 5,4 m de largura. As camas de aviário foram aplicadas manualmente em área total, na superfície do solo, 20 dias antes do plantio do milho afim de se minimizar eventuais danos da cama de aviário à germinação da semente do milho.

O milho (híbrido DKB 390[®]) foi semeado no final de outubro com espaçamento de 0,9 m entre linhas e 60.000 sementes ha⁻¹ para todos os tratamentos.

O índice de colheita para a cultura do milho foi calculado da seguinte forma:

$$IC = \frac{Kg \text{ de grãos}}{Kg \text{ de palhada} + Kg \text{ de grãos}}$$

De acordo com Chakwizira (2016), o índice de colheita para a cultura do milho é de 0,47. O uso deste índice permite determinar a quantidade de palhada que será aportada após a colheita do milho utilizando-se o valor de produtividade apresentada pelo milho no experimento.

2.3. Amostragem, análises do solo e da cama de aviário

Foram coletadas cinco amostras simples de solo por parcela, sendo estas combinadas afim de se obter uma amostra composta por parcela, totalizando assim quatro amostras compostas por tratamento. As amostras foram coletadas na camada de 0 a 20 cm, 15 dias após o plantio, e também durante o florescimento do milho (65 dias após o plantio).

Tabela 1- Teores de macro e micronutrientes e Al^{3+} trocável do solo coletado antes da implantação do experimento em Visconde do Rio Branco - MG.

Nutrientes	Teores
P ($mg\ dm^{-3}$)	22,43
K ($mg\ dm^{-3}$)	39,62
Ca ($cmol_c\ dm^{-3}$)	3,62
Mg ($cmol_c\ dm^{-3}$)	0,32
Al ($cmol_c\ dm^{-3}$)	0,18
Zn ($mg\ dm^{-3}$)	2,23
Fe ($mg\ dm^{-3}$)	131,00
Mn ($mg\ dm^{-3}$)	123,00
Cu ($mg\ dm^{-3}$)	4,73

*Fósforo, potássio, cálcio, magnésio, zinco, ferro, manganês e cobre disponíveis, determinados pelo método de extração por Mehlich-1 ou por Mehlich-3.

A cama de aviário, composta por substrato de maravalha de madeira (CM) ou casca de arroz (CA), foi coletada em aviário comercial próxima à área experimental. A cama de aviário coletada é proveniente de um único ciclo de produção das aves para corte.

Para realização da caracterização química amostras representativas das camas de aviário foram coletadas e secas a 70° C, moídas e passadas em peneiras de 0,5 mm e então submetidas a digestão nítrico-perclórica (SARRUGE & HAAG, 1974). O P foi determinado por espectrofotometria de absorção molecular (BRAGA & DEFELIPO, 1974); K por espectrofotometria de emissão de chama; B pelo método colorimétrico da Azometina-H; Ca, Mg, Zn, Fe, Mn, e Cu por espectrofotometria de absorção atômica; N e S total pela combustão a seco em analisador elementar (SOUZA, 2004) (Tabela 2).

Tabela 2- Teores totais de macro e micronutrientes nas camas de aviário quando substrato maravalha (CM) e quando substrato casca de arroz (CA).

	Cama de maravalha (CM)	Cama de casca de arroz (CA)
<i>Macronutrientes</i>	<i>(g kg⁻¹)</i>	
N	30,9	34,7
P	13,7	15,9
K	24,4	26,8
Ca	25,8	25,7
Mg	5,7	6,2
S	14,0	16,0
<i>Micronutrientes</i>	<i>(mg kg⁻¹)</i>	
Zn	472,7	525,2
Fe	789,0	906,0
Mn	315,0	366,0
Cu	41,3	50,1
B	41,7	39,4

Adaptado de Souza (2004).

2.4. Análises estatísticas

Os dados experimentais foram submetidos a análise de variância e para o fator quantitativo (dose de cama) foram ajustadas equações de regressão, enquanto as comparações entre os diferentes tipos de camas e fertilizante minerais foram feitas por meio de teste de Tukey a 10%.

A dose de cama de aviário que proporcionou a máxima produção de milho foi estimada com base nas equações provenientes da curva de produtividade em função da dose de cama aplicada. O máximo de eficiência econômica foi determinado como equivalente a 90% da máxima produção.

3. RESULTADOS

3.1 Comparação do solo antes e depois da aplicação de diferentes fontes de nutrientes.

Os tratamentos com diferentes doses de cama de aviário foram eficientes para o aumento dos teores de P, K, Ca e Mg no solo (Figura 1). Em relação ao P, o incremento máximo nos teores do solo foi de 489% de acordo com a regressão da curva de resposta do nutriente em função das doses de cama de aviário. O K apresentou um aumento de 424% em

relação ao seu teor inicial. Para o Ca houve aumento de $3,62 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ para $5,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, o que representa um aumento de 51,9%. Os teores de Mg aumentaram cerca de 256% em relação ao valor inicial presente no solo(Figura 1).

