

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

FERNANDO FÁVERO

**USO DA CAMA DE FRANGO ASSOCIADA À ADUBAÇÃO MINERAL NO
SISTEMA DE PRODUÇÃO DE GRÃOS DA REGIÃO OESTE DO PARANÁ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná para obtenção do título de Mestre em Agronomia, área de concentração: Produção Vegetal.

Orientadora: Professora Dr^a. Maria do Carmo Lana

MARECHAL CÂNDIDO RONDON
2012

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *SCRICTO SENSU* EM AGRONOMIA
NÍVEL MESTRADO E DOUTORADO**

FERNANDO FÁVERO

**USO DA CAMA DE FRANGO ASSOCIADA À ADUBAÇÃO MINERAL NO
SISTEMA DE PRODUÇÃO DE GRÃOS DA REGIÃO OESTE DO PARANÁ**

Dissertação apresentada como pré-requisito de conclusão de curso de
Mestrado da Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Marechal Cândido Rondon, 24 /08/2012.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Maria Anita Gonçalves da Silva

Prof. Dr. Antônio Saraiva Muniz

Prof. Dr. Luiz Antônio de Mendonça Costa

Prof.^a Dr.^a Maria do Carmo Lana (Orientadora)

AGRADECIMENTO

Primeiramente agradeço a Deus, por me dar a oportunidade da vida e de me conduzir por caminhos e experiências maravilhosas. Por me amparar em momentos difíceis, dar sabedoria e perseverança para superar as dificuldades e incertezas.

À minha família, pai Alcir, mãe Domingas, irmã Solange e avó Leontina, os quais me apoiaram muito, acreditando no meu potencial e abrindo mão da minha convivência, para sentir saudades em prol do meu objetivo.

Em especial ao meu avô Sr. Severino Pedro Fávero “in memoria”, por me apoiar desde criança nos meus objetivos, além de ser o grande responsável pela aquisição dos meus valores, mostrando a importância do trabalho, do respeito e da dignidade. E tenho certeza que continuará ao meu lado me guiando como um anjo.

À minha namorada por me apoiar e entender minha dedicação ao mestrado.

À minha orientadora Prof^a. Dra^a. Maria do Carmo Lana por me aceitar, conduzir, ensinar, durante a minha caminhada no decorrer do mestrado, mesmo sabendo que o meu trabalho tomaria grande parte dos meus esforços.

Ao gerente da Divisão de Unidades da Copacol Rubem Marco de Salles Santos e ao Assessor Técnico da Copacol Ramiro Marcelo Criveletto, pelo apoio e pela autorização de afastamento para presenciar as aulas durante a minha formação.

À Cooperativa Agroindustrial Consolata (Copacol), por acreditar no meu potencial, e investir e permitir que dedicasse parte do meu tempo para mais uma conquista pessoal.

Aos colegas de trabalho da Copacol por compreender na ausência quando estava dedicado ao mestrado.

À equipe de trabalho da Estação Experimental da Copacol, pelo auxílio com a condução do experimento e por entender meu afastamento.

À colega mestre Tatiane Ohland, pela contribuição no trabalho e amizade durante o período de convivência.

Ao Mestre Jucenei Fernando Frandoloso por me auxiliar e direcionar com as análises de tecido.

A todos os colegas e professores da Pós-Graduação em Agronomia.

“O mundo é como um espelho que devolve a cada pessoa o reflexo de seus próprios pensamentos. A maneira como você encara a vida é que faz toda diferença”.

Luís Fernando Verissimo

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	7
RESUMO.....	12
ABSTRACT.....	13
1 INTRODUÇÃO.....	14
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1 Matéria orgânica.....	16
2.2 Adubos orgânicos.....	19
2.2.1 Composição dos adubos orgânicos.....	20
2.2.2 Eficiência de uso dos resíduos orgânicos.....	22
2.2.3 Cama de frango.....	23
2.3 Sistema de produção de grãos do Paraná.....	27
2.3.1 Soja.....	28
2.3.2 Milho 2ª safra.....	30
2.3.3 Trigo.....	33
2.4 Utilização da cama de frango.....	34
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	37
3.1 Localização do experimento.....	37
3.2 Histórico da área e condições do solo.....	37
3.3 Dados meteorológicos.....	38
3.4 Delineamento experimental e tratamentos.....	39
3.5 Aplicação dos tratamentos.....	40
3.6 Tratos culturais.....	41
3.7 Avaliações.....	42
3.7.1 Primeiro Cultivo (Milho 2ª safra).....	42
3.7.1.1 Determinação dos teores de N, P e K foliar.....	42
3.7.1.2 Variáveis biométricas.....	43
3.7.2 Segundo Cultivo (Soja).....	43
3.7.2.1 Determinação dos teores de N, P e K foliar.....	43
3.7.2.2 Variáveis biométricas.....	44
3.7.3 Terceiro cultivo (Trigo).....	44
3.7.4 Quarto cultivo (Soja).....	45

3.7.4 <i>Produção total de grãos</i>	45
3.7.6 <i>Análise econômica</i>	45
3.8 Análise química do solo.....	46
3.9 Análise estatística.....	46
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
4.1 Primeiro cultivo (Milho 2ª safra).....	47
4.2 Segundo cultivo (Soja).....	50
4.3 Terceiro cultivo (Trigo).....	55
4.4 Quarto cultivo (Soja).....	57
4.5 Análise técnica e econômica.....	58
4.6 Respostas aos atributos químicos do solo.....	60
5 CONCLUSÃO.....	64
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65
7 ANEXOS.....	74

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Composição química elementar (base seca) de resíduos orgânicos de origem animal.....	21
TABELA 2. Índices de conversão de nutrientes na forma orgânica para mineral de resíduos vegetais, considerando o tempo de aplicação do resíduo no solo.....	23
TABELA 3. Atributos da cama de frango de acordo com diferentes autores.....	24
TABELA 4. Índice médio de eficiência dos nutrientes no solo de diferentes tipos de resíduos orgânicos de animais em cultivos sucessivos.....	25
TABELA 5. Quantidade absorvida e exportação de nutrientes pela cultura da soja.....	29
TABELA 6. Quantidade absorvida e exportação de nutrientes pela cultura do milho.....	31
TABELA 7. Indicações de adubação nitrogenada para cultura do trigo no Paraná.....	34
TABELA 8. Atributos químicos das amostras coletadas antes da instalação do experimento.....	37
TABELA 9. Atributos físico-químicos da cama de frango (8 lotes) aplicada no ensaio (base seca).....	39
TABELA 10. Quantidades de N, P ₂ O ₅ e K ₂ O, na forma mineral adicionada aos diferentes sistemas de adubação no sulco de semeadura no experimento.....	41

TABELA 11. Equações de regressão, coeficiente de determinação (R^2) ponto de máxima e máxima da função para as variáveis: comprimento da base ao pendão (BP), comprimento da espiga ao pendão (EP), nitrogênio foliar, fósforo foliar e rendimento de grãos em razão de doses de cama de frango na cultura do milho 2ª safra.....	48
TABELA 12. Comprimento da base da planta até a espiga (BE), comprimento da espiga até o pendão (EP), comprimento da base da planta até o pendão (BP) e rendimento de grãos do milho 2ª safra em razão de diferentes sistemas de adubação mineral no sulco de semeadura.....	49
TABELA 13. Equações de regressão, coeficiente de determinação (R^2), ponto de máxima e máxima da função dos teores de K foliar em razão do aumento de doses de cama de frango, de acordo com os diferentes adubos minerais adicionados ao sulco de semeadura do milho.....	50
TABELA 14. Equações de regressão, coeficiente de determinação (R^2), ponto de máxima e máxima da função para as variáveis: nodulação, fósforo e potássio foliar, altura e número de vagens por planta em razão de doses de cama de frango, aplicadas na cultura antecedente (milho 2ª safra).....	51
TABELA 15. Nodulação, altura, massa de mil grãos (MMG), número de vagens por planta e número de grãos por vagem da soja (cultivar, BMX Magna RR), em razão de diferentes sistemas de adubação mineral no sulco de semeadura.....	52
TABELA 16. Teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) das folhas de soja (cultivar, BMX Magna RR), em razão de diferentes sistemas de adubação mineral no sulco de semeadura.....	53
TABELA 17. Equações de regressão, coeficiente de determinação (R^2), ponto de máxima e máxima da função dos teores de N foliar da soja em razão do aumento de doses de cama de frango aplicadas na cultura anterior, associado aos diferentes adubos minerais no sulco de semeadura.....	54

TABELA 18. Equações de regressão, coeficiente de determinação (R^2), ponto de máxima e máxima da função das doses de cama de frango sob o rendimento de grãos da soja em razão dos diferentes sistemas de adubação mineral.....	55
TABELA 19. Equações de regressão, coeficiente de determinação (R^2), ponto de máxima e máxima da função para as variáveis: peso do hectolitro (PH) e do rendimento de grãos de trigo em razão de doses de cama de frango.....	56
TABELA 20. Equações de regressão e coeficiente de determinação (R^2) das notas de acamamento do trigo cultivado sob doses de cama de frango em razão de diferentes sistemas de adubação mineral.....	56
TABELA 21. Equações de regressão, coeficiente de determinação (R^2), ponto de máxima e máxima da função para as variáveis: rendimento de grãos e altura de plantas de soja em razão de doses de cama de frango aplicadas antes do trigo.....	58
TABELA 22. Equações de regressão, coeficiente de determinação (R^2), ponto de máxima e máxima da função para as variáveis: produção total de grãos e receita bruta anual.....	59
TABELA 23. Produção total de grãos (quatro cultivos) e receita bruta anual com a utilização de diferentes sistemas de adubação mineral na linha de semeadura em complementação a cama de frango.....	60
TABELA 24. Equações de regressão, coeficiente de determinação (R^2) e teor inicial das variáveis; potássio (K), fósforo (P), enxofre (S), cobre (Cu), relação Ca/K, e saturação de potássio do solo após quatro cultivos (milho 2ª safra, soja, trigo e soja) na camada de 0 - 20 cm, em razão de doses de cama de frango.....	62

TABELA 25. Teores no solo de potássio (K), manganês (Mn), zinco (Zn), boro (B), relações entre nutrientes de Ca/K, Mg/K e saturação de K na CTC, após quarto cultivos (milho 2ª safra, soja, trigo e soja), em razão de diferentes sistemas de adubação mineral no sulco de semeadura.....	63
TABELA 26A. Quadro de análise de variância com os quadrados médios para as variáveis, prolificidade, comprimento da base à espiga (BE), comprimento da espiga ao pendão (EP) e comprimento da base até o pendão (BP), teor de nitrogênio, fósforo, potássio foliar e rendimento de grãos no milho 2ª safra (primeiro cultivo).....	74
TABELA 27A. Quadro de análise de variância com os quadrados médios para as variáveis, nodulação, altura de plantas, vagens por plantas, grãos por vagens e massa de mil grãos (MMG), nitrogênio, fósforo, potássio foliar e rendimento de grãos na soja cultivada em sucessão ao milho 2ª safra (segundo cultivo).....	75
TABELA 28A. Quadro de análise de variância com os quadrados médios das variáveis, rendimento de grãos, peso do hectolitro (PH) e notas de acamamento do trigo no terceiro cultivo, e os quadrados médios das variáveis; altura de plantas e o rendimento de grãos da soja do quarto cultivo.....	76
TABELA 29A. Quadro de análise de variância com os quadrados médios dos atributos químicos do solo na camada de 0-20 cm, dois anos após a implantação do ensaio.....	77
Tabela 30A. Quadro de análise de variância com os quadrados médios das saturações dos elementos na CTC e relações de nutrientes no solo na camada de 0-20 cm, dois anos após a implantação do ensaio....	78
TABELA 31A. Quadro de análise de variância com os quadrados médios para os micronutrientes do solo na camada de 0-20 cm, dois anos após a implantação do ensaio.....	79

TABELA 32A. Quadro de análise de variância com os quadrados médios para produção total de grãos de quatro cultivos e a receita bruta anual.....	79
--	----

RESUMO

FÁVERO, Fernando. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, agosto de 2012.
USO DA CAMA DE FRANGO ASSOCIADA À ADUBAÇÃO MINERAL NO SISTEMA DE PRODUÇÃO DE GRÃOS DA REGIÃO OESTE DO PARANÁ.

Professora Orientadora: Maria do Carmo Lana

Os sistemas de produção de grãos e carnes brasileiros levaram o país ao ranking dos maiores produtores e exportadores de alimentos do mundo. A produção integrada de aves gera diversificação e renda para as propriedades rurais, porém produzem grandes quantidades de dejetos. A cama de frango é rica em nutrientes e pode ser usada como fertilizante para as culturas. O conhecimento das respostas às culturas permite a utilização da cama de frango de forma adequada e racional, evitando perdas e reduzindo o impacto ambiental. Objetivou-se avaliar o uso de doses de cama de frango antes da cultura de inverno associadas ao fertilizante mineral (NPK) nas características agronômicas das culturas (milho 2ª safra, soja e trigo), teores de nutrientes foliares e do solo e nos aspectos econômicos do sistema de produção de grãos do oeste do Paraná. Para tanto, foi conduzido um experimento na Estação Experimental da Copacol em Cafelândia-PR com diferentes doses de cama de frango (0, 2, 4, 6 e 8 t ha⁻¹), e três sistemas de adubação mineral (controle, super fosfato simples e formulado) no sulco de semeadura durante dois anos. A cama de frango foi aplicada manualmente nas parcelas antes do cultivo de inverno. O delineamento experimental foi em DBC com parcelas subdivididas e quatro repetições. Foram avaliados os teores de N, P e K foliares, componentes de rendimento, variáveis biométricas das culturas, produção total de grãos dos cultivos e retorno econômico. Após quatro cultivos coletaram-se amostras de solo para determinação dos atributos químicos do solo. A cama de frango proporcionou o incremento dos teores de N, P e K foliares do milho e soja, alterou as variáveis biométricas e aumentou o rendimento de grãos das culturas estudadas. A adubação com cama de frango, até 8 t ha⁻¹ reduziu o peso do hectolitro e a complementação com adubação com P e K aumentou o acamamento das plantas de trigo. A complementação com cama de frango proporcionou maior equilíbrio nutricional às culturas de milho e soja, refletindo no rendimento de grãos. A maior produção de grãos e a maior rentabilidade anual no sistema de produção do oeste do Paraná foram obtidas com as doses de 7,39 t ha⁻¹ ano⁻¹ e 5,45 t ha⁻¹ ano⁻¹ de cama de frango, respectivamente. A adubação com cama de frango aumenta os teores de P, K e S do solo, e a saturação por K e reduz os teores de Cu no solo. A cama de frango permite a substituição da adubação mineral, além de promover o maior retorno ao investimento.

Palavras chaves: Soja, milho, trigo, fertilidade do solo, diversificação, rentabilidade

ABSTRACT

FÁVERO, Fernando. State University of the West of the Paraná, August, 2012. **USE OF CHICKEN MANURE IN THE PRODUCTION SYSTEM OF GRAINS IN THE WEST REGION OF THE PARANÁ.**

Advisor professor: Maria do Carmo Lana

The production system of grains and meats in Brazil conducted the country to a ranking of the largest producers and exporters of food in the world. The integrated production of poultry generates defined quantities of waste. The chicken manure is rich in nutrients and can be so used as fertilizer in the crops. The knowledge of the responses related to the crops allows the utilization of the chicken manure in an adequate and a rational form, avoiding losses and reducing environmental impact. The objective was to evaluate the responses in the production of grains (soybeans, corn and wheat) with application of amounts of chicken manure before the winter crop, associated with mineral fertilizer (NPK). For this, an experiment was conducted in the Experimental Station of the Copacol in Cafelândia-PR with different doses of chicken manure (0, 2, 4, 6 and 8 t ha⁻¹), and three systems of mineral fertilization (control, super phosphate simple and formulated) in the furrow of the seeding, during two years. The chicken manure was applied manually in the plots before the winter cultivation. The experimental design was defined as randomized complete block with plots subdivided in four replications. The total concentration of foliar N, P and K, yield components, biometric variables of the crop, grains' production of the cultivation and economic returns have been evaluated. After four cultivations, samples of the soil were obtained for determining its chemical properties. The chicken manure provided the increment of the contents of foliar N, P and K of the corn and soybean as well as modified the biometric variables, also increasing the yield of the grains of the studied crops. High doses of chicken manure applied before the wheat cultivation promote the lodging of the cultivation and reduction of the weight of the hectoliter, but enhancing the grains' yield. The greatest productivity of grains and the highest annual returns in the production system of the west of the Paraná were obtained with the doses of 7,39 t ha⁻¹ yield⁻¹ and 5,45 t ha⁻¹ yield⁻¹ of chicken manure, respectively. The fertilization with chicken manure increases the levels of P, K and S in the soil, where the saturation of K reduces the concentration of Cu in the soil. The chicken manure allows the partial substitution of mineral fertilizer, also promoting the highest investment return.

Keywords: Soybean, corn, wheat, soil fertility, diversification, profitability

1 INTRODUÇÃO

O Brasil destaca-se no cenário mundial pela grande dimensão territorial e disponibilidade de áreas agricultáveis. É conhecido mundialmente como “o celeiro de alimentos”, principalmente de grãos e carnes. O sistema de cultivo adotado no país de clima tropical e subtropical permite o cultivo de duas ou mais safras de grãos por ano sem o revolvimento do solo.

O país é o segundo maior produtor mundial de soja, na safra 2010/2011 produziu 75 milhões de toneladas do grão. Produziu 35,9 milhões de toneladas de milho 1ª safra, 35,8 milhões de toneladas de milho 2ª safra e 5,8 milhões de toneladas de trigo em 2010 (CONAB, 2012).

Grande parte dos grãos produzidos no país, principalmente milho e soja é transformado em carne. O sistema integrado de produção principalmente de suínos e aves é o maior consumidor de milho do país. Somente o setor de avicultura de corte consumiu 50 % da demanda de rações no ano de 2011 no Brasil (SINDIRAÇÕES, 2012). O país é o terceiro maior produtor de carne de frango com 12,23 milhões de toneladas de carne produzidas em 2010 e exportou 31 % deste volume (UBABEF, 2012).

Na região sul do Brasil concentra-se grande parte das integradoras de suínos e aves que utilizam da mão de obra familiar para a produção da matéria prima para a indústria, sendo que o estado do Paraná é o maior produtor de frangos do Brasil, produzindo 27,7 % do volume nacional no ano de 2010 (UBABEF, 2012). A diversificação adotada pelo modelo de integração de aves adotado no Brasil gera a sustentabilidade da pequena propriedade rural, porém leva a produção de grandes quantidades de resíduos orgânicos. Em média cada ave excreta em torno de 1 a 1,5 kg de matéria seca durante o ciclo de engorda (JÚNIOR, 2011; SANTOS, 1997; MALONE, 1992).

Os resíduos gerados pelos animais são ricos em elementos minerais e podem ser utilizados na lavoura para aumento da fertilidade do solo e redução de fertilizantes minerais, que por sua vez constituem a maior parte do custo de produção das lavouras (RICHETTI, 2011).

A cama de frango apresenta teores consideráveis de N, P, K, Ca e Mg, além de conter micronutrientes importantes para as plantas como Zn, Cu e Mn, permitindo a substituição em partes da adubação mineral das culturas (CQFS-RS/SC, 2004).

A deposição exagerada e sem controle destes resíduos nas lavouras pode promover o desequilíbrio nutricional das plantas e problemas como o acamamento das culturas (CARVALHO et al., 2011). O uso inadequado dos resíduos, além de desequilibrar o solo pode tornar-se contaminante potencial do solo e da água. Os resíduos de aves caracterizam-se pelo elevado conteúdo de nitrogênio, que pode estar presente em diversas formas, e é constantemente transformado por ação da atividade microbiana e mudanças na temperatura, pH, umidade e concentração de oxigênio (KELLEHER et al., 2002).

Com o uso adequado da cama de frango pode-se aumentar o rendimento das culturas e reduzir o custo de produção pela substituição da adubação mineral, além de reduzir o impacto ambiental. Porém existem poucas informações sobre a utilização de cama de frango no sistema de produção de grãos do oeste do Paraná. A alta concentração de aviários na região induz os produtores utilizarem da cama de frango de forma indiscriminada, e às vezes, causando perdas às culturas por acamamento ou ainda impactando em questões ambientais.