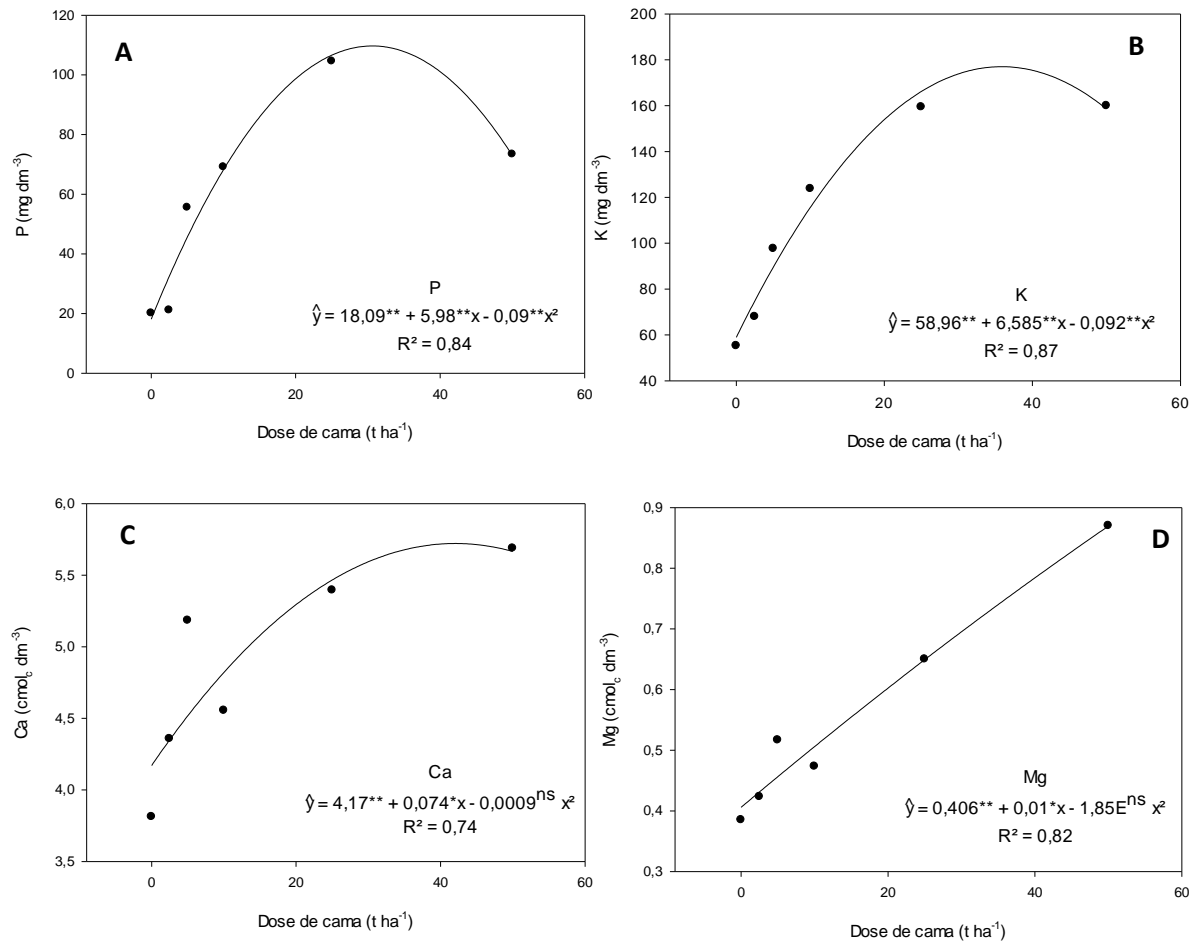


Figura 1 – Teores de P (A), K (B), Ca (C) e Mg (D) no solo duas semanas após a aplicação de doses crescentes de cama de aviário (substrato maravalha).

A influência da cama de aviário sobre os teores de micronutrientes foi pequena se comparada aos macronutrientes. Apenas o Zn apresentou incrementos substanciais em seu teor, com aumento de 204,9% em relação aos teores iniciais do elemento no solo. Os teores disponíveis dos demais micronutrientes avaliados (Fe, Mn e Cu) não apresentaram relação com a dose de cama aplicada (Figura 2).