O conhecimento das respostas à adição de cama de frango nas lavouras permite calcular adequadamente a dose a ser aplicada. O equilíbrio adequado de nutrientes pode eliminar o desperdício de adubação, diminuir o custo de produção, evitar perdas no rendimento por acamamento das culturas e melhorar o sistema de cultivo adotado em grande parte do oeste do Paraná (soja no verão e milho 2ª safra ou trigo no inverno). A utilização correta da cama de frango nas lavouras pode gerar uma economia de fertilizantes, aumentar os rendimentos e diminuir o impacto ambiental, consequentemente melhorar a rentabilidade e a qualidade de vida do meio rural.

Objetivou-se avaliar o uso de doses de cama de frango antes da cultura de inverno associadas ao fertilizante mineral (NPK) nas características agronômicas das culturas (milho 2ª safra, soja e trigo), teores de nutrientes foliares e do solo e nos aspectos econômicos do sistema de produção de grãos do oeste do Paraná.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Matéria orgânica

Os solos agrícolas são constituídos, em grande parte, pela fração mineral e somente uma pequena porção é representada pela matéria orgânica. O conteúdo de matéria orgânica dos solos merece atenção especial, pois resulta da decomposição de resíduos animais e vegetais e varia, principalmente, com as práticas de manejo agrícola adotadas. Além disso, é influenciado diretamente pelas condições edafoclimáticas de cada região.

A matéria orgânica do solo é considerada um componente fundamental do solo para sustentabilidade dos sistemas (Raij, 2011), tendo origem no processo de fotossíntese, realizado por vegetais clorofilados, que transformam o gás carbônico, oxigênio, hidrogênio e nutrientes minerais em compostos orgânicos. O carbono (C) compreende cerca de 60 % da matéria orgânica do solo (SILVA & MENDONÇA, 2007).

O emprego da matéria orgânica como adubo é bastante remoto. Antes mesmo da Era Cristã os chineses, gregos e romanos já aplicavam matéria orgânica em seus solos. Os índios na América colocavam peixe e semente de milho no fundo de cada cova (MILLAR & TURK, 1951). No oriente, há milênios, a prática de adubação orgânica era realizada pela restituição ao solo de restos de cultura e pela incorporação de esterco e camas de animais (KIEHL, 2010).

Para Igue (1984) e Raij (1991), o efeito favorável da matéria orgânica nas características dos solos está relacionado à agregação das partículas e à estabilização dos agregados, o que resulta em maior porosidade, aeração e a própria capacidade de reter de água. Ao mesmo tempo, esse atributo do solo contribui para o fornecimento de nutrientes para as plantas. A decomposição da matéria orgânica nos solos de climas tropicais ou subtropicais ocorre rapidamente, sendo que uma redução expressiva no seu teor afetará negativamente as propriedades químicas, físicas e biológicas deste solo, resultando em diminuição na produtividade das culturas (MALAVOLTA et al., 2002).

Diferentes técnicas são utilizadas com a finalidade de manejar a matéria orgânica dos solos. Dentre estas, pode-se destacar a preservação dos resíduos agrícolas deixados pelas colheitas e a adição de estercos e ou de resíduos

agroindustriais. Estas práticas visam elevar, manter ou conservar os teores de matéria orgânica dos solos. Embora, certa fração da matéria orgânica dos esterco seja decomposta e liberada no período de um a dois anos, outra fração é transformada em húmus, que é mais estável. Sob essa forma, os nutrientes são liberados lentamente. Assim, os componentes do esterco, convertidos em húmus exercerão influência nos solos de maneira persistente e duradoura (BRADY, 1989).

A matéria orgânica tem influência numa série de propriedades do solo como: o poder tampão, capacidade de troca de cátions, complexação de metais, agregação de partículas, retenção de água, reserva metabólica de energia para microrganismos e o compartilhamento e decomposição de nutrientes (nitrogênio, fósforo, enxofre) em forma orgânica. A matéria orgânica é um componente chave para manutenção da qualidade física, química e biológica dos solos e, como consequência, para sustentabilidade dos sistemas produtivos no médio e longo prazo (SILVA & MENDONÇA, 2007).

Pode-se dividir a matéria orgânica dos solos em dois grupos fundamentais. O primeiro grupo é constituído pelos produtos da decomposição dos resíduos orgânicos e do metabolismo microbiano, como proteínas e aminoácidos, carboidratos, resinas, ligninas e outros, representando 10 a 15 % da reserva de carbono do solo. O segundo grupo é representado pelas substâncias húmicas, constituindo de 85 a 90 % da reserva de carbono do solo (ANDREUX, 1996).

Quando adicionamos um resíduo orgânico ao solo é necessário que ocorra a mineralização para que os nutrientes presentes no material se tornem disponível as plantas. O tempo necessário para que se processe essa decomposição do material pelos microrganismos, gerando sais nutrientes e húmus é governado principalmente num mesmo ambiente, pelo teor original de nitrogênio e de carbono da matéria orgânica, chamada “relação C/N” (KIEHL, 2010).

De acordo com Kiehl (2010), a decomposição dos resíduos orgânicos no solo só vai ocorrer se houver umidade e aeração favoráveis, bem como a presença de microrganismos (bactérias, fungos, protozoários, algas, vermes, insetos e suas larvas). Essa digestão da matéria causada pelos microrganismos libera os minerais, os quais passam da forma dita imobilizada para forma mineralizada. Além de produzir um composto único, e com propriedades melhoradoras do solo, denominado de “húmus”.

As substâncias húmicas são constituídas de uma série de compostos de coloração escura, de elevado peso molecular, classificadas com base nas características de solubilidade. Classificam-se em: *humina* – fração insolúvel; *ácidos húmicos* – fração escura extraída geralmente em meio alcalino (NaOH e $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) e insolúvel em meio ácido diluído; *ácidos fúlvicos* – fração colorida alcalino-solúvel que se mantém em solução após remoção dos ácidos húmicos por acidificação (STEVENSON, 1994 apud GUERRA et al, 2008).

A composição média de uma unidade básica para o ácido húmico e fúlvico, em termos de fórmula química é respectivamente $\text{C}_{187}\text{H}_{186}\text{O}_{89}\text{N}_9\text{S}$ e $\text{C}_{135}\text{H}_{182}\text{O}_{95}\text{N}_5\text{S}_2$ (GUERRA et al, 2008). Se compararmos os ácidos húmicos e fúlvicos com a composição e razão molar (C/N/P/S) da matéria orgânica do solo que é 278:17:1:1, constata-se um empobrecimento relativo de 50 % do nitrogênio da relação C/N. Essa característica confere ao húmus uma redução da biodegradação microbiana, tornando-o em um composto estável no solo.

As substâncias húmicas possuem grupamentos carboxílicos e fenólicos em sua estrutura, permitindo a formação de cargas elétricas formadas pela agitação térmica, isso confere as moléculas caráter tenso-ativas. Por possuírem cátions polivalentes, ocorre a ligação com a fração mineral do solo, tornando as substâncias húmicas no principal fator de agregação dos solos (NOVONTY & MARTIN-NETO, 2008).

A porosidade depende principalmente da textura e da estrutura dos solos (KIEHL, 1979). Conforme Kiehl (1993), as principais influências da adubação orgânica estão na melhora na condutividade hidráulica associado diretamente a estrutura do solo. Outra propriedade física associada ao teor de matéria orgânica no solo é a retenção de água no solo. Rawls et al. (2003), afirmam que a relação de retenção de água no solo pelo conteúdo de matéria orgânica é afetada pela textura. O carbono orgânico retém a água em tensões menores, como afirmam os autores que a retenção de água é mais afetada pelo carbono orgânico na tensão de 33 kPa em relação à tensão de 1500 kPa.

O húmus apresenta uma elevada capacidade de troca de cátions (CTC). Em comparação com alguns minerais de argila que apresentam CTC baixa (caulinita: 3-5 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$; illita: 30-40 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$; montmorilonita: 80-100 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) o húmus apresenta uma CTC que varia de 400-1400 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, representando uma significativa contribuição para CTC dos solos (CANELLAS et al, 2008). Mendonça &

Rowel (1996), observaram uma contribuição das substâncias húmicas na CTC de dois solos (argiloso e arenoso) estudados. Nos dois solos houve um aumento da CTC nas camadas superficiais, porém o teor de argila não mudou no perfil. A maior CTC em superfície foi atribuída ao maior teor de carbono orgânico e substâncias húmicas.

A matéria orgânica ainda tem reação com os minerais do solo, influenciando na diferenciação dos horizontes do solo, pelas suas propriedades químicas e físicas. Constitui a principal fonte de elétrons para reações de oxidação e de redução (redox) no solo e os processos oxidativos são responsáveis pelo controle do balanço de carbono. Os principais elementos envolvidos nas reações redox são: C, N, O, S, Mn e Fe (CANELLAS et al, 2008).

Possui ainda a capacidade de interação com os resíduos de agroquímicos adicionados ao solo (herbicidas, fungicidas e inseticidas), estes interagem com a matéria orgânica do solo formando complexos solúveis e mecanismos de adsorção e participação no solo. Os complexos formados controlam a persistência, degradação, toxicidade, biodisponibilidade e mobilidade dos agroquímicos no solo (CANELLAS et al, 2008).

2.2 Adubos orgânicos

Os resíduos orgânicos ou adubos orgânicos recebem essa denominação em função das elevadas quantidades de carbono, hidrogênio, e oxigênio que armazenam em suas moléculas (SILVA, 2008). O principal efeito da adubação orgânica é a melhoria das propriedades físicas e biológicas do solo. A concentração de nutrientes geralmente é baixa e desbalanceada, necessitando de suplementação com fertilizantes minerais para a maioria das culturas (RAIJ et al, 1997).

Segundo relatório do Conselho de Ciência e Tecnologia Agropecuária Americano (CAST), 3,55 milhões de toneladas de N, 3,06 milhões de toneladas de fósforo e 3,68 milhões de toneladas de potássio estão presentes nos adubos orgânicos naquele país estão em condições de substituir fertilizantes minerais utilizados nas culturas (CAST, 1996). Conforme o CAST (1996), em termos percentuais, isto significa 15 % do N e 42 % do P e 59 % do K utilizados como fertilizantes químicos industrializados.

De acordo com um levantamento efetuado pelo departamento técnico da Copacol, na região de atuação da cooperativa, que compreende uma área de cultivo 150 mil hectares e com uma projeção de abate de 500 mil aves dia⁻¹ até 2016, 113 % do nitrogênio, 37 % do fósforo e do potássio presentes na cama de frango estarão em condições de substituir os fertilizantes minerais utilizados atualmente na área de ação (DETEC-Copacol, 2012).

Vários materiais orgânicos podem ser utilizados como fertilizante. Estes podem ser de origem animal, vegetal, agroindustrial e industrial. Independente da origem, todos são caracterizados como subprodutos de processos de produção, seja animal, vegetal, de processos, misturas de camas com esterco entre outros (SILVA, 2008). Esterco de animais, resíduos de culturas e os adubos verdes constituem as principais fontes de adubos orgânicos disponíveis (CQFS-RS/SC, 2004).

Os materiais originários de granjas de confinamento de animais, onde ocorre uma grande oferta de ração possuem a tendência de serem mais ricos em nutrientes quando comparado com os animais criados extensivamente. Outro fator que determina a presença de nutrientes nos resíduos é a idade dos animais: normalmente animais adultos tem menor capacidade de absorção de nutrientes, e excretam esterco mais ricos em nutrientes quando comparados com animais jovens (TEDESCO et al., 2008).

2.2.1 Composição dos adubos orgânicos

Os fertilizantes orgânicos apresentam baixa concentração de nutrientes, necessitando a aplicação de volumes elevados quando comparados aos minerais, para suprir a mesma quantidade de nutrientes. Parte dos nutrientes está na forma orgânica, devendo ser mineralizados para se tornarem disponíveis às plantas (CQFS-RS/SC, 2004; KIEHL, 2010).

A composição do esterco animal é variável, sendo influenciada por vários fatores como a espécie animal, raça, a idade, a alimentação que recebe, encontra-se em natura ou juntamente com cama e qual o tratamento dado à matéria-prima. Em média, da quantidade de N, P e K ingeridas pelos animais adultos, cerca de 80% são eliminados pelas dejeções e cerca de 40% da matéria orgânica também é eliminada (KIEHL, 2010).

Os esterco de aves e suínos são os mais ricos em micronutrientes também, principalmente o zinco e o cobre (SILVA, 2008). Esses teores elevados de macro e micronutrientes nestes resíduos (Tabela 1) se explicam pelo esquema de arração desses animais, que recebem rações enriquecidas e em maiores quantidades do que os outros animais.

Tabela 1. Composição química elementar (base seca) de resíduos orgânicos de origem animal

Atributos	Resíduo, animal					
	Bovino	Galinha	Porco	Equino	Codorna	Ovino
C orgânico, g kg ⁻¹	263	311	273	266	227	377
Relação C/N	18-20/1	10-11/1	9-16/1	18/1	7/1	32/1
N total, g kg ⁻¹	13-37	25-54	20-45	17-18	33	16-40
P ₂ O ₅ total, g kg ⁻¹	1-10	13-42	4-16	2-14	22-32	4-9
K ₂ O total, g kg ⁻¹	6-25	13-39	3-35	6-15	28-49	4-28
Ca total, g kg ⁻¹	5-30	51	54	-	70-108	-
Mg total, g kg ⁻¹	3-4,3	9-11	6-14	-	6-10	-
S total, g kg ⁻¹	0,9-2,6	4,4-7,1	2,2-4	-	4-8	-
Zn total, mg kg ⁻¹	48-188	307-729	795-1189	-	631-1171	-
Cu total, mg kg ⁻¹	15-27	31-82	470-1200	-	64-100	-
Cd total, mg kg ⁻¹	-	4,4	-	-	-	-
Ni total, mg kg ⁻¹	5,3	4,4	9,1	-	-	-
Pb total, mg kg ⁻¹	5,3	37,8	13,6	-	-	-

Adaptado de Silva, (2008)

Os esterco de animais possuem praticamente todos os elementos necessários ao desenvolvimento das plantas, porém as quantidades normalmente aplicadas não são suficientes para suprir as necessidades das culturas (RAIJ et al,1997).

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). Somando-se o total de nitrogênio, fósforo e potássio contido no esterco das aves comparado com os mamíferos, observa-se que o esterco de aves é duas a três vezes mais concentrado em nutrientes (RAIJ et al, 1997; CQFS-RS/SC, 2004; KIEHL, 2010). Ernani (1981), avaliando teores de nutrientes nos diferentes esterco encontrou 2,5 e 1,1% de

nitrogênio, 1,6 e 0,4% de fósforo e 2,2 e 0,9% de potássio na cama de frango e esterco bovino, respectivamente.

Kiehl (2010), analisando 25 amostras de esterco de galinhas e cama de frango observou uma composição média de 52 % de matéria orgânica (MO), 2,76 % de nitrogênio (N), 5,95 % de fósforo (P), 1,71% de potássio (K) e 11/1 de relação carbono/nitrogênio (C/N). Porém houve uma variação de 25,5 a 84,25 %; 1,25 a 4,51 %; 0,35 a 7,72; 0,23 a 3,23 e 4/1 a 16/1, para a MO, N, P, K e relação C/N, respectivamente. Essa ampla variação dos teores, está correlacionada a uma série de fatores envolvidos desde o ambiente de criação até a raça das aves, interfere diretamente na quantidade a ser usada, na mineralização e disponibilização de nutrientes às plantas.

2.2.2 Eficiência de uso dos resíduos orgânicos

Diferentemente dos fertilizantes minerais, devido à decomposição lenta dos resíduos orgânicos, os nutrientes presentes não são disponibilizados às culturas logo após a aplicação (SILVA, 2008). Este fator é extremamente importante quando calculamos a dose do resíduo orgânico que deve ser aplicada para suprir a necessidade da cultura. A taxa de liberação dos nutrientes pelos adubos orgânicos às culturas é muito variável, as quais afetam a disponibilidade para as plantas (CQFS-RS/SC, 2004, KIEHL, 2010).

O índice de conversão ou índice de eficiência (IC) fornece uma ideia da velocidade de conversão das formas de nutrientes orgânicos a minerais, em razão da mineralização dos compostos orgânicos. (SILVA, 2008; CQFS-RS/SC, 2004). O índice de conversão depende do nutriente analisado, composição química do resíduo, do tempo decorrido entre a aplicação do resíduo e a liberação dos nutrientes em formas prontamente disponíveis às culturas. Em geral, o IC varia de 30 a 100%, ou seja, há casos em que, com poucos dias de aplicação do resíduo, toda a carga de alguns nutrientes presentes no resíduo já se encontra no solo em formas passíveis de serem absorvidas pelas plantas (SILVA, 2008).

Os IC indicam a proporção dos nutrientes contidos nos adubos orgânicos que são liberados às culturas, após a aplicação ao solo. De acordo com Ribeiro et al. (1999), a mineralização dos resíduos orgânicos ocorre em sua maioria no primeiro

ano após a aplicação, porém o restante dos nutrientes são liberados gradativamente até o 3º ano de cultivo (Tabela 2).

Tabela 2. Índices de conversão de nutrientes na forma orgânica para mineral de resíduos vegetais, considerando o tempo de aplicação do resíduo no solo

Nutriente	Período decorrido após a aplicação		
	1º ano	2º ano	3º ano
	-----%-----		
N	50	20	30
P ₂ O ₅	60	20	20
K ₂ O	100	0	0
Ca	50	20	10
Mg	50	20	10
S	50	20	10

Adaptado de Ribeiro et al., (1999).

2.2.3 Cama de frango

A cama de frango usada como fertilizante é resultante da mistura de materiais vegetais usados para conforto dos frangos de corte juntamente com as excreções das aves e os restos de ração.

Para criação de frangos de cortes, principalmente na fase alojamento é necessário adicionar um material que condicione e isole a ave do solo, proporcionando conforto aos animais e melhor desempenho zootécnico (PINHEIRO, 1994). Os materiais mais usados são: maravalha de pinus, casca de arroz, casca de amendoim, feno de diversos capins, palhadas de várias culturas e polpa de citrus (ANGELO et al., 1997; COBB, 2012). A utilização de um ou outro material está relacionada à disponibilidade da região e o custo de transporte até a propriedade (COTTA, 1997).

Normalmente o tamanho destas partículas fica entre 0,6 a 1,2 cm. O tamanho das partículas tem grande importância na compactação da cama no aviário, absorção de umidade, diminuição de calos de peito e escoriações nas aves (MARTLAND, 1985). Por outro lado partículas muito pequenas induzem a problemas digestivos e respiratórios nas aves (AVILA et al., 1992).

A quantidade utilizada depende das características do material, varia de 2,5 a 5 cm de profundidade na extensão do aviário (COBB, 2012).

O material usado como cama, o tamanho de partículas, o número de lotes e o sistema de produção, definem a velocidade da decomposição e os teores de nutrientes presentes na cama de frango (KIEHL, 2010).

O número de lotes de frango criados sobre a cama antes da substituição total da cama também interfere na concentração de nutrientes presentes na cama de frango (CQFS-RS/SC, 2004). Quanto maior número de lotes de frangos criados sobre a mesma cama, maior será o grau de decomposição e diluição do esterco ao material vegetal usado inicialmente. Fukayama (2008) estudando o acúmulo de vários lotes de cama de frango sobre a concentração de nutrientes observou as maiores concentrações de macro e micronutrientes a partir do 3º lote criado sobre a mesma cama. Existe muita variabilidade entre as quantidades de elementos presentes em diferentes sistemas de produção de aves. Na tabela 3 está apresentada a composição química média das camas de frango conforme diferentes autores.

Tabela 3. Atributos da cama de frango de acordo com diferentes autores

Atributos	Autores					
	Raij et al., (1997)	CQFS-RS/SC (2004)	CQFS-RS/SC (2004)	Silva, (2008)	Kiehl, (2010)	Valadão et al., (2011)
Nº de lotes	-	5-6	7-8	-	-	-
Matéria Seca, %	65	75	75	-	-	-
C orgânico, g kg ⁻¹	250	280	250	311	302	243
Relação C/N	10	8	6,65	10 -11	11	6
N total, g kg ⁻¹	25,4	35	38	25 - 54	25,4	40
P ₂ O ₅ total, g kg ⁻¹	14,5	38	40	13 - 42	16	37
K ₂ O total, g kg ⁻¹	12,7	30	35	13 - 39	20	32
Ca total, g kg ⁻¹	41	42	45	5,1	22	64
Mg total, g kg ⁻¹	9	9	10	9 - 11	5	7,8
S total, g kg ⁻¹	3,6	-	-	4,4 – 7,1	-	3,3
Zn total, mg kg ⁻¹	223	-	-	307-729	270	308
Cu total, mg kg ⁻¹	25	-	-	15-82	-	233
Mn total, mg kg ⁻¹	-	-	-	-	300	194
B total, mg kg ⁻¹	-	-	-	-	-	137
Fe total, mg kg ⁻¹	-	-	-	-	-	2274

Teores descritos com (base seca)

Na tabela 4 estão apresentados os índices de eficiência N, P e K da utilização da cama de frango comparado com outros resíduos de animais, de acordo com os cultivos subsequentes (CQFS-RS/SC, 2004). Observa-se que o aproveitamento K, presente na cama de frango ocorre 100% no primeiro cultivo, e o N e o P possui um maior tempo de mineralização, sendo disponibilizado em partes na próxima cultura.