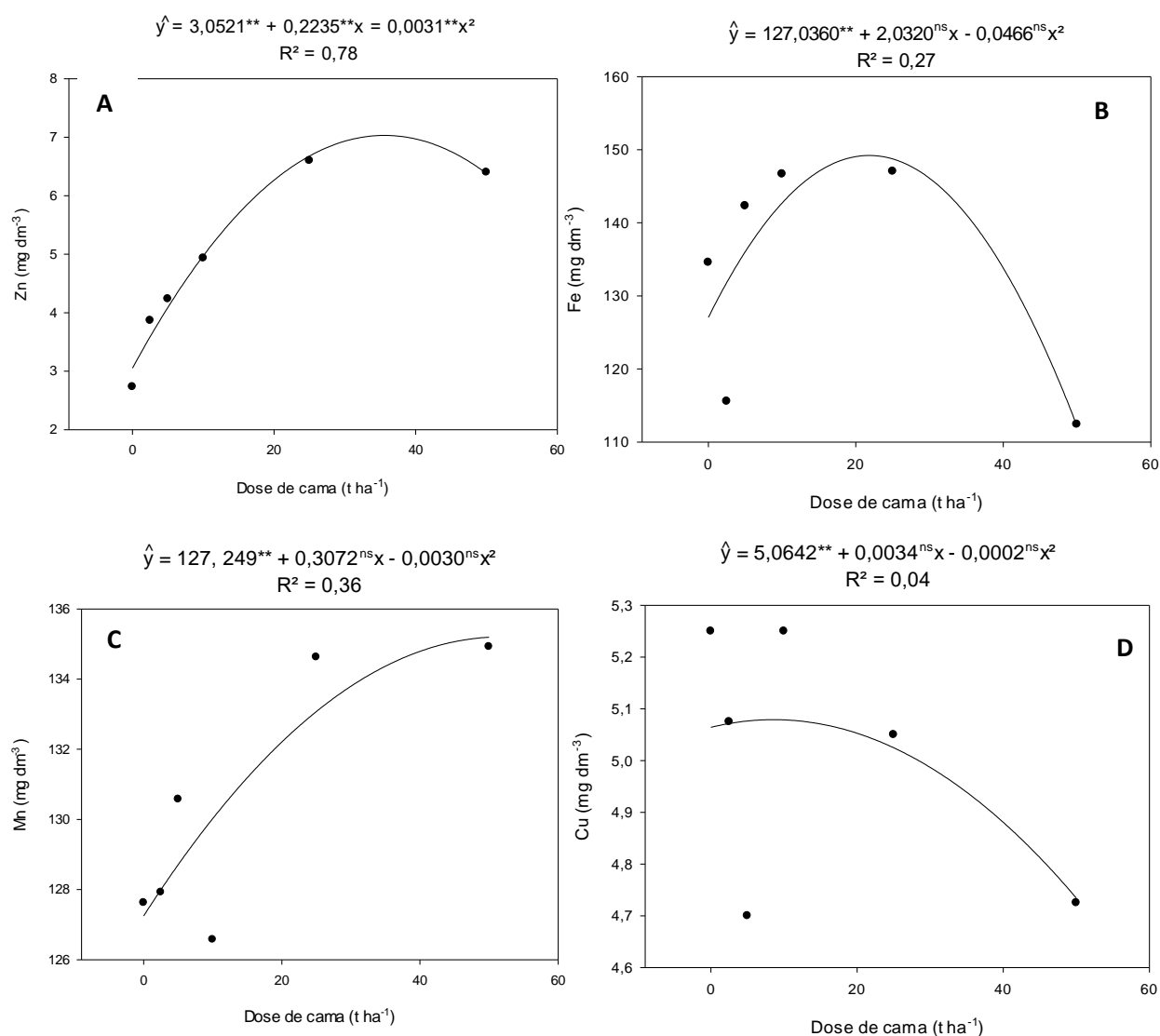


Figura 2 - Teores de Zn (A), Fe (B), Mn (C) e Cu (D) no solo após aplicação de doses crescentes de cama de aviário (substrato maravalha).

Os valores iniciais de alumínio trocável (Al^{3+}) no solo eram de $0,18 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. A utilização de doses crescentes de cama aviário proporcionou uma redução do alumínio trocável no solo, de forma que o mesmo não esteve presente em qualquer uma das doses aplicadas (Tabela 3), contrastando com o ocorrido para os demais tratamentos, principalmente onde houve uso da adubação mineral.

Tabela 3 - Teores de alumínio trocável no solo, na profundidade de 0-20cm, antes e depois da aplicação dos fertilizantes.

Tratamentos	Teores de Al ³⁺ inicial	Teores de Al ³⁺ 15 DAP
	<i>cmol_c dm⁻³</i>	
T1	0,18	0,18
T2	0,18	0
T3	0,18	0
T4	0,18	0
T5	0,18	0
T6	0,18	0
T7	0,18	0,61
T8	0,18	0,62
T9	0,18	0,22

T1 = 0 t ha⁻¹ de CM; T2 = 2,5 t ha⁻¹ de CM; T3 = 5,0 t ha⁻¹ de CM; T4 = 10,0 t ha⁻¹ de CM; T5 = 25 t ha⁻¹ de CM; T6 50 t ha⁻¹ de CM; T7 = 250 kg/ha de 8-28-16 + 300 kg/ha de 15-0-15; T8 = 2 t/ha de CM + 82,5 kg/ha de 8-28-16 + 300 kg/ha de 15-0-15 e T9 = 10 t/ha de cama de CA.

Em relação aos diferentes tipos de adubação avaliados a dose de 27,3 t ha⁻¹ de CM, que correspondeu a 90% da máxima produtividade, apresentou diferenças significativas nos teores de nutrientes no solo duas semanas após a aplicação quando comparada à adubação mineral (T7), à adubação mineral + orgânica (T8) e a adubação orgânica com cama de aviário de palha de arroz (T9) (Tabela 4).

Tabela 4 – Teores de nutrientes no solo duas semanas (15 DAP) após aplicação de fontes minerais e orgânicas de nutrientes.

Nutrientes	Tratamentos			
	Cama de Maravalha (CM) (dose 27,3 t ha)	Mineral (T7)	Cama + Mineral (T8)	Cama de Casca (CA) (T9)
	<i>mg dm⁻³</i>			
P	108,7	53,5	50,7	92,7
K	170,4	74,6	64,5	180
Zn	6,8	3,6	4,2	7,7
Fe	94	141	131	149,4
Mn	125	126	127	134,3
Cu	4,9	6,8	5,5	7
	<i>cmol_c dm⁻³</i>			
Ca	5,5	4,03	4,52	5,84
Mg	0,67	0,71	0,71	1,03

Foi possível estimar o estoque de nutrientes disponíveis do solo após a aplicação de camada aviário, os quais poderão ser utilizados pela cultura do milho como observado a seguir:

Tabela 5 – Estoques de nutrientes disponíveis no solo, na camada de 0-20 cm, antes e após da aplicação de cama de aviário, substrato maravalha, na dose equivalente a 27,3 t ha⁻¹.

Nutrientes	Tratamentos		
	Pré-aplicação	Pós-aplicação (CM) <i>kg ha⁻¹</i>	Pós-aplicação Mineral (T7)
P	44,9	217,4	107
K	79,2	340,8	149,2
Ca	1448	2240	1612
Mg	76,8	358,2	156
Zn	4,5	13,6	7,2
Fe	261,9	188,6	282
Mn	245,8	250,6	252
Cu	9,5	9,8	13,6

3.2 Produtividade do milho

A menor produtividade do milho ocorreu no tratamento com dose de 0 t ha⁻¹ de CM (T1) (Tabela 6). A partir da equação determinada de acordo com a curva de resposta da produtividade do milho às diferentes doses de cama de aviário foi possível chegar a uma dose de cama que proporcione a máxima eficiência econômica (90% de eficiência física). A dose determinada segundo o modelo adotado foi de 27,3 t ha⁻¹, proporcionando uma produtividade de 7.948 kg ha⁻¹ (Figura 3).

Tabela 6 - Número final de plantas e produtividade de milho em função da aplicação de diferentes fontes de nutrientes.

Tratamentos	Doses de Cama t ha ⁻¹	Milho		
		Stand plantas ha ⁻¹	Produção kg ha ⁻¹	g planta ⁻¹
T1	0	56.667	2.340	41,3
T2	2,5	55.278	3.100	56,1
T3	5	54.259	5.050	93,1
T4	10	52.944	5.600	105,7
T5	25	47.778	7.600	159,1
T6	50	37.861	5.800	153,2
T7	0	57.778	6.830	118,2
T8	2	48.194	7.600	157,7
T9	10	50.370	7.701	152,9

T1 = 0 t ha⁻¹ de CM; T2 = 2,5 t ha⁻¹ de CM; T3 = 5,0 t ha⁻¹ de CM; T4 = 10,0 t ha⁻¹ de CM; T5 = 25 t ha⁻¹ de CM; T6 50 t ha⁻¹ de CM; T7 = 250 kg/ha de 8-28-16 + 300 kg/ha de 15-0-15; T8 = 2 t/ha de CM + 82,5 kg/ha de 8-28-16 + 300 kg/ha de 15-0-15 e T9 = 10 t/ha de cama de CA.

Os tratamentos que utilizaram de adubação mineral (T7; T8) obtiveram resultados superiores à média nacional (5.400 kg ha⁻¹), regional, no que se diz respeito região geoeconômica Centro-Sul (7.434 kg ha⁻¹) e estadual (6.300 kg ha⁻¹) (CONAB, 2017). Porém, a produtividade obtida para a dose de máxima eficiência econômica (27, 3 t ha⁻¹), definida por meio da equação $2616,5373 + 354,7034x - 5,8409x^2$ (Figura 3) apresentou maiores produtividades que os tratamentos com adubação mineral (T7; T8). A produtividade para a dose de 27,3 t ha⁻¹ foi de 7.947,8 kg ha⁻¹, enquanto que quando utilizada da palha de arroz (T9) a produtividade foi de 7.701 kg ha⁻¹. Os demais tratamentos, tanto da adubação mineral sozinha (T7) quanto da combinação da adubação mineral com cama de aviário (T8), apresentaram produtividades menores, sendo 6.831 kg ha⁻¹ e 7.602 kg ha⁻¹ respectivamente.

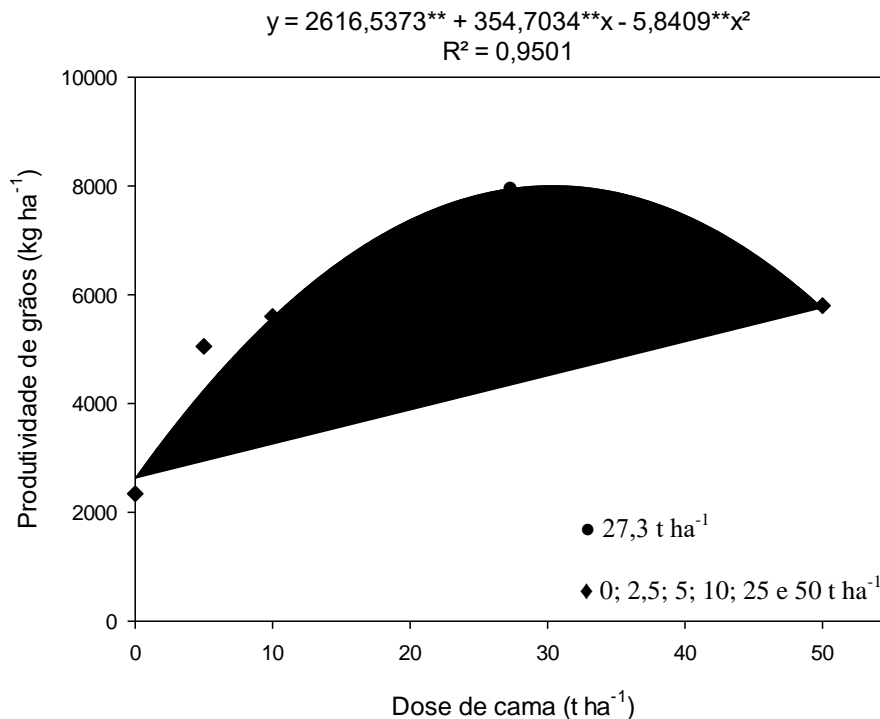


Figura 3 - Produtividade de milho em função de doses crescentes de CM.