Tabela 4. Índice médio de eficiência dos nutrientes no solo de diferentes tipos de resíduos orgânicos de animais em cultivos sucessivos

Resíduo	Nutrientes	Índice de eficiência		
		1º cultivo	2º cultivo	Total
Cama de Frango	Nitrogênio (N)	0,5	0,2	0,7
	Fósforo (P)	0,8	0,2	1,0
	Potássio (K)	1,0	-	1,0
Esterco de suíno líquido	Nitrogênio (N)	0,8	-	0,8
	Fósforo (P)	0,9	0,1	1,0
	Potássio (K)	1,0	-	1,0
Esterco de bovinos sólido	Nitrogênio (N)	0,3	0,2	0,5
	Fósforo (P)	0,8	0,2	1,0
	Potássio (K)	1,0	-	-

Adaptado de (CQFS-RS/SC, 2004).

Na criação de frangos de corte a cama normalmente é retirada do aviário a partir do 6º lote de criação. A substituição da cama de frango é recomendada em razão principalmente de problemas sanitários com as aves. Avila et al. (2007), observou um aumento significativo da coccidiose a partir do 5º lote avaliando diversas fontes de cama. A coccidiose causada por protozoários é uma das principais doenças avícolas, que infectam o trato digestivo das aves, determinando redução na utilização dos nutrientes e consequentes diminuições no crescimento dos frangos (CONWAY & MCKENZIE, 1991).

Em razão do custo elevado da substituição do material para cama de frango, alguns métodos de manejo na criação de frango foram desenvolvidos para controle da coccidiose, como: o melhor controle de temperatura e umidade do aviário, revolvimento da cama e manejo da ventilação. Esses manejos promoveram uma redução de problemas com coccidiose, permitindo a reutilização da cama por mais lotes (AVILA et al., 2007). Algumas integradoras como é o caso da Copacol em

Cafelândia-PR orientam aos seus integrados que reutilizem a cama de frango por até 15 lotes, retirando parte da cama no 7º e no 10º lote, avaliando sempre as condições sanitárias das aves (DPA – Copacol, 2012).

A reutilização por mais tempo da cama de frango, confere ao material uma redução dos teores de carbono (C) pela decomposição dos materiais vegetais adicionados inicialmente (KIEHL, 2010; SILVA, 2008). Essa redução do C promove uma redução da relação C/N, conseqüentemente torna a cama de frango, um material de baixa capacidade de imobilização de N e rápida mineralização quando adicionado ao solo (SILVA, 2008). As camas de frango com mais de 6 lotes, normalmente apresentam uma relação C/N inferior a 12/1 (KIEHL, 2010; RAIJ et al., 1997; CQFS-RS/SC, 2004; SILVA, 2008; VALADÃO, 2011) , caracterizando-se como materiais ricos em N e de fácil mineralização (KIEHL, 1979; FLOSS, 2006), não necessitado de compostagem (KIEHL, 2010).

Em razão da baixa concentração de nutrientes na cama, grandes volumes ($> 10 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) são aplicados por área para atender as necessidades da cultura (KIEHL, 2010; SILVA, 2008; CQFS-RS/SC, 2004). Esses volumes impossibilitam a utilização da cama de frango no sulco de semeadura pelas semeadoras-adubadoras convencionais. A adição da cama de frango ao solo, normalmente é realizada mecanicamente, a lanço, com equipamento de arrasto rebocado por um trator ou com caminhão.

A época da retirada da cama dos aviários integrados, normalmente é estipulada pelo departamento de fomento das integradoras (DPA-Copacol, 2012). Isso acontece em razão da programação de alojamento e apanhe de frangos no aviário. O fato dos produtores não possuírem o controle da retirada da cama de frango, às vezes impossibilita a aplicação imediata da cama de frango nas lavouras, pela presença da cultura já instalada (DETEC-Copacol, 2012). Havendo necessidade do armazenamento temporário da cama.

Quando não há possibilidade de aplicação imediata da cama após a retirada do aviário pela presença da cultura, esta é armazenada a céu aberto, em montanhas próximas das áreas a serem fertilizadas e ou comercializada para outras regiões aonde não tem cultura (DETEC-Copacol, 2012).

Para região oeste do Paraná, existem duas épocas possíveis de se efetuar a aplicação de cama de frango nas lavouras sem causar danos por amassamento nas

culturas (DETEC-Copacol, 2012), após a colheita da soja (fevereiro-março) e após a colheita do milho 2ª safra ou trigo (julho, agosto e setembro). Esse armazenamento temporário pode levar a perdas de nutrientes como é o caso do N, pela transformação do N orgânico em amônia (NH_3) volátil (KIEHL, 2010, SILVA, 2008; OVIEDO-RONDÓN, 2008). Outro ponto que deve ser considerado neste armazenamento temporário da cama é a possibilidade de ocorrência de chuvas intensas. A alta precipitação pode promover a lixiviação e percolação do nitrato (NO_3^-), que além de causar perdas de N, pode ser um contaminante do lençol freático. O NO_3^- é solúvel em água, e pode percolar pelo perfil do solo e ou lixiviar pela ação das águas, tornando-se contaminantes da água potável (OVIEDO-RONDÓN, 2008).

2.3 Sistema de produção de grãos do Paraná

O estado do Paraná é o maior produtor de grãos do Brasil, produzindo 31,5 milhões de toneladas em 2010 (IBGE, 2012). E é o segundo estado maior produtor de soja e o primeiro em milho e trigo (CONAB, 2012).

O oeste e norte do estado apresenta um clima classificado segundo Köppen, é do tipo Cfa, subtropical mesotérmico com chuvas bem distribuídas durante o ano e verões quentes (CAVIGLIONE et al., 2012). Este clima permite o cultivo de milho no inverno, em razão do baixo risco de geadas até o mês de junho. Nesta região o sistema de cultivo predominante é o cultivo de soja na safra de verão e milho 2ª safra no inverno. De acordo com o levantamento mensal do IBGE no Paraná foram cultivados 1,97 milhões de hectares de milho 2ª safra em 2012, representando 28,7 % da área cultivada com esse modelo de cultivo.

O modelo de sucessão de cultivo “soja na safra de verão e milho no inverno” adotado em larga escala no oeste do Paraná aumentou 43 % em oito anos (CONAB, 2012), tornando-se um sistema consolidado de cultivo. Esse modelo veio em substituição à cultura do trigo que perdeu espaço no inverno, principalmente pelos baixos preços praticados ao grão (SEAB, 2012).

O Paraná utilizou 3,07 milhões de toneladas de fertilizantes em 2010 para a produção agrícola, sendo o 5º maior consumidor nacional (IPNI, 2012). A cama de frango produzida pelas granjas do estado pode ser usada para substituir ou ainda melhorar a produtividade das culturas instaladas.

Ações e técnicas que melhorem a produção, e maximizem o uso de fertilizantes no sistema de cultivo desta região, tem forte impacto na economia nacional, gerando maior produção de alimentos, renda, menor custo e estabilidade do agronegócio brasileiro.

2.3.1 Soja

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é da classe das Magnoliopsidas anuais, pertence a família Fabaceae. A espécie foi domesticada pelos chineses há cerca de cinco mil anos. Possui como centro de origem as proximidades dos lagos e rios da China central. Há três mil anos a soja se espalhou pela Ásia, onde começou a ser utilizada como alimento e no início do século XX passou a ser cultivada comercialmente nos Estados Unidos.

No Brasil, o grão chegou com os imigrantes japoneses em 1908, mas foi introduzida oficialmente no Rio Grande do Sul em 1914. A expansão da soja no Brasil aconteceu nos anos 70, com o interesse crescente da indústria de óleo e demanda do mercado internacional (FUNDAÇÃO MERIDIONAL, 2007).

Atualmente é a cultura, de maior destaque no Brasil, com 31,5 milhões de hectares semeados, com uma produtividade média de 3106 kg ha⁻¹ (CONAB, 2012).

Para obter índices de produtividade cada vez maiores de soja e melhorar a fertilidade dos solos, é necessário repor os nutrientes extraídos pelo grão.

Na tabela 5 são apresentados os resultados médios de extração de nutrientes pela cultura da soja em Londrina PR. Sendo que os macronutrientes mais extraídos e exigidos pela cultura são o nitrogênio (N), potássio (K₂O), fósforo (P₂O₅), enxofre (S), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), respectivamente.

Tabela 5. Quantidade absorvida e exportação de nutrientes pela cultura da soja

Parte da planta	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S	B	Cl	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
	-----kg t ⁻¹ -----						-----g t ⁻¹ -----						
Grãos	66	10	20	3,0	2,0	5,4	20	237	10	70	30	5	40
Restos culturais	32	5,4	18	9,2	4,7	10	57	278	16	390	100	2	21
Total	83	15,4	38	12,2	6,7	15,4	77	515	26	460	130	7	61
% exportada	61	65	53	25	30	35	26	46	38	15	23	71	66

Adaptado de Embrapa (2008)

O N é o elemento mais extraído e exportando pela cultura, porém a adubação química deste elemento é desnecessária em razão da simbiose entre a cultura e bactérias do gênero *Bradyrhizobium* (EMBRAPA, 2008). Todo o N necessário à cultura é fornecido pela fixação biológica de nitrogênio (FBN).

A reposição do Ca e Mg extraído pela cultura é feita pelo uso indireto da calagem como corretivo de acidez do solo (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2010). O calcário apresenta na sua composição de Ca e Mg, e estes são fonte de nutrientes para as plantas.

Os nutrientes mais extraídos e repostos anualmente na cultura da soja são o P e o K (CQFS-RS/SC, 2004; RAIJ et al. 1997).

A recomendação de P₂O₅ para a cultura da soja (expectativa de produção de 3 t ha⁻¹) no estado do Paraná, quando o teor na análise for acima de 6,0 mg dm³ extraído por Mehlich-1 (EMBRAPA, 2006), é de 60 kg de P₂O₅ ha⁻¹. Essa recomendação acima da extração (Tabela 1) ocorre em razão do processo de fixação e baixa recuperação do P aplicado (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2010). O P aplicado pode ser retido em formas lábeis ou não, isso ocorre tanto pela precipitação do P em solução com formas iônicas de Fe, Al e Ca, como principalmente pela sua adsorção pelos oxidróticos de Fe e de Al, presentes em solos mais intemperizados e argilosos (NOVAIS et al., 2007).

A reposição de K é realizada pela adubação mineral. O nível crítico de K no solo oriundo de basalto no Paraná é de 0,2 cmol_c dm³ para a cultura da soja (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2010). Doses elevadas de K₂O (acima de 80 kg ha⁻¹) adicionadas ao sulco de semeadura comprometem a emergência das plântulas (BORKERT et al., 2005), portanto doses acima deste valor devem ser aplicadas a lanço em função da salinidade do KCL. A recomendação de reposição de K₂O para

a cultura da soja (expectativa de produção de 3 t ha⁻¹) no estado do Paraná, quando o teor no solo estiver entre 0,2 e 0,3 cmol_c dm³ extraído por Mehlich-1 (EMBRAPA, 2006), é de 50 kg de K₂O ha⁻¹ (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2010). Quando os teores de K no solo estiverem acima de 0,3 cmol_c dm³ é possível suprimir a adubação sem perdas de produtividade (EMBRAPA, 2006).

A adubação com S é recomendada quando o teor no solo for inferior a 10 mg dm³ (CQFS-RS/SC, 2004; RAIJ et al. 1997). Considerando a absorção e exportação do nutriente, a adubação de manutenção corresponde a 10 kg ha⁻¹ de S para cada tonelada de grãos esperada (EMBRAPA, 2006).

Quanto aos micronutrientes de modo geral, em solos bem manejados, os teores estão acima dos níveis críticos, em razão das constantes aplicações por meio das adubações de base e pela calagem, em que muitos micronutrientes são indiretamente fornecidos, bem como, pela menor taxa de exportação pelos grãos (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2010).

O Cobalto (Co) e o Molibdênio (Mo) são micronutrientes indispensáveis para a eficiência da FBN, para a maioria dos solos aonde a soja vem sendo cultivada (EMBRAPA, 2006). As indicações técnicas atuais desses nutrientes são para aplicação de 2 a 3 g de Co e 12 a 30 g de Mo ha⁻¹ via semente ou pulverização foliar, nos estádios de desenvolvimento V3-V5.

2.3.2 Milho 2^a safra

O milho (*Zea mays* L.) é classificado botanicamente pertencente à classe das Liliopsidas e da família Poaceae. É uma cultura originária das Américas e possui seu centro de origem no México, hoje é cultivado amplamente em todo mundo. O milho apresenta grande variabilidade e atualmente existem cerca de 250 raças (PATERNIANI & CAMPOS, 1999). A partir da segunda metade do século XX, o desenvolvimento de híbridos aumentou a produtividade e a qualidade do milho.

No Brasil a espécie é cultivada amplamente de norte a sul do país, com uma área de cultivo de 15,4 milhões de hectares (CONAB, 2012). Na região centro sul do país, onde se concentra a maior parte da área cultivada (77 %), possui uma produtividade média de 5524 e 4353 kg ha⁻¹ no milho 1^a safra e 2^a safra, respectivamente.

O milho 2ª safra, popularmente conhecido como “milho safrinha”, é cultivado principalmente nos estados do Mato Grosso, Paraná, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul (CONAB, 2012). O modelo caracteriza-se pelo cultivo da espécie no período de inverno, sendo semeado após a colheita da soja. Este modelo de cultivo produz 50 % da produção nacional de milho.

Em razão do cultivo do milho após o cultivo da soja, as condições climáticas não são as ideais para o cultivo da espécie (risco de geadas, baixa precipitação e temperatura), a produtividade é menor quando comparada com o cultivo do milho 1ª safra (BROCH & RANNO, 2010). Porém observam-se ganhos no sistema de produção soja e milho, pois possibilita o cultivo de duas espécies no mesmo ano agrícola.

O uso de fertilizantes neste modelo de cultivo é maximizado, pois a rápida mineralização dos restos culturais da soja fornece nutrientes ao milho. Na tabela 6 estão apresentados os teores de nutrientes exportados pela cultura do milho.

Tabela 6. Quantidade extraída e exportada de nutrientes pela cultura do milho

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S	B	Zn	Cu	Fe	Mn	Mo
	-----kg t ⁻¹ -----						-----g t ⁻¹ -----					
Extração	24,9	9,8	21,8	3,9	4,4	2,6	18	48,4	10,0	235	42,8	1,0
Exportação	15,8	8,7	5,8	0,5	1,5	1,1	3,2	6,1	1,2	11,6	6,1	0,6
% exportado	63	89	26	12	36	45	18	14	12	5	14	63

Adaptado de Fundação MS (2010).

Conforme a tabela 6, as maiores taxas de exportação ocorrem para o fósforo (P₂O₅), o nitrogênio (N), molibdênio (Mo) e enxofre (S), 89, 63, 63 e 45 % respectivamente. O nitrogênio e o fósforo, juntamente com o potássio (K) devido à alta extração merece uma atenção especial na reposição de nutrientes no solo (BROCH & RANNO, 2010).

O cálcio (Ca) e o Magnésio (Mg) são repostos com a aplicação dos corretivos de acidez do solo, que contém Ca e Mg na sua composição.

O enxofre (S) quando em níveis baixos no solo (< 5 mg dm³) pode ser limitante a produtividade do milho e pode ser repostado ao solo pelo uso do gesso

agrícola que contém 15 a 17 % de S, ou ainda por fertilizantes que contenham S na composição (RAIJ, 2011).

De acordo com Broch & Ranno (2010), para adubação de manutenção do milho 2ª safra e uma expectativa de colheita de 6000 kg ha⁻¹ são necessários aproximadamente 35-45 kg ha⁻¹ de N, 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 35 kg ha⁻¹ de K₂O. Apesar de a cultura extrair até 150 kg ha⁻¹ de N, não é necessário repor toda a exportação. Broch (1999) descreve que a palhada de soja fornece ao milho 2ª safra mais de 100 kg ha⁻¹ de N.

Em razão das condições climáticas às vezes desfavoráveis a aplicação de N em cobertura no milho 2ª safra, os produtores preferem adicionar teores mais elevados (até 30 kg ha⁻¹) no sulco de semeadura pelo uso de fórmulas mais concentradas em N, dispensando a aplicação de N em cobertura (DUARTE & CANTARELLA, 2007; BROCH & RANNO, 2010). Cantarella apud Duarte & Cantarella (2007) descreve que em solos arenosos, ocorre uma resposta mais expressiva para aplicação de N no milho 2ª safra, até 55 kg ha⁻¹, aplicado em parte no sulco de semeadura e o restante em cobertura.

O P é o elemento mais exportado pela cultura do milho, necessitando de reposição constante, além de ser adsorvido pelas argilas do solo (NOVAIS et al., 2007). Porém o K merece importância em função da quantidade de absorvida (Tabela 6). A boa nutrição em K no milho 2ª safra, melhora principalmente a defesa da planta contra doenças que atacam a cultura, melhorando a estrutura da planta e consequentemente evitando perdas por acamamento (COSTA et al., 2012).

Dados colhidos pela Fundação MS estudando diferentes combinações de fertilizantes do mercado e doses, em diferentes locais e híbridos de milho, mostram que a utilização de adubos formulados aplicados no sulco de semeadura com teores equilibrados de N, P e K (12-15-15 + micronutrientes) tem apresentado respostas positivas na produtividade da cultura do milho 2ª safra em diversos locais do estado do Mato Grosso do Sul (BROCH & RANNO, 2010).

Não se recomenda a aplicação indiscriminada de micronutrientes na cultura, as aplicações devem estar fundamentadas nos resultados de análise foliar, no histórico da área e na produtividade estimada (FANCELLI, 2010). Para maioria dos solos argilosos e com a devida correção da acidez, não tem resposta à aplicação da maioria dos micronutrientes. Porém há uma tendência de aumento da deficiência de micronutrientes associado a solos muito cultivados e com produtividades elevadas.

Calagens excessivas costumam agravar as deficiências, principalmente do Zn, Cu, Fe e Mn (RAIJ, 2011).

O micronutriente mais exigido pelo milho é o zinco (Zn), em torno de 2 a 6 kg ha⁻¹, principalmente se a cultura estiver sendo cultivada em solos arenosos, pobres de matéria orgânica que foram submetidos a aplicações elevadas de calcário (> 4 t ha⁻¹). Porém, em razão do uso desse elemento juntamente com a adubação de semeadura, ao longo do tempo, em grande parte das áreas apresentam níveis satisfatórios no solo. (FANCELLI, 2010).

2.3.3 Trigo

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é uma planta de ciclo anual, pertencente a família Poaceae, cultivada durante o inverno e a primavera. O grão é consumido na forma de pão, massa alimentícia, bolo e biscoito. É usado também como ração animal, quando não atinge a qualidade exigida para consumo humano (EMBRAPA, 2012).

O trigo ocupa o primeiro lugar em volume de produção mundial de grãos. No Brasil, a produção anual oscila entre 5 e 6 milhões de toneladas. São cultivados nas regiões Sul (RS, SC e PR), Sudeste (MG e SP) e Centro-oeste (MS, GO, MT e DF). O consumo anual no país tem se mantido em torno de 10 milhões de toneladas por ano (EMBRAPA, 2012).

O Paraná é o maior produtor nacional de trigo, cultivando uma área de 1,1 milhões de hectares, representando 50 % da área cultivada no país. Porém a cultura vem perdendo espaço na região oeste e norte do estado para o milho 2ª safra, em função dos altos custos de produção e desvalorização do produto no mercado (SEAB, 2012).

De acordo com a RCBTT (2008), recomenda-se para o trigo no estado do Paraná, a aplicação parcelada do nitrogênio conforme tabela 7. Deve-se levar em consideração também a cultura anterior, devido à imobilização de N pelos restos culturais com alta relação C/N (CANTARELLA & MONTEZANO, 2010).

Tabela 7. Indicações de adubação nitrogenada para cultura do trigo no Paraná

Cultura anterior	Semeadura	Cobertura
	-----kg ha ⁻¹ -----	
Soja	10 - 30	30 - 60
Milho	25 - 50	30 - 90

Adaptado de RCBTT (2008).

A recomendação da adubação fosfatada depende do teor de P no solo. A dose a ser aplicada é estabelecida pelas três faixas de teores no solo, < 5, 5 - 9 e >9 mg dm³ extraído pelo extrator Mehlich-1. Recomenda-se adicionar 60 a 90 kg ha⁻¹, 40 a 60 kg ha⁻¹ e 20 a 40 kg ha⁻¹ para primeira, segunda e terceira faixa, respectivamente (RCBTT, 2008).

Para a adubação de potássio (K) no trigo, no estado do Paraná, recomenda-se observar os teores de K no solo. Teores menores que 0,1 cmol_c dm³ – 60 a 80 kg ha⁻¹ de K₂O, teores entre 0,1 e 0,3 cmol_c dm³ – 40 a 60 kg ha⁻¹ de K₂O e teores maiores que 0,3 cmol_c dm³ – 30 a 40 kg ha⁻¹ de K₂O (RCBTT, 2008).

Conforme a RCBTT (2008), nos trabalhos desenvolvidos no Paraná, não existe resposta à aplicação de micronutrientes na cultura do trigo.

2.4 Utilização da cama de frango

O modelo de manejo do solo adotado amplamente no Brasil (Sistema Plantio Direto) proporciona grandes benefícios para conservação e manutenção da produtividade nos solos tropicais e subtropicais. Pandolfo & Ceretta (2008) estudando o desempenho econômico das diferentes fontes orgânicas nos sistemas de cultivo concluíram que o Sistema Plantio Direto é o sistema que apresenta maior viabilidade econômica da utilização de resíduos orgânicos como fonte de nutrientes. Observaram que o dejetos de aves e o dejetos líquido de suínos são as melhores fontes para desempenho econômico.

Santos et al. (2004), observaram que adição de compostos orgânicos a base de cama de frango melhorou a qualidade química do solo, indicando a utilização em solos pobres por disponibilizar elementos, como: P, K, Ca, Mg, Cu e Zn, além de aumentar a CTC, pH e SB e diminuir a acidez potencial (H+Al). Portugal et al. (2009)

concluíram que a adição de cama de frango em áreas de pastagens, reduziu a acidez ativa do solo, aumentou os teores de Ca, Mg e P e elevou a CTC.

A cama de frango além de acrescentar elementos químicos, traz benefícios sobre as propriedades físicas dos solos, proporcionadas pelo aumento da matéria orgânica. Bayer & Mielniczuk (1999), destacam que a principal característica física que a matéria orgânica interfere é a agregação do solo e indiretamente são afetadas as demais propriedades físicas do solo.

Figuerola (2008) estudando o efeito residual da adição de esterco de aves poedeiras na cultura de grãos observou um aumento do rendimento de grãos equivalendo a uma eficiência de 100 e 75 % da uréia para a cultura trigo e milho respectivamente. Concluiu ainda que para o milho a dose de 8,9 t ha⁻¹ promoveu o melhor resultado técnico econômico e a dose de 2,8 t ha⁻¹ promoveu o maior rendimento para a cultura do trigo, com um posterior decréscimo de produtividade no trigo, não observando ainda efeito residual no rendimento da soja e feijão cultivados em sequência do trigo e milho respectivamente. Os dados de Figuerola (2008), mostram a necessidade de mais estudos para a calibração de doses de esterco a serem adicionados aos mais diversos sistemas de cultivo de grãos.

Carvalho et al. (2011), estudaram doses diferentes de cama de frango associadas a adubação com fertilizante mineral na cultura da soja. Concluíram que adubação com o resíduo orgânico aumentou a altura de plantas, a inserção do primeiro legume, a massa de mil grãos, o número de legumes por planta e o rendimento de grãos, porém em doses elevadas houve acamamento da cultura. Constataram ainda um aumento dos teores de K e S no solo com o aumento das doses de cama de frango.

Castaman (2005) descreve que o trigo adubado com doses elevadas de esterco de suíno leva ao acamamento das plantas. Pauletti et al. (2008), estudando a aplicação de esterco bovino líquido na cultura da soja observaram acamamento das parcelas nas doses elevadas.

Os esterco quando utilizados em grande quantidade podem reduzir a capacidade de fixação simbiótica das leguminosas (CQFS-RS/SC, 2004; EMBRAPA, 2006). Segundo a Embrapa (2006), doses acima de 20 kg ha⁻¹ de N na semeadura da soja podem reduzir a nodulação e a eficiência da FBN.

A aplicação de resíduos orgânicos leva mais tempo para disponibilizar os elementos para a cultura quando comparado à adubação química, devido à

necessidade de mineralização da M.O. De acordo com Silva et al. (2009), a disponibilização do P ao solo acontece em torno de 25 a 45 dias após a aplicação do adubo orgânico, indicando a necessidade de antecipação da aplicação da cama na cultura, ou complementação com fonte de P mineral para suprir a necessidade da cultura na fase inicial.

Em razão dos elevados teores de matéria orgânica na cama de frango a aplicação promove uma melhoria nas propriedades físicas e química do solo. Valadão et al. (2011), estudando diferentes sistemas de adubação associados a degradação dos atributos do solo pelo cultivo, observaram que a cama de frango compostada proporcionou ao solo teor de carbono total e atributos físicos mais semelhantes às condições naturais. A adição de cama de frango crua promoveu um maior teor de nitrogênio total do solo.

Existem vários trabalhos que mostram respostas positivas a adição de cama de frango para o rendimento de grãos (CASTAMAN, 2005; CARVALHO et al. 2011; FIGUEROA, 2008; PESSOTTO et al. 2012), porém alguns autores não encontraram resposta ao rendimento de grãos com a adição da cama de frango (SBARDELOTTO & CASSOL, 2009).

Sbardelotto & Cassol (2009), avaliando a resposta da aplicação de cama de frango em milho, não observaram aumento do rendimento de grãos até a dose de 10 t ha⁻¹ em solo de alta fertilidade. Porém houve um aumento da altura de plantas e da massa de mil grãos com a adição da cama de frango.

Pessotto et al. (2012), descrevem um aumento significativo do rendimento do milho a partir de 3,5 t ha⁻¹ de cama de frango. Silva et al. (2011), estudaram o tempo entre a aplicação da cama de frango e a semeadura do milho, o obtiveram melhores respostas com 30 dias de incubação no solo. No mesmo estudo os autores concluíram que a adubação com cama de frango foi superior ao controle com adubação mineral.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização do experimento

O experimento foi conduzido na Estação Experimental da Cooperativa Agroindustrial Consolata (Copacol), no município de Cafelândia, região oeste do estado do Paraná. O solo é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distroférico (EMBRAPA, 2006). A Estação Experimental fica localizada a 24° 36' 90" S de latitude e 53° 17' 46" O de longitude, a 605 m de altitude.

3.2 Histórico da área e condições do solo

A área onde foi conduzido o experimento apresentava-se sob sistema de plantio direto e sucessão soja-milho safrinha há três anos, a qual nunca recebeu a aplicação de cama de frango. O solo foi amostrado nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm antes da implantação e as amostras encaminhadas ao laboratório de análise química e física da Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola (Coodetec), localizado no município de Cascavel-PR. Os dados das análises químicas são apresentados na tabela 8. A constituição física do solo apresentou, 730 g kg⁻¹ de argila, 160 g kg⁻¹ de silte e 110 g kg⁻¹ de areia, classificado de acordo com a aptidão agrícola, como "solo tipo 3" (EMBRAPA, 2012).

Tabela 8. Atributos químicos das amostras coletadas antes da instalação do experimento

Prof.	P	M.O	pH	Ca	Mg	K	H + Al	Al ³⁺	CTC	SB	Ca/Mg
cm	mg dm ⁻³	g dm ⁻³		-----cmol _c dm ⁻³ -----							
0 - 10	12,2	46,9	5,1	5,43	1,45	0,4	5,76	0	13,04	7,28	3,74
10 - 20	14,1	33,5	4,8	4,24	0,97	0,28	6,69	0,24	12,18	5,49	4,37
0 - 20	13,15	4,02	4,95	4,83	1,21	0,34	6,22	0,12	12,61	6,38	4,05

Prof.	V	Al	Ca	Mg	K	S	B	Mn	Zn	Cu	Fe
cm	-----%					-----mg dm ⁻³ -----					
0-10	55,83	0	41,64	11,12	3,07	8,77	0,93	156	9,2	10,7	28
10-20	45,07	4,19	34,81	7,96	2,3	7,56	0,81	126	6,4	11,3	36
0 - 20	50,45	2,09	38,22	9,54	2,68	8,16	0,87	141	7,8	11	32

P, K⁺, Cu, Zn, Fe e Mn – Mehlich-1; Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ – KCl; M.O – Walkey Black; pH – Cloreto de Cálcio; H⁺ + Al³⁺ – Tampão SMP; S(SO₄)²⁻ - Fosfato Monocálcico; B – Cloreto de Bário (Tedesco et al., 1995; Silva, 1999; Lana et al., 2010).

Devido a baixa saturação de bases (V) e o pH baixo da área (Tabela 1), efetuou-se uma aplicação de $1,45 \text{ t ha}^{-1}$ de calcário dolomítico com PRNT 85%, em superfície quatro meses antes da instalação do experimento para elevar a saturação por bases até 70 % pelo método de saturação por bases. Adicionou-se apenas metade da dose calculada pelo método, em função do sistema de cultivo implantado (Sistema Plantio Direto) no qual, as recomendações oficiais para esse sistema prescrevem a aplicação de calcário em superfície em culturas anuais (EMBRAPA, 2008).

3.3 Dados meteorológicos

Os dados meteorológicos foram coletados na Estação Meteorológica da área experimental da Copacol (Figura 1), localizada a 1,1 km de distância do local de condução do ensaio. Os dados de precipitação normal para os meses foram calculados a partir da precipitação média mensal dos últimos doze anos do local.

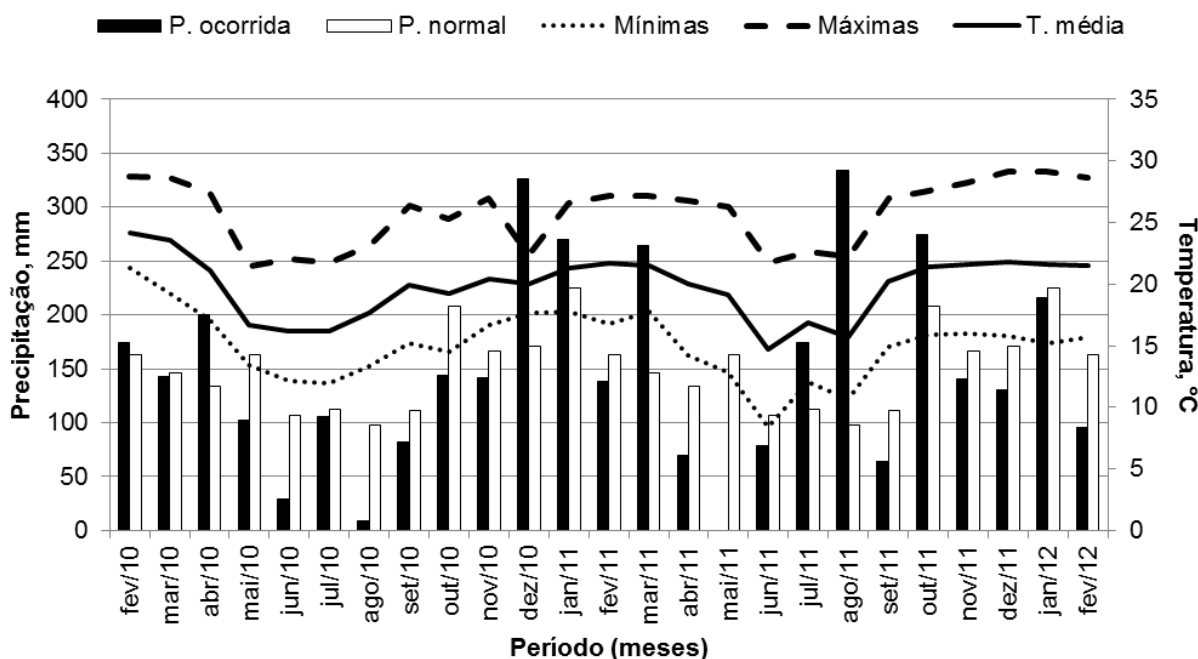


Figura 1. Histórico de precipitações e temperaturas ocorridas no período de fevereiro/10 a fevereiro/12, na estação meteorológica da área experimental da Copacol, Cafelândia-PR.

3.4 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com parcelas subdivididas e 4 repetições. Nas parcelas foram aplicadas cinco doses de cama de frango (0, 2, 4, 6 e 8 t ha⁻¹) e nas subparcelas foram aplicados três sistemas de adubação mineral, denominados: somente cama de frango (CF), complementação de super fosfato simples (CF + SFS) e complementação com formulação comercial mineral no sulco de semeadura (CF + Formulado). As parcelas principais (cama de frango) foram demarcadas com 12 m de comprimento x 12,5 m de largura (150 m²) e as subparcelas alocadas dentro da parcela com 12 m de comprimento x 4,17 m de largura (50m²). O tamanho de parcela foi definido em função de um melhor trânsito de máquinas para semeadura, colheita e aplicação dos produtos fitossanitários, evitando assim a interferência de fatores externos aos tratamentos.

As doses de cama de frango foram aplicadas antes do primeiro cultivo (milho 2ª safra) e reaplicadas antes do terceiro cultivo (trigo). A cama foi oriunda de aviários da região, e retirada após a criação de 8 lotes de frango, sendo imediatamente aplicada (cama crua). Os atributos químico-físicos da cama de frango aplicada estão apresentados na tabela 9.

Tabela 9. Atributos físico-químicos da cama de frango (8 lotes) aplicada no ensaio (base seca)

Atributos	1ª aplicação	2ª aplicação
Matéria Seca (%)	83,72	81,36
C orgânico, g kg ⁻¹	288,7	299,5
Relação C/N	10,9	9,8
pH, CaCl ₂	8,35	8,37
N total, g kg ⁻¹	26,4	30,5
P ₂ O ₅ total, g kg ⁻¹	36,4	33,1
K ₂ O total, g kg ⁻¹	29,3	28,5
Ca total, g kg ⁻¹	34,7	27,5
Mg total, g kg ⁻¹	6,4	5,7
S total, g kg ⁻¹	4,0	5,9

3.5 Aplicação dos tratamentos

As doses de cama de frango (0, 2, 4, 6 e 8 t ha⁻¹) na base úmida, foram aplicadas manualmente nas parcelas sete dias antes da semeadura das culturas (milho 2ª safra - 2010 e trigo - 2011), sendo a área previamente dessecada com o herbicida glifosato (Zapp Qi[®], 1,5 L ha⁻¹).

Para a cultura do milho na data da semeadura (28/02/2010), foi adicionado ao sulco de semeadura 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de SFS (00-19-00) e a formulação comercial 13-18-14, correspondente aos tratamentos CF + SFS e CF + formulado, respectivamente. A adubação nitrogenada em cobertura na cultura do milho foi realizada no estágio V4, sendo aplicado manualmente, 30 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia em todas as parcelas. O híbrido utilizado foi o híbrido simples de milho AG 9010 Y com densidade populacional de 62 mil sementes viáveis ha⁻¹ e um espaçamento entre linhas de 80 cm.

Em ambas as safras de soja, foram utilizadas a adubação em sulco de semeadura de 45 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de SFS (00-19-00) e a formulação comercial 02-24-16 correspondente aos tratamentos CF + SFS e CF + formulado, respectivamente. A cultivar de soja utilizada foi a BMX Magna RR e o BMX Apolo RR, semeadas em 12/10/2010 e 28/10/2011, respectivamente. As sementes foram tratadas com o inseticida, imidacloprid + tiodicarbe (Cropstar[®], 300 ml kg⁻¹⁰⁰) e inoculadas no momento da semeadura com *Bradyrhizobium japonicum* (Masterfix[®], 250 ml kg⁻¹⁰⁰). A semeadura da soja foi realizada densidade populacional de 310 mil sementes viáveis ha⁻¹ e um espaçamento entre linhas de 45 cm.

Na semeadura do trigo (5/02/2011), adicionou-se ao sulco de semeadura 45 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de SFS (00-19-00) e a formulação comercial 08-20-10, correspondente aos tratamentos CF + SFS e CF + formulado, respectivamente. A adubação nitrogenada em cobertura no trigo foi realizada no estágio de perfilhamento, sendo aplicados manualmente 40 kg ha⁻¹ de N na forma de ureia em todas as parcelas. O cultivar de trigo utilizado foi o Mirante, com densidade de 380 sementes viáveis m² e um espaçamento entre linhas de 17 cm.

As quantidades totais de fertilizantes minerais (N, P₂O₅ e K₂O) adicionados aos tratamentos estão discriminadas na tabela 10.

Tabela 10. Quantidades de N, P₂O₅ e K₂O, na forma mineral adicionada aos diferentes sistemas de adubação no sulco de semeadura no experimento

Safras	Forma de aplicação	CF			CF + SFS			CF + Formulado		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
		-----kg ha ⁻¹ -----								
Milho (1º cultivo)	Semeadura	-	-	-	-	50	-	36,1	50	38,9
	Cobertura	30	-	-	30	-	-	30	-	-
	Sub total	30	-	-	30	50	-	66	50	38,9
Soja (2º cultivo)	Semeadura	-	-	-	-	45	-	3,7	45	30
	Cobertura	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Sub total	-	-	-	-	45	-	3,7	45	30
Trigo (3º cultivo)	Semeadura	-	-	-	-	45	-	18	45	22,5
	Cobertura	40	-	-	40	-	-	40	-	-
	Sub total	40	-	-	40	45	-	58	45	22,5
Soja (4º cultivo)	Semeadura	-	-	-	-	45	-	3,7	45	30
	Cobertura	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Sub total	-	-	-	-	45	-	3,7	45	30
Total 4 cultivos		70	0	0	70	185	0	131,4	185	121,4

3.6 Tratos culturais

Os tratos culturais (controle de plantas daninhas, pragas e doenças) foram realizados de acordo com as recomendações oficiais e níveis de dano econômico com o controle químico.

Para o cultivo do milho foram aplicados os seguintes inseticidas: beta ciflutrina + imidacloprid (Connect[®], 0,4 L ha⁻¹) duas aplicações, V1 e V10; os seguintes herbicidas: atrazina (Primóleo[®], 2 L ha⁻¹) + mesotrione (Callisto[®], 0,125 L ha⁻¹) no estágio V4; e os seguintes fungicidas: piraclostrobina + epoxiconazole (Opera[®], 0,75 L ha⁻¹) no estágio V10.

Para o segundo cultivo (soja) foi aplicado os seguintes inseticidas: teflubenzurom (Nomolt[®], 0,1 L ha⁻¹), três aplicações V4, R1 e R3, beta ciflutrina + imidacloprid (Connect[®], 0,7 L ha⁻¹) no estágio R1, lambdacialotrina + tiametoxan (Engeo Pleno[®], 0,25 L ha⁻¹) no estágio R3 e R5; os seguintes herbicidas: glifosato (Roundup Ready[®], 2 L ha⁻¹) V4 e V6; e os seguintes fungicidas: piraclostrobina + epoxiconazole (Opera[®], 0,5 L ha⁻¹) no estágio R1 e azoxistrobina + ciproconazole (Priorixtra[®], 0,3 L ha⁻¹) no estágio R3 e R5.

No terceiro cultivo (trigo), foram aplicados os seguintes inseticidas: lambdacialotrina + tiametoxan (Engeo Pleno[®], 0,15 L ha⁻¹) no estágio de afilhamento e lufenuron (Match[®], 0,125 L ha⁻¹) no estágio de alongação e espigamento; os seguintes herbicidas: metsulfuron (Ally[®], 4 g ha⁻¹) no estágio do afilhamento e clodinafop propargyl (Topik[®], 0,1 L ha⁻¹) no estágio de alongação; e os seguintes fungicidas: propiconazol (Tilt[®], 0,4 L ha⁻¹) no estágio de alongação e piraclostrobina + epoxiconazole (Opera[®], 0,5 L ha⁻¹) no estágio de espigamento e enchimento de grãos.