3.3 Estoques de nutrientes para a cultura sucessora

A adubação com cama de aviário, independente do substrato, apresentou resultados positivos no que se diz respeito ao estoque de nutrientes para a cultura sucessora ao milho, já que possibilitou incrementos nos teores de nutrientes no solo durante a fase de florescimento do milho. Após esta fase, a absorção de nutrientes pela planta de milho é mínima, de forma que aqueles nutrientes que permanecerem no solo poderão ser utilizados pela próxima cultura (Tabela 7). Todos os macronutrientes avaliados apresentaram aumento nos teores durante a fase de florescimento quando comparado ao tratamento com adubação química total ou parcial. O estoque de P no solo pela cama de aviário foi 1,84 vezes maior que o fósforo deixado pela adubação mineral (T7) e 1,60 vezes maior quando comparado à adubação mineral em conjunto com a cama de aviário (T8). O mesmo comportamento é observado para o potássio, onde o solo adubado com CM apresentou estoques de K, 2,20 e 3,27 vezes maiores que os estoques providos pelo tratamento com adubação mineral (T7) e adubação mineral em conjunto com a cama de aviário (T8), respectivamente.

Para os micronutrientes, o Zn foi o que apresentou melhor resposta, com estoque de 20,6 kg ha⁻¹ no solo quando adubado por cama de aviário. Este valor representa uma

quantidade maior 3 vezes maior em relação a adubação química (T7) e 2,58 vezes maior quando comparado a adubação química em conjunto com a orgânica (T8).

Tabela 7 – Estimativa para estoques de nutrientes no solo antes e após (65 DAP) a aplicação de cama de aviário na dose de 27,3 t ha⁻¹.

Nutrientes	Tratamentos			
	Cama de Maravalha (CM) (dose 27,3 t ha)	Mineral (T7)	Cama + Mineral (T8)	Cama de Casca (CA) (T9)
		kg ha ⁻¹		
P	119	65	74	145
K	280	127	86	213
Ca	704	1.612	1.808	2.336
Mg	156	158	170	250
Zn	21	7	8	15
Fe	255	313	301	279
Mn	253	242	242	256
Cu	10	13	256	13

*Dose de cama de aviário correspondente a 27,3 t ha⁻¹, dose de maior eficiência econômica; T7 = 250 kg ha⁻¹ de 8-28-16 + 300 kg ha⁻¹ de 15-0-15; T8 = 2 t/ha de cama de aviário + 82,5 kg ha⁻¹ de 8-28-16 + 300 kg ha⁻¹ de 15-0-15 e T9 = 10 t ha⁻¹ de cama de casca de arroz

4. DISCUSSÃO

4.1. Fertilidade do solo sob adubação mineral e orgânica

A adubação orgânica pode ser uma alternativa viável à adubação mineral, pois ela contribui não apenas no fornecimento de nutrientes para as culturas, como também melhorando as propriedades físicas e biológicas do solo (HOFFMANN et al., 2001; JUNHO et al., 2004). Neste sentido, a adubação orgânica é capaz de possibilitar aumento na estabilidade dos agregados e reduzir a densidade do solo (GEREMIA et. al., 2015), além de incrementar a disponibilidade de água prontamente às plantas e microrganismos (NETO et al., 2008). O *input* de carbono via adubação orgânica proporciona fonte imediata de energia e nutrientes à microbiota do solo (McGRATHA et al., 2009; LANDGRAF et. al., 2005), favorecendo a formação da MOS.

No presente estudo a adubação orgânica apresentou efeitos positivos nos teores de P, K, Ca, Mg e Zn no solo, mas não alterando os teores de Fe, Mn e Cu (Figura 1 e Figura 2A), algo que já havia sido observado por Silva et. al. (2004) para o P e o K. Fontes orgânicas tem capacidade de suprir, até mesmo todo o P exigido pelas plantas, alterando os atributos químicos do solo, elevando a disponibilidade de Ca, N, P, além dos teores de carbono orgânico (SANTOS et. al., 2010).

Em resultados apresentados pela Embrapa (2006) observa-se que a exigência nutricional da cultura do milho para uma produtividade de 7,87 t ha⁻¹, próxima ao valor obtido no presente trabalho, são necessários: 167 kg ha⁻¹ de N, 33 kg ha⁻¹ de P, 113 kg ha⁻¹ de K, 27 kg ha⁻¹ de Ca e 25 kg ha⁻¹ de Mg. Nota-se que a adubação com cama de aviário foi eficiente em suprir os nutrientes necessários para o cultivo do milho, inclusive para altas produtividades, maiores que a média nacional, regional e estadual (Tabela 2). A dose de 9,5 t ha⁻¹ de CM é suficiente para disponibilizar os teores exigidos pela cultura do milho, apresentando produtividade de 5.459 t ha⁻¹, próximos a média nacional (5.400 t ha⁻¹), entretanto menores que a média regional (7.434 t ha⁻¹) e estadual (6.300 t ha⁻¹).