Para o quarto cultivo (soja) foi aplicado os seguintes inseticidas: teflubenzurom (Nomolt[®], 0,1 L ha⁻¹), três aplicações V4, R1 e R3, lambdacialotrina + tiametoxan (Engeo Pleno[®], 0,25 L ha⁻¹) no estágio R3 e R5, e spiromesifeno (Oberon[®] 0,3 L ha⁻¹) no estágio R3; os seguintes herbicidas: glifosato (Roundup Ready[®], 2 L ha⁻¹) no estágio V4; e os seguintes fungicidas: piraclostrobina + epoxiconazole (Opera[®], 0,5 L ha⁻¹) no estágio R1 e trifloxistrobina + proticonazole (Fox[®], 0,4 L ha⁻¹) no estágio R3 e R5.

3.7 Avaliações

As avaliações consistiram da determinação do rendimento de grãos, componentes de rendimento, teores de nutrientes foliares e variáveis biométricas dos quatro cultivos sucessivos após a implantação. Após dois anos da implantação do experimento, coletaram-se amostras de solo para determinação dos atributos químicos no solo, conforme descrito abaixo:

3.7.1 Primeiro Cultivo (Milho 2^a safra)

3.7.1.1 Determinação dos teores de N, P e K foliar

Para a avaliação dos teores de N, P e K no primeiro cultivo (milho), foram coletadas seis folhas de milho por subparcela ao acaso, sem bainha, na base da espiga no estágio de R1 (RAIJ, 2011).

As amostras foram acondicionadas em sacos de papel e levadas para o Laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição Mineral de Plantas da Unioeste em Marechal Cândido Rondon. As folhas foram secas em estufa com circulação forçada

a 65°C, por 72 horas, sendo em seguida moídas em moinho tipo Willey. Os teores de N, P e K foram determinados pela metodologia descrita por Tedesco et al., (1995).

3.7.1.2 Variáveis biométricas

A medição da altura de plantas de milho foi realizada no momento da colheita com auxílio de uma régua graduada, determinou-se o comprimento do solo até a base da espiga (BE) e o comprimento da base da espiga até a base do pendão (EP). Para calcular a altura de plantas (BP), as duas distâncias foram somadas.

O rendimento de grãos de milho foi determinado a partir da colheita de espigas em dez metros de linha espaçada de 80 cm, somando 8 m² de subparcela útil. As espigas foram trilhadas em batedor de parcelas e pesadas em balança de precisão. A umidade gravimétrica foi determinada a partir da utilização do equipamento marca Dickey Jhon, modelo “MINI GAC PLUS”. A massa de grãos foi corrigida para umidade de 130 g kg⁻¹ para o cálculo do rendimento de grãos das subparcelas.

Para determinação da interferência dos tratamentos sobre prolificidade do híbrido, efetuou-se a contagem do número de plantas e espigas em dez metros lineares por duas linhas (8 m²). Para calcular a prolificidade dividiu-se o número de espigas pelo número de plantas na subparcela.

3.7.2 Segundo Cultivo (Soja)

3.7.2.1 Determinação dos teores de N, P e K foliar

Para determinação teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), foram coletadas dez folhas de soja ao acaso por subparcela, com pecíolo. Destacou-se da planta manualmente a 3ª folha totalmente aberta do ápice para a base no estágio de R1 (RAIJ, 2011).

As amostras foram acondicionadas em sacos de papel e levadas para o Laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição Mineral de Plantas da Unioeste em Marechal Cândido Rondon. As folhas foram secas em estufa com circulação forçada a 65°C, por 72 horas, sendo em seguida moídas em moinho tipo Willey. Os teores

de N, P e K foram determinados pela metodologia descrita por Tedesco et al., (1995).

3.7.2.2 Variáveis biométricas

Para variável nodulação, no estágio V6, foram coletadas e lavadas em água corrente com cuidado dez plantas por subparcela. Contou-se o número de nódulos na raiz principal.

A altura de plantas foi determinada a partir da medição do comprimento entre o solo e a última vagem em quatro plantas ao acaso na subparcela.

O rendimento de grãos de soja foi determinado a partir da colheita manual de cinco linhas de espaçadas 45 cm por cinco metros de comprimento, representando 11,25 m² de parcela útil. O material colhido foi trilhado em batedor de parcelas e a massa determinada em balança de precisão. A umidade gravimétrica foi determinada a partir da utilização do equipamento marca Dickey Jhon, modelo “MINI GAC PLUS”. A massa de grãos foi corrigida para umidade de 130 g kg⁻¹ para o cálculo do rendimento de grãos das subparcelas.

O número de vagens por planta e grãos por vagem foi determinado a partir da contagem da proporção de vagens com 0, 1, 2, 3 e 4 grãos, em plantas de soja coletadas em um metro linear da subparcela.

A massa de mil grãos (MMG) foi determinada a partir da contagem de 400 grãos colhidos por subparcela, e da pesagem em balança de precisão.

3.7.3 Terceiro cultivo (Trigo)

Para avaliar o acamamento das plantas de trigo, atribuiu-se notas para a subparcela, sendo 9, nota máxima de acamamento, e 0, nota mínima de acamamento da subparcela, tomando-se como referência a subparcela controle.

O rendimento de grãos de trigo foi determinado a partir da colheita manual de dez linhas de espaçadas de 17 cm por cinco metros de comprimento, representando 8,5 m² de subparcela útil. O material colhido foi trilhado em batedor de parcelas e a massa determinada em balança de precisão. A umidade gravimétrica foi determinada a partir da utilização do equipamento marca Dickey Jhon, modelo “MINI

GAC PLUS”. A massa de grãos foi corrigida para umidade de 130 g kg^{-1} para o cálculo do rendimento de grãos das subparcelas.

O peso do hectolitro (PH) representa o peso dos grãos por unidade de volume e foi determinado com auxílio da balança de peso do hectolitro.

3.7.4 Quarto cultivo (Soja)

No quarto cultivo foram avaliados a altura de plantas e o rendimento de grãos, adotando-se os mesmos procedimentos descritos para o segundo cultivo.

3.7.4 Produção total de grãos

Para estimar a produção total de grãos (t ha^{-1}), efetuou-se o somatório do rendimento individual de grãos de cada subparcela obtida nos quatro cultivos (milho 2ª safra, soja, trigo e soja).

3.7.6 Análise econômica

Para análise econômica calculou-se o retorno econômico anual (R\$) obtido em cada tratamento em razão das receitas brutas, descontando-se o custo da aplicação de cada tratamento nas subparcelas. A receita bruta foi obtida pela multiplicação do rendimento de grãos (kg ha^{-1}) pelo preço de venda dos produtos, com base no preço médio praticado pago ao produtor na região oeste do Paraná, no dia 30 de março de 2012 (data da análise).

Considerou-se o valor de, R\$ 22,00, R\$ 48,50 e R\$ 25,00 por saca, para o milho, soja e trigo, respectivamente. Os custos dos tratamentos foram calculados a partir dos preços médios praticados na região de Cafelândia – PR em março de 2012. Para cama de frango, aplicou-se o custo de R\$ 70,00 a tonelada, já aplicada, dividida em dois cultivos. Para os fertilizantes minerais, considerou-se um valor médio de R\$ 1220,00 e R\$ 740,00 por tonelada, para os formulados e SFS, respectivamente.

O somatório das receitas dos quatro cultivos (milho, soja, trigo e soja) foi dividido em dois anos, para obtenção da variável receita bruta anual (R\$).

3.8 Análise química do solo

Após o quarto cultivo (fevereiro de 2012), coletou-se amostras de solo da camada de 0-20 cm das subparcelas do ensaio. Em razão do custo elevado para determinação das análises optou-se por misturar as amostras dos tratamentos do bloco 1 e 2, e as do bloco 3 com o 4, reduzindo pela metade o custo das análises, totalizando um volume de 30 amostras encaminhadas ao laboratório de análises químicas. As amostras foram encaminhadas ao laboratório de análises químicas Solanalise® em Cascavel – PR, para determinação da análise química de macro e micronutrientes do solo.

De acordo com a metodologia descrita por Tedesco (1995), determinaram-se os teores de P, K⁺, Cu, Zn, Fe e Mn por Mehlich-1. Os teores de Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ pelo extrator de KCl. A matéria orgânica (M.O) por Walkey Black. O pH em CaCl₂. O hidrogênio + alumínio (H⁺ + Al³⁺) foi determinado pelo tampão SMP. O enxofre S(SO₄)²⁻ extraído com fosfato de cálcio em. O boro (B) pelo extrator HCl 0,05 mol L⁻¹.

A partir da determinação dos teores calculou-se a capacidade de troca de cátions (CTC), as relações entre cátions (Ca/Mg, Ca/K, Mg/K e Ca+Mg/K), as saturações por bases (V), saturação de K, Ca, Mg e Al.

3.9 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. As médias de adubação mineral de cada variável quando significativas, foram submetidas ao teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para as médias das doses de cama de frango foram escolhidos os modelos de regressão que melhor se ajustaram aos dados, com base na significância pelo teste F, considerando os níveis de 5 e 1 % de probabilidade e no maior valor do coeficiente de determinação (R²). Para análise utilizou-se o programa estatístico Sisvar 5.1 (FERREIRA, 2008).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Primeiro cultivo (Milho 2ª safra)

A prolificidade do híbrido não foi influenciada pela adubação com cama de frango e nem pela associação com a adubação mineral no primeiro cultivo. Por outro lado, os teores de nitrogênio (N) e fósforo (P) no tecido foliar, a altura da base ao pendão (BP), da espiga ao pendão (EP) e o rendimento de grãos foram influenciados pelas doses de cama de frango aplicadas ao solo (Tabela 11).

As doses de cama de frango promoveram um aumento linear do teor de N nas folhas, a cada tonelada de cama adicionada ao solo obteve-se um acréscimo de $0,95 \text{ g kg}^{-1}$ no teor de N foliar. Para o P foliar foi calculada uma projeção quadrática, calculou-se um acúmulo máximo de $2,46 \text{ g kg}^{-1}$ de P na dose de 8,2 toneladas de cama de frango. Os teores de N e P observados no ensaio estão adequados para a cultura do milho (RAIJ, 2011).

O aumento dos teores de N e P no tecido foliar em razão de doses mais elevadas de cama de frango promoveu uma maior altura de plantas (Tabela 11). A maior altura de plantas (BP) foi 187,0 cm na dose de $5,9 \text{ t ha}^{-1}$ de cama de frango, e a maior distância entre a espiga e o pendão foi 91,4 cm na dose de $5,37 \text{ t ha}^{-1}$ de cama de frango. Silva et al. (2011) estudando a aplicação de doses de cama de frango em milho, observaram uma resposta quadrática para a altura de plantas de milho aos 45 dias após a semeadura, corroborando com os dados observados neste trabalho. Os autores comprovaram que o uso da cama de frango aumentou a fertilidade do solo refletindo nos parâmetros biométricos do milho. Sbardelotto & Cassol (2009) estudaram diferentes doses de cama de frango e suas respostas no milho 1ª safra. Os autores concluíram que houve um aumento da altura de plantas de milho e um aumento do peso de mil grãos pela a adição de cama de frango, porém não foi observado respostas no rendimento de grãos em solos de alta fertilidade nos sudoeste de Paraná.

O maior rendimento de grãos de milho (primeiro cultivo) foi obtido na dose de $5,72 \text{ t ha}^{-1}$ (Tabela 11) e o máximo rendimento calculado foi de $7.946,38 \text{ kg ha}^{-1}$. Comparando com a dose 0 t ha^{-1} , houve um incremento de $656,6 \text{ kg ha}^{-1}$ de grãos de milho com a adição da cama de frango no primeiro cultivo.

Os dados obtidos comprovam as informações geradas por outros autores sobre o incremento do rendimento de grãos pelo uso de resíduos de aves. Figueroa (2008) obteve o maior rendimento do milho 1ª safra com 8,9 t ha⁻¹ de esterco de aves, em um ensaio conduzido em Passo Fundo - RS. Pessotto et al. (2012), estudaram a possibilidade de substituição da adubação mineral pela cama de frango no milho e concluíram que doses acima de 3,5 t ha⁻¹ de cama de frango incrementaram o rendimento de grãos do milho.

Tabela 11. Equações de regressão, coeficiente de determinação (R^2) ponto de máxima e máxima da função para as variáveis: comprimento da base ao pendão (BP), comprimento da espiga ao pendão (EP), nitrogênio foliar, fósforo foliar e rendimento de grãos em razão de doses de cama de frango na cultura do milho 2ª safra

Variáveis	Equação de regressão	R^2	P. máx. t ha ⁻¹	Máx. da função
Nitrogênio, g kg ⁻¹	$\hat{y} = 26,0166 + 0,9515x$	86,91**	-	-
Fósforo, g kg ⁻¹	$\hat{y} = 2,0995 + 0,0902x - 0,0055x^2$	92,27**	8,20	2,46
Base - Pendão, cm	$\hat{y} = 173,4127 + 4,6184x - 0,3914x^2$	96,27**	5,90	187,0
Espiga - Pendão, cm	$\hat{y} = 86,4976 + 1,8399x - 0,1711x^2$	83,08*	5,37	91,4
Rendimento, kg ha ⁻¹	$\hat{y} = 7289,72 + 229,78x - 20,1012x^2$	94,89*	5,72	7946,38

ns: não significativo, *significativo ($p < 0,05$) e ** significativo ($p < 0,01$)

Houve diferenças significativas ($p < 0,05$) para as variáveis biométricas quanto aos sistemas de adubação mineral no sulco de semeadura. Os maiores distâncias BE, EP e BP, foram observados com a adição do SFS e o formulado no sulco de semeadura, não diferindo entre si. A mesma resposta foi observada para variável rendimento de grãos (Tabela 12). A adição da adubação mineral aumentou em relação a não aplicação de adubo mineral em 166,3 e 459,31 kg ha⁻¹ para o SFS e o formulado, respectivamente.

Os resultados demonstram que existe resposta à complementação da adubação mineral a cama de frango. Portanto não se dispensa a adubação mineral pela adição de cama de frango na cultura do milho 2ª safra. Essa resposta se deve a grande necessidade de nutrientes prontamente disponíveis (principalmente o fósforo) a cultura na fase inicial V3-V6, onde são definidos os principais

componentes do rendimento (FANCELLI, 2010). Apesar das quantidades absorvidas serem baixas nesta fase, o fósforo deve estar circundando as raízes e estar prontamente disponível para as plantas, a fim de obter altos rendimentos em milho, conforme postulado por Ritchie, Hanway e Benson (2003).

Tabela 12. Comprimento da base da planta até a espiga (BE), comprimento da espiga até o pendão (EP), comprimento da base da planta até o pendão (BP) e rendimento de grãos do milho 2ª safra em razão de diferentes sistemas de adubação mineral no sulco de semeadura

Adubação mineral	cm			Rendimento kg ha ⁻¹
	BE	EP	BP	
CF	87,09 b	87,43 b	175,39 b	7517,85 b
CF + SFS	92,82 a	90,12 ab	183,30 a	7684,15 ab
CF + formulado	95,36 a	91,67 a	188,70 a	7977,16 a
Média	91,75	89,74	182,46	7726,38
DMS	5,40	3,96	5,71	355,43

CF – Cama de frango (0, 2, 4, 6 e 8 t ha⁻¹); CF + SFS - Cama de frango (0, 2, 4, 6 e 8 t ha⁻¹) + Super fosfato simples (00-19-00: 263 kg ha⁻¹); CF + formulado - Cama de frango (0, 2, 4, 6 e 8 t ha⁻¹) + formulado (13-18-14: 277 kg ha⁻¹). Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Para o teor de K no tecido foliar, houve uma interação entre as doses de cama de frango e a adubação mineral no sulco de semeadura (Tabela 13). Ao se adicionar 38,9 kg ha⁻¹ de K₂O, via adubação formulada (13-18-14) no sulco de semeadura, juntamente com a cama de frango, houve um incremento nos teores de K na folha de milho. A dose de cama de frango estimada para o máximo acúmulo de K na folha foi 8,51 t ha⁻¹. Esse incremento pode ser explicado pela alta concentração de K⁺ na solução do solo, a qual promoveu o aumento do fluxo de entrada de K⁺ na raiz da planta, concentrando-se nas folhas (SOUZA & FERNANDES, 2006). Quando não se adicionou K no sulco de semeadura, os teores na folha não foram influenciados pela dose de cama aplicada. Mais uma vez mostrando a importância de não dispensar a adubação mineral no sulco de semeadura para a cultura do milho.

Tabela 13. Equações de regressão, coeficiente de determinação (R^2), ponto de máxima e máxima da função dos teores de K foliar do milho 2ª safra em razão do aumento de doses de cama de frango, de acordo com os diferentes adubos minerais adicionados ao sulco de semeadura

Adubação mineral	Equação de regressão	R^2	P. máx. t ha ⁻¹	Máx. F. g kg ⁻¹
CF	$\hat{y} = \bar{y} = 35,90$	83,33 ^{ns}	-	-
CF + SFS	$\hat{y} = \bar{y} = 37,35$	77,39 ^{ns}	-	-
CF + formulado	$\hat{y} = 33,1857 + 1,5142x - 0,0893x^2$	95,42 ^{**}	8,51	39,26

CF – Cama de frango (0, 2, 4, 6 e 8 t ha⁻¹); CF + SFS - Cama de frango (0, 2, 4, 6 e 8 t ha⁻¹) + Super fosfato simples (00-19-00: 263 kg ha⁻¹); CF + formulado - Cama de frango (0, 2, 4, 6 e 8 t ha⁻¹) + formulado (13-18-14: 277 kg ha⁻¹). ns: não significativo, *significativo (p<0,05) e ** significativo (p<0,01)

4.2 Segundo cultivo (Soja)

A resposta residual na cultura da soja pela adição de cama de frango não foi significativa (p<0,05) para a massa de mil grãos (MMG) e número de vagens por planta, cultivada em sequência do milho. Já para nodulação, altura de plantas e teor de potássio no tecido foliar (K), houve uma resposta linear nas doses de cama de frango estudadas. Para os teores de fósforo no tecido foliar (P) e o número de vagens por planta teve um efeito quadrático em razão das doses de cama de frango (Tabela 14).

A mineralização da cama de frango no segundo cultivo (soja) promoveu uma redução da nodulação em razão do aumento das doses (Tabela 14). De acordo com a Embrapa (2006) e a CQFS-RS/SC (2004) a disponibilização de N mineral a cultura da soja causa uma redução da nodulação e da eficiência da fixação biológica de nitrogênio (FBN). Recomenda-se não ultrapassar a dose de 20 kg ha⁻¹ de N mineral aplicado à cultura.

A altura de plantas de soja aumentou em razão das doses de cama de frango (Tabela 14). A melhor nutrição das plantas incrementou 1,02 cm na altura da soja por tonelada de cama adicionada na cultura anterior, porém não houve acamamento das plantas. Carvalho et al. (2011) estudando doses de cama de frango aplicadas antes da cultura da soja, observou um aumento da altura de plantas e do índice de

acamamento da soja em razão do aumento das doses de cama de frango. O nitrogênio, quando disponível em excesso pode ocasionar toxidez à planta pelo acúmulo de NH_4^+ nos tecidos. Esse acúmulo associado à baixa luminosidade consome carbono gerado pela fotossíntese, enfraquecendo os tecidos de sustentação, reduzindo a produtividade e causando o acamamento das culturas (SOUZA & FERNANDES, 2006). Neste trabalho não houve acamamento da soja mesmo nas doses elevadas (8 t ha^{-1}) em razão da aplicação ter ocorrido antes da cultura anterior (milho). A mineralização do N na cama de frango para o segundo cultivo é de apenas 20 % (CQFS-RS/SC, 2004).

Tabela 14. Equações de regressão, coeficiente de determinação (R^2), ponto de máxima e máxima da função para as variáveis: nodulação, fósforo e potássio foliar, altura e número de vagens por planta em razão de doses de cama de frango, aplicadas na cultura antecedente (milho 2ª safra)

Variáveis	Equação de regressão	R^2	P. Máx. t ha^{-1}	Máx. F.
Nodulação, nº/planta	$\hat{y} = 23,0500 - 0,7666x$	92,89**	-	-
Altura de plantas, cm	$\hat{y} = 102,5500 + 1,0167x$	84,02*	-	-
Fósforo, g kg^{-1}	$\hat{y} = 1,4761 + 0,1696x - 0,0133x^2$	83,19**	6,37	2,02
Potássio, g kg^{-1}	$\hat{y} = 37,5651 + 0,6442x$	82,60**	-	-
Vagens/planta	$\hat{y} = 41,8667 + 1,7416x - 0,1667x^2$	77,67*	5,22	46,41

ns: não significativo, *significativo ($p < 0,05$) e ** significativo ($p < 0,01$)

O efeito residual da cama de frango refletiu nos teores de P e K foliar da soja (Tabela 14). Para o P houve um acúmulo máximo calculado de $2,02 \text{ g kg}^{-1}$ na dose de $6,37 \text{ t ha}^{-1}$. Já para o K houve um ajuste linear, acumulando $0,64 \text{ g kg}^{-1}$ de K no tecido foliar a cada tonelada de cama de frango aplicada no cultivo anterior até 8 t ha^{-1} . Apesar dos incrementos observados, os teores de P e K foliar foram baixos quando comparados às indicações oficiais (RAIJ, 2011; EMBRAPA, 2006; CQFS-RS/SC, 2004). Os maiores teores de macronutrientes foliares refletem a melhor nutrição da planta, e consequentemente influenciaram no rendimento de grãos. Vieira et al. (2010), estudando a variabilidade espacial dos teores foliares de

nutrientes e a produtividade da soja, concluíram a existência de uma correlação direta entre a produtividade e os teores de P e K foliar.

O número de vagens por planta teve um comportamento quadrático em função da adição de cama de frango (Tabela 14). A dose de 5,22 t ha⁻¹ de cama de frango aplicada na cultura anterior promoveu o maior número de vagens por planta (46,4), contribuindo como componente importante para construção do rendimento de grãos. Carvalho et al. (2011) observaram aumento do número de vagens por planta de soja em função da adição da cama de frango.

O efeito dos sistemas de adubação mineral no sulco de semeadura está apresentado na Tabela 15. Não houve diferença significativa ($p < 0,05$) para a variável nodulação, massa de mil grãos (MMG) e grãos por vagem. A adubação formulada promoveu uma maior altura de plantas de soja que não diferiu do SFS.

Quando se adicionou SFS ao sulco de semeadura, observou-se um aumento significativo do número de vagens por planta de soja (Tabela 15). Esse aumento do número de vagens por planta pode estar atrelado à presença de enxofre (S) no SFS. Martins et al. (2008), estudando a adubação nitrogenada e sulfatada em soja, observaram um aumento significativo de vagens por planta quando se forneceu S para a cultura. O SFS usado neste trabalho continha 11 % de S. Indiretamente se adicionou às parcelas, 26,0 e 28,9 kg ha⁻¹ de S no primeiro e segundo cultivo, respectivamente.

Tabela 15. Nodulação, altura, massa de mil grãos (MMG), número de vagens por planta e número de grãos por vagem da soja (cultivar, BMX Magna RR), em razão de diferentes sistemas de adubação mineral no sulco de semeadura

Adubação mineral	Nodulação	Altura	MMG	Vagem/planta	Grãos/vagem
	nódulos	cm	g	vagens	grãos
CF	20,65 a	104,47 b	135,92 a	43,71 b	2,23 a
CF + SFS	18,68 a	105,00 ab	135,61 a	48,13 a	2,20 a
CF + formulado	18,58 a	110,57 a	137,52 a	42,60 b	2,20 a
Média	19,30	106,68	136,35	44,81	2,21
DMS	2,53	6,03	3,14	3,02	0,06

CF – Cama de frango (0, 2, 4, 6 e 8 t ha⁻¹); CF + SFS - Cama de frango (0, 2, 4, 6 e 8 t ha⁻¹) + Super fosfato simples (00-19-00: 236 kg ha⁻¹); CF + formulado - Cama de frango (0, 2, 4, 6 e 8 t ha⁻¹) + formulado (02-24-16: 187 kg ha⁻¹). Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Os sistemas de adubação interferiram nos teores de N e P no tecido foliar (Tabela 16). A adubação mineral no sulco de semeadura com P e K favoreceu a absorção dos nutrientes, além de promover efeito sinérgico para absorção e assimilação do N. Os teores de N e P foliar do sistema de adubação “CF + formulado” foram superiores ao “CF”. Enquanto que os teores de K foliar não diferiram quanto a complementação da adubação no sulco de semeadura.

Tabela 16. Teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) das folhas de soja (cultivar, BMX Magna RR), em razão de diferentes sistemas de adubação mineral no sulco de semeadura

Adubação mineral	Nitrogênio	Fósforo	Potássio
	-----g kg ⁻¹ -----		
CF	43,48 b	1,532 b	38,84 a
CF + SFS	45,20 ab	1,625 ab	40,20 a
CF + formulado	47,57 a	1,685 a	41,39 a
Média	45,41	1,624	40,14
DMS	2,92	0,085	2,62

CF – Cama de frango (0, 2, 4, 6 e 8 t ha⁻¹); CF + SFS - Cama de frango (0, 2, 4, 6 e 8 t ha⁻¹) + Super fosfato simples (00-19-00: 236 kg ha⁻¹); CF + formulado - Cama de frango (0, 2, 4, 6 e 8 t ha⁻¹) + formulado (02-24-16: 187 kg ha⁻¹). Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Para o teor de N foliar, houve interação entre as doses de cama de frango e os sistemas de adubação mineral no sulco de semeadura (Tabela 17). O incremento do teor de N foliar em função da dose de cama de frango ocorreu apenas quando se adotou o sistema de complementação com adubação formulada no sulco de semeadura. A dose de cama de frango estimada para o maior teor de N foliar na soja foi de 8,1 t ha⁻¹. Essa interação confirma a necessidade de complementação de P e K mineral para equilibrar o balanço de nutrientes na planta. O K tem ação importante na ativação das enzimas de assimilação do N (SOUZA & FERNANDES, 2006).

Tabela 17. Equações de regressão, coeficiente de determinação (R^2), ponto de máxima e máxima da função dos teores de N foliar da soja em razão do aumento de doses de cama de frango aplicadas na cultura anterior, associado aos diferentes adubos minerais no sulco de semeadura

Adubação mineral	Equação de regressão	R^2	P. Máx. t ha ⁻¹	Máx. F. g kg ⁻¹
CF	$\hat{y} = \bar{y} = 43,40$	48,48 ^{ns}	-	-
CF + SFS	$\hat{y} = \bar{y} = 45,20$	88,04 ^{ns}	-	-
CF + formulado	$\hat{y} = 41,3000 + 2,5375x - 0,1563x^2$	86,82*	8,12	51,60

CF – Cama de frango (0, 2, 4, 6 e 8 t ha⁻¹); CF + SFS - Cama de frango (0, 2, 4, 6 e 8 t ha⁻¹) + Super fosfato simples (00-19-00: 236 kg ha⁻¹); CF + formulado - Cama de frango (0, 2, 4, 6 e 8 t ha⁻¹) + formulado (02-24-16: 187 kg ha⁻¹). ns: não significativo, *significativo (p<0,05) e ** significativo (p<0,01).

Passos et al. (2012) estudando a correlação entre os teores de macronutrientes nas folhas de soja associadas a aplicação de resíduos orgânicos, concluíram que existe uma correlação direta entre os teores N, P, K, Ca e Mg foliar com o rendimento de grãos. Concluíram ainda que a adição de cama de frango promove uma melhoria significativa no estado nutricional da soja.

O rendimento de grãos de soja teve uma interação significativa (p<0,05) da cama de frango em razão dos diferentes sistemas de adubação mineral no sulco de semeadura (Tabela 18). As doses de cama de frango aplicadas na cultura anterior interagiram de maneira diferente em razão dos sistemas de adubação mineral no sulco de semeadura, apresentando respostas quadráticas nos três sistemas de adubação mineral, porém os pontos de máxima e máxima da função foram diferentes (Tabela 18). O efeito residual de cama de frango para a cultura da soja incrementou em relação à dose 0 t ha⁻¹ 237, 566 e 445 kg ha⁻¹ de grãos para a CF, CF + SFS e a CF + formulado, respectivamente.

A complementação com P e K no sulco de semeadura interferiu na resposta das doses de cama de frango para o rendimento de grãos. Comparando os sistemas de adubação houve um aumento de 128,1 e 191,1 kg ha⁻¹ de grãos de soja pela uso da adubação mineral associada à cama de frango para o SFS e o formulado, respectivamente.

Tabela 18. Equações de regressão, coeficiente de determinação (R^2), ponto de máxima e máxima da função das doses de cama de frango sob o rendimento de grãos da soja em razão dos diferentes sistemas de adubação mineral

Adubação mineral	Equação de regressão	R^2	P. Máx. t ha ⁻¹	Máx. F. kg ha ⁻¹
CF	$\hat{y} = 3875,02 + 73,7786x - 5,7410x^2$	90,32**	6,43	4112,05
CF + SFS	$\hat{y} = 3674,06 + 133,0482x - 7,8169x^2$	96,63**	8,51	4240,20
CF + formulado	$\hat{y} = 3857,75 + 101,4875x - 5,7812x^2$	94,64**	8,78	4303,15

CF – Cama de frango (0, 2, 4, 6 e 8 t ha⁻¹); CF + SFS - Cama de frango (0, 2, 4, 6 e 8 t ha⁻¹) + Super fosfato simples (00-19-00: 236 kg ha⁻¹); CF + formulado - Cama de frango (0, 2, 4, 6 e 8 t ha⁻¹) + formulado (02-24-16: 187 kg ha⁻¹). ns: não significativo, *significativo ($p < 0,05$) e ** significativo ($p < 0,01$).

Essas respostas residuais foram observadas em outros trabalhos. Felini e Bono (2011) estudaram doses de cama de frango em soja e milho safrinha na região de Sidrolândia – MS e constataram um aumento do rendimento de grãos de soja, quando a cama é aplicada em doses mais elevadas na cultura anterior (milho safrinha). Já, Figueroa (2008) não encontrou respostas residuais do esterco de aves poedeiras em soja e feijão, cultivados em sequencia de trigo e milho, respectivamente, na região de Passo Fundo – RS. Estas contradições evidenciam a necessidade de elaborar mais estudos localizados para avaliar os efeitos do uso da cama de frango nos diferentes ambientes e sistemas de produção.

4.3 Terceiro cultivo (Trigo)

A reaplicação das doses de cama de frango afetou o rendimento, peso do hectolitro e o acamamento de plantas ($p < 0,05$) da cultura do trigo (Tabela 19 e 20).

O rendimento de grãos de trigo apresentou uma resposta quadrática à adição de cama de frango, sendo que a dose de máxima foi 7,39 t ha⁻¹ ano⁻¹ com a produção de 3766 kg ha⁻¹ o que representa um acúmulo de 1486,43 kg ha⁻¹, em relação à dose 0 t ha⁻¹ (sem aplicação de cama de frango) portanto, um acréscimo de 65% na produtividade do trigo. Figueroa (2008), avaliando o rendimento de grãos de trigo após a aplicação de esterco de aves poedeiras, constatou um incremento de 32% na produtividade do trigo com a adição de 2,8 t ha⁻¹ de esterco. Esse

incremento foi atribuído ao maior número de grãos por espiga avaliados naquele experimento.

O peso do hectolitro (PH) do trigo reduziu linearmente com o aumento das doses de cama de frango aplicadas, prejudicando a classificação do produto final. Estas respostas corroboram com os dados de Figueroa (2008), que constatou o maior PH na parcela controle, o autor atribuiu essa resposta à redistribuição dos fotoassimilados ao maior número de grãos nas parcelas adubadas com esterco de galinhas.

Tabela 19. Equações de regressão, coeficiente de determinação (R^2), ponto de máxima e máxima da função para as variáveis: peso do hectolitro (PH) e do rendimento de grãos de trigo em razão de doses de cama de frango

Variáveis	Equação de regressão	R^2	P. Máx. t ha ⁻¹	Máx. F.
Rendimento, kg ha ⁻¹	$\hat{y} = 2279,79 + 402,15x - 27,2001x^2$	91,42**	7,39	3766,22
Peso do Hectolitro, kg L ⁻¹⁰⁰	$\hat{y} = 76,7167 - 0,0364x$	85,11**		

ns: não significativo, *significativo ($p < 0,05$) e ** significativo ($p < 0,01$)

Apesar do alto incremento no rendimento de grãos de trigo com a adição de cama de frango, houve acamamento da cultura (Tabela 20). As notas de acamamento foram maiores em função das doses de cama de frango, porém quando se complementou com a adubação mineral houve um maior acamamento.

Tabela 20. Equações de regressão e coeficiente de determinação (R^2) das notas de acamamento do trigo cultivado sob doses de cama de frango em razão de diferentes sistemas de adubação mineral

Adubação mineral	Equação de regressão	R^2
CF	$\hat{y} = - 0,9500 + 0,8250x$	91,67**
CF + SFS	$\hat{y} = - 0,9500 + 1,0750x$	94,43**
CF + formulado	$\hat{y} = - 0,6000 + 1,2250x$	90,54**

CF – Cama de frango (0, 2, 4, 6 e 8 t ha⁻¹); CF + SFS - Cama de frango (0, 2, 4, 6 e 8 t ha⁻¹) + super fosfato simples (00-19-00: 236 kg ha⁻¹); CF + formulado - Cama de frango (0, 2, 4, 6 e 8 t ha⁻¹) + formulado (08-20-10: 225 kg ha⁻¹). ns: não significativo, *significativo ($p < 0,05$) e ** significativo ($p < 0,01$).

As causas do acamamento do trigo estão associadas a uma combinação de fatores, entre eles destaca-se o porte do trigo, densidade de plantas, umidade do solo, ventos e desequilíbrio nutricional (ZAGONEL et al., 2002; CRUZ, 2003). Adubações intensivas promovem uma maior altura de plantas, que conseqüentemente as tornam mais sensíveis ao acamamento (CRUZ et al., 2003). O nitrogênio (N) é o principal elemento associado ao acamamento das culturas (SOUZA & FERNANDES, 2006). A cama de frango mineraliza 50 % do N já no primeiro cultivo (CQFS-RS/SC, 2004), deixando este elemento altamente disponível para a cultura. Freitas et al. (1994), estudando doses de N sob cultivares de trigo observaram que o aumento das doses de N promoveram o acréscimo da altura de plantas e do acamamento no ensaio, prejudicando a colheita mecânica. Cruz et al. (2003) estudando o acamamento em trigo, concluiu que o acamamento interferiu o rendimento de grãos, PH e peso médio de grãos do trigo. As respostas negativas do PH para o incremento de doses de cama podem estar associadas também ao acamamento da cultura.

Algumas alternativas podem ser usadas a fim de permitir a utilização de tecnologia além do aumento de doses de cama de frango sem ter perdas com o acamamento da cultura do trigo, como é o caso da utilização dos reguladores de crescimento (ZAGONEL et al., 2002; ESPINDULA et al., 2010). O produto mais usado no trigo é o trinexapac-ethyl. Este regulador interfere no balanço das giberelinas, reduzindo drasticamente os níveis da GA₁, responsável pelo crescimento das plantas (DAVIES, 1987). A utilização dos reguladores de crescimento permite que o trigo se mantenha em uma altura menor e expresse todo potencial de produção.

4.4 Quarto cultivo (Soja)

Avaliando-se o efeito residual da reaplicação das doses de cama de frango encontrou-se um incremento quadrático significativo ($p < 0,05$) para as doses de cama de frango no rendimento de grãos de soja. E um incremento linear para a altura de plantas. Comprovando a ação residual dos resíduos orgânicos nas culturas. Cada tonelada de cama adicionada antes da cultura de inverno

(antecessora) houve um incremento de 1,12 cm na altura da soja (cultivar BMX Apolo). Não se observou acamamento da soja nas doses testadas.

A dose de cama de frango calculada que apresentou o maior rendimento de grãos de soja foi 7,69 t ha⁻¹, com um acréscimo de 1078,58 kg ha⁻¹ de grãos em relação à dose 0 t ha⁻¹, representando 29 % de incremento na produtividade.

Tabela 21. Equações de regressão, coeficiente de determinação (R²), ponto de máxima e máxima da função para as variáveis: rendimento de grãos e altura de plantas de soja em razão de doses de cama de frango aplicadas antes do trigo

Variáveis	Equação de regressão	R ²	P. Máx. t ha ⁻¹	Máx. F.
Rendimento, kg ha ⁻¹	$\hat{y} = 3690,67 + 280,497x - 18,2366x^2$	98,03**	7,69	4769,25
Altura de plantas, cm	$\hat{y} = 69,3666 + 1,1250x$	94,17**	-	-

ns: não significativo, *significativo (p<0,05) e ** significativo (p<0,01)

Os sistemas de adubação mineral no sulco de semeadura diferiram entre si para o rendimento de grãos, produzindo 4224,15; 4372,10 e 4528,70 kg ha⁻¹ respectivamente para a CF, CF + SFS e CF + formulado. Ao considerarmos, que nesta safra houve uma redução da precipitação durante a fase reprodutiva da soja (Figura 1), a maior fertilização promoveu um incremento significativo da produtividade.

4.5 Análise técnica e econômica

O somatório da produção total de grãos dos quatro cultivos avaliados (milho 2ª safra, soja, trigo e soja), apresentou um comportamento quadrático para as doses de cama de frango aplicadas antes da cultura de inverno (Tabela 22). A dose calculada que apresentou maior produção foi 7,39 t ha⁻¹ ano⁻¹, produzindo 20,99 t ha⁻¹ de grãos, esta produção significa, 3,93 t ha⁻¹ acima da dose 0 t ha⁻¹ de cama de frango em quatro cultivos. Estes valores evidenciam um grande incremento em produção pela utilização da cama de frango no sistema de produção do oeste do Paraná.

Quando se comparou os sistemas de adubação no sulco, foi observada uma maior produção total de grãos para os tratamentos que continham SFS e formulado, não diferindo entre si (Tabela 23). Evidenciando a resposta da adubação mineral no sulco de semeadura para atingir altas produtividades.

Tabela 22. Equações de regressão, coeficiente de determinação (R^2), ponto de máxima e máxima da função para as variáveis: produção total de grãos e receita bruta anual

Variáveis	Equação de regressão	R^2	P. Máx. t ha ⁻¹	Máx. F.
Produção total, t ha ⁻¹	$\hat{y} = 17,0625 + 1,0625x - 0,0719x^2$	98,17**	7,39	20,99
Receita bruta, R\$ ha ⁻¹ ano ⁻¹	$\hat{y} = 4552,99 + 210,88x - 19,3353x^2$	97,42**	5,45	5127,99

ns: não significativo, *significativo ($p < 0,05$) e ** significativo ($p < 0,01$)

O mesmo comportamento foi observado para a receita bruta anual (Tabela 22), houve um acréscimo da receita anual até a dose de 5,45 t ha⁻¹ ano⁻¹, com posterior decréscimo. Porém, quando se comparou os diferentes sistemas de adubação mineral no sulco de semeadura, a receita bruta anual (Tabela 23), esta foi maior no tratamento que não se adicionou adubação mineral (CF). Quando se utilizou apenas a cama de frango como adubação no sistema de produção, obteve-se uma liquidez média anual de R\$ 196,37 e R\$ 225,53 acima da complementação com SFS e formulado, respectivamente. Os valores de liquidez foram maiores para o tratamento sem adubação mineral apesar da menor produção (Tabela 23), em razão do custo elevado dos fertilizantes minerais.

Tabela 23. Produção total de grãos (quatro cultivos) e receita bruta anual com a utilização de diferentes sistemas de adubação mineral na linha de semeadura em complementação a cama de frango

Adubação mineral	Produção total	Receita bruta
	t ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹ ano ⁻¹
CF	18,84 b	5.073,12 a
CF + SFS	19,49 a	4.876,75 b
CF + formulado	19,86 a	4.847,59 b
Média	19,39	4.932,48
DMS	0,556	139,57

CF – Cama de frango (0, 2, 4, 6 e 8 t ha⁻¹ ano⁻¹); CF + SFS - Cama de frango (0, 2, 4, 6 e 8 t ha⁻¹ ano⁻¹) + Super fosfato simples (185 kg ha⁻¹ P₂O₅); CF + formulado - Cama de frango (0, 2, 4, 6 e 8 t ha⁻¹ ano⁻¹) + formulado (185 kg ha⁻¹ P₂O₅ e 121 kg ha⁻¹ de K₂O); Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Os resultados da análise econômica permitem visualizar a possibilidade de substituição dos fertilizantes minerais pela cama de frango, uma vez que a disponibilidade deste resíduo na região oeste do Paraná, ou mesmo na propriedade. A substituição dos fertilizantes minerais no sistema de produção, além de melhorar a produtividade por área, aumenta a rentabilidade do produtor rural do oeste do Paraná.