De acordo com Cambri (2004) a MOS tem efeito significativo na redução dos teores de Al³⁺, proporcionando a formação de complexos orgânicos com o alumínio no solo (Al-MOS), que não apresentam atividade na solução do solo. O efeito negativo da acidez do solo e da toxidez por alumínio na produção agrícola dos solos onde foram aplicadas doses de cama é inexistente, e provavelmente é devido a complexação do alumínio pela cama de aviário.

Desta forma os benefícios da adubação orgânica são amplos, não se limitando apenas a nutrição da planta, mas atuando também na melhora física e biológica do solo, influenciando tanto no aumento da retenção de água disponível no solo, estabilização de agregados, quanto os teores de matéria orgânica do solo.

4.2. Produtividade do milho com aplicação de cama de aviário

A adubação orgânica na cultura do milho na dose de 27,3 t ha⁻¹, proporcionou produtividade de 7.947,8 kg ha⁻¹, produtividade compatível com aquela observada na região Centro-Sul do Brasil que é de 7.434 kg ha⁻¹, e maiores que a média nacional de 5.400 kg ha⁻¹, e para o estado de Minas Gerais, onde a média é de 6.300 t ha⁻¹ (CONAB 2017). A adubação orgânica apresentou produtividade superior aquelas alcançadas com a adubação mineral comumente utilizada no Brasil (Tabela 6), o que já havia sido confirmado por Silva et al.

(2007b), o qual aumentos da produtividade em grãos com o uso contínuo de adubação orgânica na cultura do milho.

Abdala (2008) observou que doses de 21,7 t ha⁻¹ proporcionaram produtividades de 11.207 kg ha⁻¹ em condições semelhantes as do presente experimento. Em contrapartida, em experimento conduzido no sudoeste paranaense concluiu-se que doses de 19,5 t ha⁻¹ apresentavam produtividades de 8.432 kg ha⁻¹ (BRATTI, 2013). A produtividade do milho em função de doses de cama de aviário teve uma resposta quadrática (Figura 3), o que já havia sido relatado por Bayer et. al. (1999) sendo a dose de máxima eficiência econômica estimada em 9,8 t ha⁻¹

De acordo com Silva e Mendonça (2007), a aplicação de produtos orgânicos na agricultura é importante por conta da diversidade dos nutrientes minerais e pela ação positiva de ativador enzimático do metabolismo vegetal. A incorporação de resíduos orgânicos como a cama de aviário ao favorecer o incremento da MOS, acaba por influenciar positivamente a atividade de microrganismos do solo, que por sua vez atuam sobre a ciclagem de nutrientes (ALVES, 2008).

Doses baixas de cama de aviário não são capazes de fornecer os nutrientes necessários as plantas de milho, tendo como reflexo baixa produtividade. Em contrapartida, doses muito elevadas de cama de aviário podem reduzir o *stand* de plantas (SCAPUCIM, 2009), limitando o crescimento e desenvolvimento das plantas de milho (Tabela 6). Dessa maneira a busca por uma dose ideal que se correlacione com a produtividade se faz necessária.

Segundo Oliveira et al. (2009) a adubação com N e P estimula o crescimento da cultura do milho e pode afetar o rendimento final. As maiores quantidades desses nutrientes aportados pela cama de aviário podem ter influenciado positivamente os resultados (Tabela 6). Malavolta (1980) observa que a presença de enxofre aumenta significativamente a produtividade de grandes culturas, o que deve ser considerado devido a elevada concentração de enxofre na cama de aviário (Tabela 2).

4.3. Estoques de nutrientes para a cultura sucessora

Em relação ao estoque de nutrientes para a cultura sucessora sabe-se que o mesmo será proveniente de duas diferentes fontes: a cama de aviário e a palhada remanescente do milho

A aplicação de cama de aviário realizada na cultura do milho, apresenta potencial residual de nutrientes (NOVAKOWISKI et al., 2013), visto que a disponibilização de N e P inicial é apenas parcial, sendo 50% do N, e 40% do P, presentes na cama disponibilizados

após o primeiro ano que caracteriza a cama de aviário como uma fonte imediata de nutrientes com efeito residual no solo (ALVARES et al., 1999), diferentemente da fonte mineral, que por ser solúvel, apresenta menor ou quase nenhum efeito residual no solo.

Dessa forma, o uso da cama de aviário representa uma reserva de nutrientes que possivelmente podem incrementar a produção da cultura sucessora ao milho (Tabela 7). Entretanto, é interessante notar que o tratamento que utilizou de adubação mineral (T7) apresentou os teores maiores de Ca, Mg, Fe e Cu, provavelmente devido a reação ácida desses fertilizantes no campo, o que acarreta a diminuição de pH do solo e conseqüentemente maior disponibilidade de alguns nutrientes (MALAVOLTA, 1980) e a complexação de micronutrientes pela MOS (ALLOWAY, 1995; CAMARGO et. al., 2001). Tal fato pode ter ocorrido também nos tratamentos com CM (T2 a T6), devido a adubação orgânica. No entanto, em termos gerais foi o tratamento CA (T9), com adubação de cama de aviário com substrato a casca de arroz, que apresentou os melhores resultados, indicando maiores quantidades de nutrientes disponíveis para a cultura que sucederá o milho, seguido pela dose adequada (27,3 t ha⁻¹) de CM (Tabela 7).