4.6 Respostas aos atributos químicos do solo

Após o cultivo de quatro safras, alguns atributos químicos do solo foram influenciados significativamente ($p < 0,05$) em função das doses de cama de frango.

Os teores de K no solo aumentaram linearmente com as doses de cama de frango. A utilização de 2,78 t ha⁻¹ ano⁻¹ de cama por ano permitiu a manutenção dos teores iniciais de K do solo.

A extração por parte das culturas e as perdas no solo reduziram os teores de K nas doses inferiores a 2,78 t ha⁻¹ ano⁻¹. A adição de cama de frango incrementou 0,04 cmol_c dm³ de K no solo por tonelada anual adicionada antes da cultura de inverno. A elevação dos teores de K no solo interferiu no processo de relações entre

cátions no solo, reduzindo linearmente a relação Ca/K e aumentando a saturação de K no solo (Tabela 24). De acordo com Benites et al. (2010), as relações entre o Ca, Mg e K são muito estudadas, porém poucos trabalhos mostram resultados da interferências entre os cátions quando estão em níveis de suficiência no solos brasileiros.

Carvalho et al. (2011) estudando os nutrientes do solo após a adição de doses de cama de frango no cultivo da soja, concluiu que os elementos que aumentaram significativamente e linearmente foram o K e S. Corroborando com o trabalho de Carvalho et al. (2011). Os teores de S neste trabalho também aumentaram com doses de cama de frango (Tabela 24). Houve um acréscimo de $1,1 \text{ mg dm}^{-3}$ de S no solo por tonelada de cama de frango adicionada anualmente, após quatro cultivos. A dose de $4,7 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ foi capaz de manter os teores iniciais de S no solo. Destaca-se a grande extração de S na dose 0 t ha^{-1} de cama de frango, mostrando a importância de se intensificar as adubações com este elemento.

Os teores de P no solo aumentaram expressivamente com a adição de doses de cama de frango (Tabela 24). Houve um acréscimo de $3,8 \text{ mg dm}^{-3}$ de P (extraído por Mehlich-1) por tonelada de cama de frango, adicionada anualmente após quatro cultivos. O teor de P é um dos atributos químicos influenciados positivamente pela aplicação de resíduos orgânicos como a cama de frango (ABREU JÚNIOR et al., 2005)

Silva et al. (2011), observaram um acréscimo de $0,26 \text{ mg dm}^{-3}$ de P no solo (Mehlich-1) por tonelada de cama de frango, aplicada 15 dias antes da semeadura do milho e avaliada 45 dias após a semeadura. Os autores concluíram que a cama de frango é superior na disponibilização de P, quando comparada com a adubação mineral. Bolan et al. (1994) afirmam que os ácidos orgânicos aumentam a disponibilidade de fósforo nos solos principalmente pela redução da adsorção e aumento da solubilização do fósforo.

Os altos teores de fósforo no solo são favoráveis, uma vez que o fósforo é um dos elementos mais fixados e deficientes as culturas nos solos brasileiros (RAIJ, 2011). O fósforo representa maior parte do custo de produção das culturas anuais em solos argilosos. Os solos argilosos apresentam alta capacidade de fixação de fósforo, pelos óxidos de Fe e Al (NOVAIS et al., 2007).

A aplicação de cama de frango permite a manutenção do fósforo na forma orgânica, reduzindo a fixação do fósforo no solo. Branco et al. (2001) observou a necessidade da presença de ácidos orgânicos, para que seja possível reduzir a fixação de fósforo pelas partículas de solo, melhorando a disponibilidade deste elemento. 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.

Os teores de cobre (Cu) reduziram com o aumento das doses de cama de frango (Tabela 24). Essa redução deve-se a ligação do Cu pela matéria orgânica da cama de frango. O Cu é um dos elementos menos móveis no solo devido a sua forte adsorção nos colóides orgânicos e inorgânicos do solo. Na matéria orgânica o Cu é retido principalmente pelos ácidos húmicos e fúlvicos formando complexos estáveis (SILVA & MENDONÇA, 2007). A adsorção específica de metais a colóides orgânicos resulta da formação de moléculas estáveis, com elevada energia de ligação, e tem como consequência a formação de complexos de esfera interna (SPARKS, 1995).

A redução dos teores de Cu não influenciou os índices de suficiência deste nutriente às plantas. Teores acima de $0,8 \text{ mg dm}^{-3}$ extraídos por Mehlich-1, são considerados altos para os solos brasileiros (MORAES et al., 2010).

Tabela 24. Equações de regressão, coeficiente de determinação (R^2) e teor inicial das variáveis; potássio (K), fósforo (P), enxofre (S), cobre (Cu), relação Ca/K, e saturação de potássio do solo após quatro cultivos (milho 2ª safra, soja, trigo e soja) na camada de 0 - 20 cm, em razão de doses de cama de frango

Variáveis	Teor inicial	Equação de regressão	R^2
Potássio, $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	0,34	$\hat{y} = 0,2283 + 0,0402x$	96,60*
Fósforo, mg dm^{-3}	13,1	$\hat{y} = 9,9683 + 3,8037x$	76,80**
Enxofre, mg dm^{-3}	8,16	$\hat{y} = 2,9500 + 1,0975x$	82,50*
Cobre, mg dm^{-3}	11	$\hat{y} = 7,4473 - 0,2827x$	96,60**
Relação Ca/K	14,22	$\hat{y} = 22,393 - 1,3671x$	80,00**
Saturação de potássio, %	2,68	$\hat{y} = 1,8543 + 0,2767x$	94,50*

P, K⁺, Cu – Mehlich-1; Ca²⁺ - KCl; S(SO₄)²⁻ - Fosfato Monocálcico. ns: não significativo, *significativo ($p < 0,05$) e ** significativo ($p < 0,01$)

Os sistemas de adubação mineral no sulco de semeadura interferiram diretamente em uma série de atributos químicos do solo (Tabela 25). Após quatro

cultivos com a adubação formulada contendo NPK e micronutrientes, os teores de K, Mn, Zn e B foram maiores quando comparados com o CF e a adubação com CF + SFS. As relações entre os macronutrientes catiônicos foram influenciadas principalmente pela adição do K na adubação formulada. Ao compararmos com os teores iniciais de K no solo ($0,34 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) ocorreu um aumento dos teores quando se utilizou a adubação formulada. De acordo com Benites et al. (2010) e a CQFS-RS/SC (2004), teores de K acima de $0,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ em solos com CTC entre 5,1 e 15 são considerados adequados.

A adubação formulada aumentou os teores dos micronutrientes: Mn, Zn e B, isso ocorreu pela presença dos elementos na constituição das formulações. As culturas exportam pequenas quantidades dos micronutrientes (RAIJ, 2011), mesmo que se adicionem pequenas quantidades destes elementos no solo, sua elevação ocorre significativamente.

Tabela 25. Teores no solo de potássio (K), manganês (Mn), zinco (Zn), boro (B), relações entre nutrientes de Ca/K, Mg/K e saturação de K na CTC, após quarto cultivos (milho 2ª safra, soja, trigo e soja), em razão de diferentes sistemas de adubação mineral no sulco de semeadura

Adubação mineral	K		Mn		Zn		B		Ca/K		Mg/K		K	
	$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$				mg dm^{-3}								%	
CF	0,337	b	58,33	b	3,38	b	0,431	b	17,15	ab	4,43	ab	2,63	b
CF + SFS	0,334	b	58,78	b	4,98	ab	0,432	b	21,11	a	5,08	a	2,58	b
CF + formulado	0,497	a	66,31	a	6,49	a	0,472	a	12,50	b	3,17	b	3,67	a
Média	0,389		61,14		4,95		0,445		16,92		4,22		2,96	
DMS	0,093		8,50		2,49		0,041		4,69		1,26		0,63	

K⁺, Cu, Zn e Mn – Mehlich-1; Ca²⁺, Mg²⁺ – KCl; B – Cloreto de Bário. CF – Cama de frango (0, 2, 4, 6 e 8 t ha⁻¹ ano⁻¹); CF + SFS - Cama de frango (0, 2, 4, 6 e 8 t ha⁻¹ ano⁻¹) + Super fosfato simples (185 kg ha⁻¹ P₂O₅); CF + formulado - Cama de frango (0, 2, 4, 6 e 8 t ha⁻¹ ano⁻¹) + formulado (185 kg ha⁻¹ P₂O₅ e 121 kg ha⁻¹ de K₂O). Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância.

5 CONCLUSÃO

A adubação com cama de frango, até 8 t ha⁻¹ reduziu o peso do hectolitro e a complementação com adubação com P e K aumentou o acamamento das plantas de trigo.

A complementação com cama de frango proporcionou maior equilíbrio nutricional às culturas de milho e soja, refletindo no rendimento de grãos.

A maior produção de grãos e a maior rentabilidade anual no sistema de produção do oeste do Paraná foram obtidas com as doses de 7,39 t ha⁻¹ ano⁻¹ e 5,45 t ha⁻¹ ano⁻¹ de cama de frango, respectivamente.

A adubação com cama de frango aumenta os teores de P, K e S do solo, e a saturação por K e reduz os teores de Cu no solo.

A cama de frango permite a substituição da adubação mineral, além de promover o maior retorno ao investimento.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU JÚNIOR, C.H.; OLIVEIRA, F.C.; SILVA, F.C; BERTON, R.S. Uso de resíduos orgânicos no pomar. **Tópicos em Ciência do Solo**, v.4, p.391-470, 2005.
- ANDREUX, F. Humus in world soils. In PICCOLO, A. (Ed). **Humic substances in terrestrial ecosystems**. Amsterdam: Elsevier, 1996, p. 45-100
- ANGELO, J. C.; GONZALES, E.; KONGO, N.; ANZAI, N. H.; CABRAL, M. M. C. Material de cama: qualidade, quantidade e efeito sobre o desempenho de frango de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 121-130, 1997.
- AVILA, M.A C.; MAZZUCO, H.; FIGUEIREDO, E.A.P.de. **Cama de aviário: materiais, reutilização, uso como alimento e fertilizante**. Brasília: EMBRAPA, 1992. 38p. (Circular Técnica, 16).
- AVILA, V.S.; COSTA, C.A.F.; FIGUEIREDO, E.A.P.; ROSA, P.S.; OLIVEIRA, U. ABREU, V.M. **Materiais Alternativos, em Substituição à Maravalha como Cama de Frangos**. EMBRAPA. Concórdia, 2007, 5p. (Comunicado técnico, 465).
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Eds.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. p.9 – 26.
- BENITES, V.M.; CARVALHO, M.C.S.; RESENDE, A.V. POLIDORO, J.C.; BERNARDI, A.C.C. OLIVEIRA, F.A. Potássio, cálcio e magnésio. In: PROCHOW, L.I.; CASARIN, V.; STIPP, S.R. (Eds.) **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: nutrientes**. IPNI, Piracicaba, 2010, p. 133-204.
- BOLAN, N. A. S.; NAIDU, R.; MAHIMAIRAJARA, S.; BASKARAN, S. Influence of low-molecular-weight organic acids on the solubilization of phosphates. **Biol Fertil Soils**, v.18, p.311-319, 1994.
- BORKERT, C. M.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F.A.; KLEPKER, D.; JÚNIOR, A.O. O potássio na cultura da soja. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T.L. (Eds.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2005. p.671-722.
- BRANCO, S. M.; MURGEL, P. H.; CAVINATTO, V. M. Compostagem: Solubilização biológica de rocha fosfática na produção de fertilizante organomineral. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.6, p.115-122, 2001.
- BROCH, D.L. Manejo da fertilidade do solo na cultura do milho safrinha. **Revista Plantio Direto, Passo Fundo**, n.49, p.20-21, 1999.

BROCH, D.L.; RANNO, S.K. Fertilidade do solo, adubação e nutrição da cultura do milho “safrinha”. In: FUNDAÇÃO MS. **Tecnologia e Produção: milho safrinha e cultura de inverno**. 6ª ed. Maracaju, 2010.

CANELLAS, L.P.; MENDONÇA, E.S.; DOBBSS, L.B.; BALDOTTO, M.A.; VELLOSO, A.C.X.; SANTOS, G.A.; SOBRINHO, N.M.B.A. Reações da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. (Eds.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2ª ed. Porto Alegre, 2008. p.45-63.

CANTARELLA, H.; MONTEZANO, Z.F. Nitrogênio e enxofre. In: PROCHNOW, L.I.; CASARIN, V. STIPP, S.R. (Eds.) **Boas práticas para Uso Eficiente de Fertilizantes: Nutrientes**. IPNI, Piracicaba. 2010. p.1-65.

CARVALHO, E.R.; REZENDE, P.M.; ANDRADE, M.J.B.; MARTINS, A.; PASSOS, A.; OLIVEIRA, J.A. Fertilizante mineral e resíduo orgânico sobre características agrônômicas da soja e nutrientes do solo. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, p.930-939, 2011.

CAST, Council for Agricultural Science and Technology. **Integrated Animal Waste Management**, Task Force Report, n.128, Nov. 1996.

CASTAMAN, A. Aplicação de dejetos de suínos na superfície e no sulco em solo cultivado com trigo. 2005. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2005.

CAVIGLIONE, J.H.; KIIHL, L.R.B.; CARAMORI, P.H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000 Disponível em: <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=597>. Acesso em: abril de 2012.

COBB. **Manual de manejo de frangos de corte**. Disponível em: http://www.granjaplanalto.com.br/Manual%20Frango%20Corte_20_03_09.pdf. Acesso em: maio de 2012.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10 ed. Porto Alegre, 2004. 400p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Safras. Séries históricas**. Disponível em: 2012. <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1028&t=> Acesso em: 20 de maio de 2012.

CONWAY, D. P.; MCKENZIE, M. E. **Coccidiose das aves: diagnóstico e procedimentos de testes** – manual. 2.ed. Nova York: Editora Pfizer, 1991. 63p.

COSTA, R.V.; CASELA, C.R.; COTA, L.V. Cultivo do milho: Doenças. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, Sistemas de produção, 2. 5ª ed. Disponível: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho> Acesso em: maio de 2012.

COTTA, T. **Produção de carne de frangos**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 198p.

CRUZ, P.J.; CARVALHO, F.I.F; SILVA, S.A.; KUREK, A.J. BARBIERI, R.L. CARGNIN, A. Influência do acamamento sobre o rendimento de grãos e outros caracteres em trigo. **Revista Brasileira Agrociência**, v.9, n.1, p.5-8, 2003.

DAVIES, P.J. The plant hormones: their nature, occurrence and functions. In: DAVIES, P.J. **Plant hormones and their role in plant growth and development**. **Netherlands**: Kluwer Academic, 1987. p.1-23.

DEPARTAMENTO DE PRODUÇÃO ANIMAL. **Manual da avicultura**. COOPERATIVA AGROINDUSTRIAL CONSOLATA. Cafelândia, 2012. 130 p.

DUARTE, A.P.; CANTARELLA, H. Adubação em sistemas de produção de soja e milho safrinha. In: 9º Seminário nacional milho safrinha: rumo à estabilidade. Anais... Dourados, 2007. p.44-61.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, **Zoneamento agrícola de risco climático: Instrumento de gestão de risco utilizado pelo seguro agrícola do Brasil**. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Zoneameno_agricola. Acesso em: abril de 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2ª ed. Rio de Janeiro. 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cultura do trigo**. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/culturas/trigo/index.htm>. Acesso em: maio de 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de análises químicas de solo, plantas e fertilizantes**. Brasília, DF, 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro, 2006. 412p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologia de Produção de Soja – Região Central do Brasil 2009 e 2010**. Londrina – PR, 2008. 261p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologia de Produção de Soja - Paraná 2007**. Londrina – PR, 2006. 220p.

ERNANI, P.R. Utilização de materiais orgânicos e adubos minerais na fertilização de solo. **Dissertação...** Fac. Agron. UFRGS, Porto Alegre, 1981.

ESPINDULA, M.C.; ROCHA, V.S.; SOUZA, L.T.; SOUZA, M.A.; GROSSI, J.A.S. Efeitos de reguladores de crescimento na elongação do colmo do trigo. **Acta Scientiarum, Agronomy**. v.32, n.1, p.109-116, 2010

FANCELLI, A. L. Milho. In: PROCHNOW, L.I.; CASARIN, V. STIPP, S.R. (Eds.) **Boas práticas para Uso Eficiente de Fertilizantes: Culturas**. IPNI, Piracicaba. 2010. p.40-93.

FELINI, F.Z. & BONO, J.A.M. Produtividade de soja e milho, em sistema de plantio com uso de cama de frango na região de Sidrolândia-MS. **Ensaio e Ciência: Ciências Agrárias, Biológicas e da Saúde**. v.15, n.5 p.9-18, 2011.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Científica Symposium**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 36-41, 2008.

FIGUEROA, E.A. Efeito imediato e residual de esterco de ave poedeira em cultura de grãos. Passo Fundo, 2008. 122 p. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia/Produção vegetal) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2008.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo que está por trás do que se vê**. 3 de. Passo Fundo, 2006. 751p.

FREITAS, J.G.; CAMARGO, C.E.O.; PEREIRA FILHO, A.W.P., *et al.* Produtividade e resposta de genótipos de trigo ao nitrogênio. **Bragantia**, Campinas. v.53, n.2, p.281-290, 1994.

FUKAYAMA, E.H. **Características quantitativas e qualitativas da cama de frango sob diferentes reutilizações: efeitos na produção de biogás e biofertilizante**. Jaboticabal, 2008. 121p. Tese (Doutorado) Universidade Estadual Paulista, 2008.

FUNDAÇÃO MERIDIONAL. Histórico de cinco mil anos de história. Disponível em: <http://www.fundacaomeridional.com.br/>. Acesso em: abril de 2012.

GUERRA, J.G.M; SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CAMARGO, F.A.O. Macromoléculas e substâncias Húmicas. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. (Eds.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2ª ed. Porto Alegre, 2008, p.19-26.

IGUE, K. Dinâmica da matéria orgânica e seus efeitos nas propriedades do solo. In: FUNDAÇÃO CARGIL. **Adubação verde no Brasil**. Campinas, 1984, p.232-267.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Disponível em:

http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201204.pdf. Acesso em: maio de 2012.

INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE. **Consumo de fertilizante por região**. Disponível em: <http://www.potafos.org/ppiweb/brazil.nsf>. Acesso em: abril de 2012.

JÚNIOR, M.A.P.O; ORRICO, A.C.A; JÚNIOR, J. L. Produção animal e o meio ambiente: uma comparação entre o potencial de emissão de metano dos dejetos e a quantidade de alimento produzido. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n.2, p. 399-410, 2011.

KELLEHER, B P., LEAHY, J. J., HENIHAN, A. M, O'DWYER, T. F., SUTTON,D., LEAHY, M. J. Advances in poultry litter disposal technology – a review. **Bioresource Technology**, v. 83, p. 27-36, 2002.

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

KIEHL, E.J. **Fertilizantes organominerais**. Agronômica Ceres,Piracicaba, 1993 189p.

KIEHL, E.J. **Manual de edafologia: Relações solo-planta**. São Paulo: Ceres, 1979. 262p.

LANA, M.C.; FEY, R.; FRADOLOSO, J.F.; RICHART, A. e FONTANIVA,S. **Análise química de solo e tecido vegetal: práticas de laboratório**. Unioeste, Marechal Cândido Rondon, 2010. 129p.

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES,F.; ALCARDE, J.C. **Adubos e adubações**. São Paulo: Nobel, 2002. 200p.

MALONE, G.W. Nutrient enrichment in integrated broiler production systems. **Poultry Science**, Champanign, v.71, p.117-122. June. 1992.

MARTINS, A.C.; LIMA, M.B.; FERREIRA, J.L.D. **Rentabilidade na diversificação de atividades rurais: estudo comparativo em duas propriedades**. VII ENPPEX. Disponível em: <http://pt.scribd.com/doc/86969021/RENTABILIDADE-NA-DIVERSIFICACAO-DE-ATIVIDADES-RURAI>. Acesso em: abril de 2012.

MARTINS, P.O.; CRUSCIOL, C.A.C.; BORGHI, E.; SORATTO, R.P. Adubação sulfatada e nitrogenada na soja cultivada sobre palhada de *Brachiaria brizanta*. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 12., SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 10., REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 7., 2008, Londrina. FertBio 2008: **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, SBCS, IAPAR, UEL, 2008. 4 p.

MARTLAND, M.F. Ulcerative dermatitis in broiler chickens: the effects of wet litter. **Avian-Pathology**, Houghton, v.14, n.3, p.353-364, 1985.

MENDONÇA, E.S. & ROWELL, D.L. Mineral and organic fractions of two oxisols and their influence on effective cation-exchange capacity. **Soil Science Society of America Journal**, v.60, p.188-192, 1996.

MILLAR, C.E & TURK, L.M. **Fundamentals of soil Science**, 2 nd Edition, New York, 1951.

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**. IPNI, Piracicaba, 2010, p.205-278

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J.; NUNES, F.N. Fósforo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds.) **Fertilidade do solo**. Viçosa, 2007. p.471-550.

NOVOTNY, E.H. & MARIN-NETO, L. Propriedades coloidais da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. (Eds.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2ª ed. Porto Alegre, 2008, p.27-43.

OLIVEIRA JÚNIOR, A.; CASTRO, C.; KLEPKER, D.; OLIVEIRA, F.A. Soja. In: PROCHNOW, L.I.; CASARIN, V. STIPP, S.R. (Eds.) **Boas práticas para Uso Eficiente de Fertilizantes: Culturas**. IPNI, Piracicaba. 2010. p.1-39.

OVIEDO-RONDÓN, E.O. Tecnologias para mitigar o impacto ambiental da produção de frangos de corte. **R. Bras. Zootec.** v.37 sup. esp. p.239-252, 2008

PANDOLFO, C. M. & CERETTA, C.A. Aspectos econômicos do uso de fontes orgânicas de nutrientes associadas a sistemas de preparo de solo. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.38, n.6 p. 1572-1580, 2008

PASSOS, A.M.A.; CARVALHO, E.R.; REZENDE, P.M.; BALIZA, D.P. Cama de frango, esterco de curral e pó de carvão vegetal nos teores de macronutrientes de plantas de soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 6. Cuiabá. **Anais...** Embrapa, Brasília-DF, 2012. 4 p.

PATERNIANI, E.; CAMPOS, M. S. Melhoramento do milho. In: BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa, 1999. p. 429-485.

PAULETTI, V.; BARCELLOS, M.; MOTTA, A.C.; SERRAT, B.M. & SANTOS, I.R. Produtividade de culturas sob diferentes doses de esterco líquido de gado de leite e de adubo mineral. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.9 n.2, p. 199-205, 2008.

PESSOTTO, P.P.; SILVA, V.R.; MORAES, M.T.; JANDREY, W.F.; TREVISOL, G. STROJAKI, T.V. Produtividade do milho sob doses de cama de frango em um Latossolo Vermelho. **Anais...** da 25^a JAI Disponível em: http://portal.ufsm.br/jai2010/anais/trabalhos/trabalho_1041228029.htm Acesso em: maio de 2012.

PINHEIRO, M.R. **Manejo de frangos**. Campinas: FACTA, 1994. 180p. (Coleção FACTA)

PORTUGAL, A.F.; RIBEIRO, D.O.; CARBALLAL, M.R. et al. Efeito 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 brizanta* cv. Marandú. In: Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Animais, 1, 2009, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2009. p.137-142.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Agronômica Ceres, Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991. 343p.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. rev. e atual. Campinas: Instituto Agronômico/Fundação IAC, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100).

RAIJ, B.van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. International Plant Nutrition Institute. IAC, Piracicaba, 2011. 420p.

RAWLS, W. J.; PACHEPSKY, Y. A.; RITCHIE, J. C.; SOBECKI, T. M.; BLOODWORTH, H. Effect of soil organic carbon on soil water retention. **Geoderma**, v. 116, p.61–76, 2003.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: conceito, processo e aplicações**. Barueri: Manole, 2004, 478 p.

REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE. **Informações técnicas para safra 2008**: trigo e triticale. Londrina, 2008.147p.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes para o estado de Minas Gerais**: 5^a aproximação. Viçosa. CFSEMG, 1999. 325p.

RICHETTI, A. Viabilidade econômica da cultura da soja na safra 2011/2012, em Mato Grosso do sul. **Comunicado Técnico, 168**. Embrapa, Dourados, 2011.

RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J.; BENSON, G.O. Como a planta de milho se desenvolve. **Informações Agronômicas**. Piracicaba, n. 103, p.1-20, 2003.

SANTOS, C.C.; BELLINGIERI, P.A. & FREITAS, J.C. Efeito da aplicação de compostos orgânicos de cama de frango nas propriedades químicas de um latossolo Vermelho Escuro cultivado com sorgo granífero. **Científica**. Jaboticabal, v.32, n.2, p. 134-140, 2004.

SANTOS, T. M. B. Caracterização química, microbiológica e potencial de produção de biogás a partir de três tipos de cama, considerando dois ciclos de criação de frangos de corte. 1997. 95f. **Dissertação** (Mestrado em Produção Animal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1997.

SBARDELOTTO, G.A. & CASSOL, L.C. Desempenho da cultura do milho submetida a níveis crescentes de cama de aviário. **Synergismus scyentifica**. UTFPR. Pato Branco. v.1 n. 4. 2009.

SECRETARIA DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO. Estimativa de safras. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/>. Acesso em: maio de 2012.

SILVA, C.A. Uso de resíduos orgânicos na agricultura. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. (Eds.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2ª ed. Porto Alegre, 2008. p.597-624.

SILVA, F.C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa, 1999. 370p.

SILVA, I.R. & MENDONÇA, E.S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAI S , 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, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.275-374.

SILVA, T.R.; MENEZES, J.F.S.; SIMON, G.A.; ASSIS, R.L.; SANTOS, C.J.L.; GOMES, G.V. Cultivo do milho e disponibilidade de P sob adubação com cama de frango. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande. v.15, n.9, p.903-910, 2011.

SILVA, T.R.; MENEZES, J.F.S.; SIMON, G.A. et al. Fósforo em solo incubado com cama de frango. In: Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Animais, 1, 2009, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2009. p.286-289.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL. Setor de Alimentação animal. **Boletim informativo do setor**. Maio de 2012. Disponível em: http://sindiracoes.org.br/wp-content/uploads/2012/05/boletim_informativo_maio_2012 Acesso: maio de 2012.

SOUZA, D.M.G.; REIN, T.A.; GOEDERT, W.J.; LOBATO, E.; NUNES, R.S. Fósforo. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S.R. (Eds.) **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: nutrientes**. IPNI, Piracicaba, 2010. p.67-132.

SOUZA, S.R.; FERNANDES, M.S. Absorção de nutrientes. In: FERNANDES, M.S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. SBCS. Viçosa, 2006. p.90-115.

SOUZA, S.R.; FERNANDES, M.S. Nitrogênio. In: FERNANDES, M.S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. SBCS. Viçosa, 2006. p.215-252.

SPARKS, D. L. **Environmental soil chemistry**. San Diego: Academic Press, 1995. 267 p.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEM, H. e VOLKWEISS, S.J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2º ed. e ampliado. Porto Alegre: Departamento de solos, Faculdade de Agronomia/UFRGS, 1995. 174p.

TEDESCO, M.J.; SELBACH, P.A.; GIANELLO, C.; CAMARGO, F.A.O. Resíduos orgânicos e os impactos no ambiente. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. (Eds.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2ª ed. Porto Alegre, 2008. p.113-136.

UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA. **Estatísticas**. Disponível em: <http://www.abef.com.br/ubabefnovo/index>. Acesso em: maio de 2012.

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

VIEIRA, S.R.; GUEDES, O.F.; CHIBA, M.K.; MELLIS, E.V.; DECHEN, S.C.F. & MARIA, I.C. Variabilidade espacial dos teores foliares de nutrientes e da produtividade da soja em dois anos de cultivo em um Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.34, p.1503-1514, 2010.

ZAGONEL, J.; VENANCIO, W.S.; KUNZ, R.P.; TANAMATI, H. Doses de nitrogênio e densidades de plantas com e sem um reguladores de crescimento afetando o trigo, cultivar OR-1. **Ciência Rural**. v.32, n.1, p.25-29, 2002.

7 ANEXOS

Tabela 26A. Quadro de análise de variância com os quadrados médios para as variáveis, prolificidade, comprimento da base à espiga (BE), comprimento da espiga ao pendão (EP) e comprimento da base até o pendão (BP), teor de nitrogênio, fósforo, potássio foliar e rendimento de grãos no milho 2ª safra (primeiro cultivo)

C. Variação	GL	Prolificidade	BE	EP	BP	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Rendimento
Doses de Cama	4	0,0016 ^{ns}	201,534 ^{ns}	55,062 [*]	381,154 ^{**}	125,020 ^{**}	0,295 ^{**}	23,128 ^{**}	887784,6 ^{**}
Bloco	3	0,0043 ^{ns}	106,912 ^{ns}	2,518 ^{ns}	60,157 ^{ns}	3,279 ^{ns}	0,094 ^{ns}	7,745 ^{ns}	102341,9 ^{ns}
Erro 1	12	0,0043	76,561	14,296	65,508	7,394	0,046	3,854	100339,9
Adubação mineral	2	0,0006 ^{ns}	358,924 ^{**}	92,054 [*]	896,280 ^{**}	1,697 ^{ns}	0,042 ^{ns}	12,388 ^{ns}	1082123,4 [*]
Dose x Adubação	8	0,0031 ^{ns}	26,428 ^{ns}	47,110 ^{ns}	45,341 ^{ns}	5,190 ^{ns}	0,028 ^{ns}	15,016 [*]	113959,2 ^{ns}
Erro 2	30	0,0023	47,930	25,727	53,649	5,665	0,046	5,779	207626,2
Total	59								
CV 1 (%)		6,60	9,54	4,21	4,44	9,12	9,28	5,30	4,10
CV 2 (%)		4,87	7,55	5,65	4,01	7,98	9,25	6,57	5,90
Média		1,00	91,76	89,74	182,46	29,82	2,33	36,60	7726,43

ns: não significativo, *significativo (p<0,05) e ** significativo (p<0,01).

Tabela 27A. Quadro de análise de variância com os quadrados médios para as variáveis, nodulação, altura de plantas, vagens por plantas, grãos por vagens e massa de mil grãos (MMG), nitrogênio, fósforo, potássio foliar e rendimento de grãos na soja cultivada em sucessão ao milho 2ª safra (segundo cultivo)

C. Variação	GL	Nodulação	Altura	Vagem por planta	Grãos por vagem	MMG	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Rendimento
Dose de Cama	4	74,658 ^{**}	149,371 [*]	46,871 [*]	0,0020 ^{ns}	12,584 ^{ns}	36,541 ^{ns}	0,143 ^{**}	60,295 [*]	345347,30 ^{**}
Bloco	3	11,321 ^{ns}	11,148 ^{ns}	11,685 ^{ns}	0,0023 ^{ns}	5,424 ^{ns}	4,241 ^{ns}	0,004 ^{ns}	6,443 ^{ns}	9485,83 ^{ns}
Erro 1	12	10,246	35,648	10,722	0,0043	22,545	15,586	0,016	9,934	20727,04
Adubação mineral	2	27,162 ^{ns}	228,273 [*]	171,054 ^{**}	0,0086 ^{ns}	20,922 ^{ns}	85,082 ^{**}	0,076 ^{**}	32,691 ^{ns}	67165,84 ^{**}
Dose x Adubação	8	17,759 ^{ns}	11,944 ^{ns}	14,619 ^{ns}	0,0040 ^{ns}	9,274 ^{ns}	30,927 [*]	0,022 ^{ns}	20,701 ^{ns}	27218,64 ^{**}
Erro 2	30	10,492	59,868	15,007	0,0062	16,197	14,006	0,011	11,316	6688,56
Total	59									
CV 1 (%)		16,58	5,60	7,31	2,99	3,48	8,69	8,02	7,69	3,55
CV 2 (%)		16,78	7,25	8,64	3,56	2,95	8,24	6,70	8,55	2,02
Média		19,30	106,67	44,81	2,21	136,35	45,41	1,62	40,57	4058,63

ns: não significativo, *significativo (p<0,05) e ** significativo (p<0,01)

Tabela 28A. Quadro de análise de variância com os quadrados médios das variáveis, rendimento de grãos, peso do hectolitro (PH) e notas de acamamento do trigo no terceiro cultivo, e os quadrados médios das variáveis; altura de plantas e o rendimento de grãos da soja do quarto cultivo

Terceiro cultivo (trigo)					Quarto cultivo (soja)	
C. Variação	GL	Rendimento	PH	Acamamento	Altura	Rendimento
Dose de Cama	4	5013896,9 ^{**}	9,1083 ^{**}	132,794 ^{**}	160,555 ^{**}	2446630,2 ^{**}
Bloco	3	155041,3 ^{ns}	0,244 ^{ns}	0,123 ^{ns}	19,920 ^{ns}	48661,1 ^{ns}
Erro 1	12	197221,9	0,508	0,366	12,291	44343,0
Adubação mineral	2	610823,6 ^{ns}	0,050 ^{ns}	17,593 ^{**}	63,957 ^{ns}	463797,1 [*]
Dose x Adubação	8	292222,3 ^{ns}	0,320 ^{ns}	3,420 ^{**}	34,582 ^{ns}	140267,1 ^{ns}
Erro 2	30	292948,6	0,488	0,214	20,821	101284,7
Total	59					
CV 1 (%)		13,73	0,94	18,47	4,74	4,81
CV 2 (%)		16,73	0,92	14,14	6,25	7,27
Média		3235,54	75,70	3,33	73,86	4374,98

ns: não significativo, *significativo (p<0,05) e ** significativo (p<0,01)

Tabela 29A. Quadro de análise de variância com os quadrados médios dos atributos químicos do solo na camada de 0-20 cm, dois anos após a implantação do ensaio

C. Variação	GL	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	P	S(SO ₄) ²	pH	Al ³⁺	H ⁺ + Al ³⁺	SB	CTC	C
Dose de Cama	4	3,669 ^{ns}	0,132 ^{ns}	0,101 [*]	1129,78 ^{**}	87,565 [*]	0,240 ^{ns}	0,022 ^{ns}	1,907 ^{ns}	6,321 ^{ns}	1,221 ^{ns}	10,53 ^{ns}
Bloco	1	0,208 ^{ns}	0,024 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,300 ^{ns}	0,768 ^{ns}	0,075 ^{ns}	0,006 ^{ns}	0,853 ^{ns}	0,429 ^{ns}	0,119 ^{ns}	0,170 ^{ns}
Erro 1	4	1,513	0,073	0,014	38,612	6,880	0,147	0,007	0,812	2,468	0,464	6,281
Adubação mineral	2	2,392 ^{ns}	0,094 ^{ns}	0,087 ^{**}	237,558 ^{ns}	5,439 ^{ns}	0,223 ^{ns}	0,045 [*]	1,840 ^{ns}	3,899 ^{ns}	1,464 ^{ns}	9,807 ^{ns}
Dose x Adubação	8	2,215 ^{ns}	0,096 ^{ns}	0,012 ^{ns}	139,541 ^{ns}	5,431 ^{ns}	0,197 ^{ns}	0,049 ^{**}	2,094 ^{ns}	3,333 ^{ns}	0,222 ^{ns}	3,614 ^{ns}
Erro 2	10	1,847	0,060	0,006	84,036	11,139	0,140	0,008	0,904	2,628	0,482	3,721
Total	29											
CV 1 (%)		21,11	18,66	30,26	24,67	35,74	7,37	100,9	17,25	20,51	5,25	10,32
CV 2 (%)		23,32	16,90	19,49	36,40	45,47	7,18	107,45	18,21	21,16	5,35	7,94
Média		5,83	1,44	0,39	25,18	7,34	5,21	0,085	5,22	7,66	12,96	24,29

P, K⁺ – Mehlich-1; Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ - KCl; SMP; S(SO₄)²⁻ - Fosfato Monocálcico.; C – Walkey Black; pH – Cloreto de Cálcio; H⁺ + Al³⁺ – Tampão SMP. ns: não significativo, *significativo (p<0,05) e ** significativo (p<0,01)

Tabela 30A. Quadro de análise de variância com os quadrados médios das saturações dos elementos na CTC e relações de nutrientes no solo na camada de 0-20 cm, dois anos após a implantação do ensaio

C. Variação	GL	Sat Al ³⁺	Sat Ca ²⁺	Sat Mg ²⁺	Sat K ⁺	Sat H ⁺	V	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	Ca + Mg/K
Dose de Cama	4	7,48 ^{ns}	118,460 ^{ns}	3,739 ^{ns}	4,862 [*]	146,279 ^{ns}	200,931 ^{ns}	0,458 ^{ns}	140,127 ^{**}	9,175 ^{ns}	3,462 ^{ns}
Bloco	1	2,712 ^{ns}	22,846 ^{ns}	2,096 ^{ns}	0,159 ^{ns}	28,929 ^{ns}	43,995 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,352 ^{ns}	0,158 ^{ns}	0,003 ^{ns}
Erro 1	4	2,229	50,497	2,675	0,567	61,284	80,751	0,236	8,138	1,970	1,806
Adubação mineral	2	15,118 [*]	118,862 ^{ns}	4,056 ^{ns}	3,799 ^{**}	111,572 ^{ns}	166,111 ^{ns}	0,096 ^{ns}	185,641 ^{**}	9,453 ^{**}	11,648 ^{ns}
Dose x Adubação	8	16,6142 ^{**}	114,444 ^{ns}	4,660 ^{ns}	0,625 ^{ns}	98,786 ^{ns}	167,974 ^{ns}	0,270 ^{ns}	42,958 ^{ns}	1,203 ^{ns}	5,837 ^{ns}
Erro 2	10	2,850	69,602	1,958	0,266	72,468	93,569	0,236	14,598	1,058	3,509
Total	29										
CV 1 (%)		98,09	15,93	14,76	25,43	19,58	15,32	12,10	16,86	33,21	13,37
CV 2 (%)		110,92	18,70	12,63	17,42	21,29	16,49	12,10	22,57	24,35	18,63
Média		1,52	44,62	11,08	2,96	39,98	58,66	4,01	16,92	4,22	10,05

ns: não significativo, *significativo (p<0,05) e ** significativo (p<0,01)

Tabela 31A. Quadro de análise de variância com os quadrados médios para os micronutrientes do solo na camada de 0-20 cm, dois anos após a implantação do ensaio

C. Variação	GL	Mn	Zn	Cu	Fe	B
Dose de Cama	4	115,974 ^{ns}	36,480 ^{ns}	4,963 ^{**}	21,036 ^{ns}	0,002 ^{ns}
Bloco	1	31,273 ^{ns}	13,480 ^{ns}	0,807 [*]	3,468 ^{ns}	0,000 ^{ns}
Erro 1	4	31,174	7,263	0,096	6,474	0,004
Adubação mineral	2	201,010 [*]	17,829 [*]	0,907 ^{ns}	4,663 ^{ns}	0,005 [*]
Dose x Adubação	8	16,649 ^{ns}	9,635 ^{ns}	0,341 ^{ns}	6,993 ^{ns}	0,002 ^{ns}
Erro 2	10	48,036	4,116	0,268	4,146	0,001
Total	29					
CV 1 (%)		9,13	52,87	4,89	11,57	13,89
CV 2 (%)		11,33	39,80	8,20	9,26	7,55
Média		61,14	5,10	6,32	21,98	0,44

Cu, Zn, Fe e Mn – Mehlich-1; B – Cloreto de Bário. ns: não significativo, *significativo (p<0,05) e ** significativo (p<0,01)

Tabela 32A. Quadro de análise de variância com os quadrados médios para produção total de grãos de quatro cultivos e a receita bruta anual

C. Variação	GL	Produção total de grãos	Receita bruta anual
Dose de Cama	4	27,127 ^{**}	646964,12 ^{**}
Bloco	3	0,2804 ^{ns}	11114,63 ^{ns}
Erro 1	12	0,482	26508,86
Adubação mineral	2	5,402 ^{**}	300915 ^{**}
Dose x Adubação	8	0,688 ^{ns}	44775,46 ^{ns}
Erro 2	30	0,508	32031,87
Total	59		
CV 1 (%)		3,58	3,30
CV 2 (%)		3,68	3,63
Média		19,39	4932,48

ns: não significativo, *significativo (p<0,05) e ** significativo (p<0,01)