A adubação orgânica com CM proporcionou ao solo incrementos nos teores de P e K equivalentes a aplicações de 125 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e a 190 kg ha⁻¹ de K₂O em relação a adubação mineral. Estes estoques de nutrientes devem ser considerados pelos produtores de modo a economizarem em adubações seguintes, de modo a se beneficiarem do efeito residual da cama de aviário ao longo do tempo (ABDALA, 2008). Usando como base os fertilizantes minerais utilizados neste experimento, o uso contínuo uso da CM proporciona ao produtor rural uma economia de cerca de 446,4 kg da formulação 8:28:16, utilizada para o plantio da cultura do milho e 741,1 kg da formulação 15:0:15, utilizada para complementação das recomendações de N e K.

Outro componente do estoque de nutrientes para a próxima cultura e o solo, será a palhada do milho. Como o índice de colheita para a cultura do milho é de aproximadamente 0,47, e a produtividade alcançada foi de 7.948 kg ha⁻¹ para uma dose de cama de aviário de 27,3 t ha⁻¹, será aportada na área uma quantidade de palhada de 8.962,5 kg ha⁻¹.

Segundo Silva (2008) os teores de nutrientes na palhada de milho são significativos (Tabela 8), entretanto a maior parte do N dos resíduos vegetais não é absorvida pelo milho.

Tabela 8 - Teores médios de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn na parte aérea da palhada do milho.

Nutrientes	Palhada de Milho
	<i>g kg⁻¹</i>
P	119
K	280
Ca	704
Mg	156
	<i>mg kg⁻¹</i>
Zn	21
Fe	255
Mn	253
Cu	10

*Adaptado de Silva (2008).

Ao analisar os teores de nutrientes presentes na palhada assim como a a quantidade palhada aportada pelo milho após a colheita, é possível inferir sobre a quantidade de nutrientes que será ciclado a partir da decomposição da palhada pelos microrganismos

Tabela 9 - Quantidades (kg ha⁻¹) de nutrientes aportadas pela palhada de milho, com produtividade de 7949,8 kg ha⁻¹.

Nutrientes	Palhada de Milho
	<i>kg ha⁻¹</i>
N	68,1
P	6,3
K	142,5
Ca	25,1
Mg	20,6
S	3,6
Zn	0,1
Fe	1,8
Mn	0,5
Cu	0,04

Observa-se que a deposição e decomposição da palhada provavelmente pode influenciar positivamente o solo com incrementos de macronutrientes como N, P e K. A utilização destes nutrientes por parte da cultura que sucederá o milho está condicionado, com exceção do K que por estar presente nos vegetais na forma inorgânica não se prendendo a nenhum composto orgânico é facilmente lixiviado ao solo, à decomposição do resíduo. De acordo com Shomberg et al. (1994) uma maior decomposição dos resíduos culturais está relacionada com maiores teores de umidade do solo, observando-se pouca decomposição de resíduos de milho em períodos secos (ALBERTS & SHRADER, 1980), fatos que tornam possível o uso da palhada do milho como incremento de nutrientes para alguma cultura durante o período da safra.

Desta forma podemos observar que o estoque total (Tabela 10) de nutrientes disponível para a cultura sucessora ao milho será proveniente tanto do estoque disponível no solo (Tabela 7), quanto do presente na palhada de milho (Tabela 9).

Tabela 10- Estimativa de estoques de nutrientes no solo e na palhada de milho após cultivo com cama de aviário na dose equivalente a 27,3 t ha⁻¹ e na palhada de milho.

Nutrientes	Palhada de	Cama Maravalha
	Milho	(CM)
	<i>kg ha⁻¹</i>	
N	68,1	ND
P	6,3	119
K	142,5	280
Ca	25,1	704
Mg	20,6	156
S	3,6	ND
Zn	0,1	21
Fe	1,8	255
Mn	0,5	253
Cu	0,04	10

ND – Não Determinado

** Estoques subestimados

5. CONCLUSÕES

A cama de aviário é fonte potencial para fornecimento de P, K, Ca e Mg, para a cultura do milho, de forma que os teores no solo apresentam correlação positiva com a dose aplicada.

A adubação orgânica com cama de aviário na dose de 27,3 t ha⁻¹ foi suficiente para proporcionar produtividades maiores que as produtividades médias nacional, regional e estadual para a cultura do milho

A aplicação de cama de aviário proporciona um efeito residual de nutrientes disponíveis no solo superior àqueles observados pela adubação mineral, podendo favorecer cultivos em sucessão.

6. REFERÊNCIAS

ABDALA, D. B. Produtividade de milho e potencial de perdas de fósforo em Argissolo fertilizado com cama de frango. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa. 25 p. 2008.

ABPA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL - Relatório Anual. Brasília. v. 1, n. 1, p. 1-15, 2016.

ALBERTS, E.E.; SHRADER, W.D. Cornstalk decomposition on a till-planted watershed. *Agronomy Journal*, v. 72, n.5, 709-712, 1980.

ALLOWAY, B.J. Heavy metals in soils. 2.ed. London, Blackie Academic & Professional, 1995.368p.

ALVARES V., V. H.; NOVAES, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). *Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5a. aproximação*. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Viçosa. 1999. p. 25-32.

ALVES, A. U. Fontes e parcelamento de nitrogênio na produção de batata-doce. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2008.

BAYER, C.; CERETTA, C. A.; SCHNEIDER, N. G. Viabilidade da utilização de cama de aviário como fertilizante na cultura do milho. *Revista Científica Rural*, Santa Maria, v. 2, n. 1, p. 10-14, 1999.

BRAGA, J.M. & DEFELIPO, B.V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extrato de solos e plantas. *R. Ceres*, 21: 73-85, 1974.

BRATTI, F. C. Uso da cama de aviário como fertilizante orgânico na produção de aveia preta e milho. 2013.

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. & CASAGRANDE, J. C. Reações dos micronutrientes e elementos tóxicos no solo. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; RAIJ, B. van & ABREU, C.A. Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura. Jaboticabal, CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. p.89-124.

CAMBRI, M.A. Calagem e formas de alumínio em três localidades sob sistema de plantio direto. 2004. 83 p. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CONAB. Companhia Nacional Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Monitoramento agrícola - Safra 2016/17. v. 4, n. 9, p. 97-105, 2017.

COSTA, A. M.; BORGES, E. N.; SILVA, A. de 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 e Agrotecnologia, Lavras, v. 33, p. 1991-1998, 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Nutrição e adubação do milho. Sete Lagoas: EMBRAPA, 2006. 10 p. (Circular Técnica, 78).

GEREMIA, E. V.; SEGAT, J. C.; FACHINI, I. A.; FONSECA, E. O.; BARETTA, D. Fauna edáfica em pastagem perene sob diferentes fontes de nutrientes. Scientia Agraria, v. 16, n. 4, p. 17-30, 2015.

HOFFMANN, I.; GERLING, D.; KYOGWOM, U. B.; MANEBIELFELDT, A. Farmers' management strategies to maintain soil fertility in a remote area in northwest Nigeria. Agriculture, Ecosystems and Environment, Amsterdam v. 86, n. 3, p. 263–275, 2001.

JUNHO, A.P.; ROMERO, M.A.; BRUNA, G.C. Curso de gestão ambiental: São Paulo: Manole, 2004. 276p.

LANDGRAF, M.D.; MESSIAS, R.A.; REZENDE, M.O.O. A Importância Ambiental da Vermicompostagem: Vantagens e Aplicação. São Carlos: Ed. Rima, 2005. 106p.

MALAVOLTA, E. ABC da adubação, 4a Ed. São Paulo. Ed. Agronômica Ceres, 1979, 255p.

MAPA. Instrução Normativa nº15, de 17 de julho de 2001. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Diário Oficial nº 138, Seção 1, de 18.7.2001.

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

NETO, A. L.; ALBUQUERQUE, J. A.; ALMEIDA, J. A.; MAFRA, A. L.; MEDEIROS, J. C.; ALBERTON A. Atributos físicos do solo em área de mineração de carvão influenciados pela correção da acidez, adubação orgânica e revegetação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, n. 1, p. 1379–1388, 2008.

NOVAKOWISKI, J. H.; SANDINI I. E.; FALBO, M. K.; MORAES, A de; NOVAKOWISKI J. H. Adubação com cama de aviário na produção de milho orgânico em sistema de integração lavoura-pecuária. *Semina:Ciencias Agrarias*, v. 34, n. 4, p. 1663–1672, 2013.

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

SANTOS, A. F.; MENEZES, R. S. C.; FRAGA, V. S.; PEREZ-MARIN, A. M. Efeito residual da adubação orgânica sobre a produtividade de milho em sistema agroflorestal. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 14, n. 12, p. 1267-1272, 2010.

SARRUGE, JR. & HAAG, H. P. Análises químicas em plantas. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 1974. 56p.

SCAPUCIM, A S. Avaliação da adubação de cama de frango no desenvolvimento inicial de plantas de milho. Monografia. Universidade de Rio Verde, 29p, 2009.

SCHOMBERG, H.H.; STEINER, J.L.; UNGER, P.W. Decomposition and nitrogen dynamics of crop residues: Residue quality and water effects. *Soil Science Society of America Journal*, v. 58, n. 2, 372-381, 1994.

SILVA, E. C. da; MURAOKA T.; BUZETTI, S.; ESPINAL, F. S. C.; TRIVELIN, P. C. O. T. Utilização do nitrogênio da palha de milho e de adubos verdes pela cultura do milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, n. Especial, p. 2853-2861, 2008.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo, In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H./ BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (eds.) Fertilidade do solo. Viçosa. Revista Brasileira de Ciência do Solo, p. 275-374, 2007.

SILVA, J.; SILVA P. S. L.; OLIVEIRA, M.; SILVA, K. M. B. Efeito de esterco bovino sobre rendimentos de espigas verdes e de grãos de milho. Horticultura Brasileira, v. 22, n. 2, p. 326-331, 2004.

SILVA, R. G.; GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V.; SILVA, D. G.; ARNHOLD, E. Produtividade de milho em diferentes sistemas produtivos. Revista Verde, Mossoró - RN, v. 2, n. 2, p. 136-141, 2007.

SOUZA, C. R. de. Biodisponibilidade e transformações de formas de fósforo em camas de aviário por meio de fracionamento químico e ressonância magnética nuclear do ³¹P. Tese de doutorado. Universidade Federal de Viçosa. 95 p. 2004.

USDA. Informativo USDA. INFORMATIVE - UNITED STATE DEPARTMENT OF AGRICULTURE, v. i, n. 11, p. 4434, 2017.