

Aproveitamento Agrícola de Resíduos de Frigorífico como Fertilizante Orgânico Sólido



ISSN 1679-0456

Agosto, 2006

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Agropecuária Oeste
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 35

Aproveitamento Agrícola de Resíduos de Frigorífico como Fertilizante Orgânico Sólido

Renato Roscoe
Walder Antonio Gomes de Albuquerque Nunes
Edvaldo Sagrilo
Auro Akio Otsubo

Dourados, MS
2006

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Agropecuária Oeste

BR 163, km 253,6 -
Trecho Dourados-Caarapó
Caixa Postal 661
79804-970 Dourados, MS
Fone: (67) 3425-5122
Fax: (67) 3425-0811
www.cpao.embrapa.br
E-mail: sac@cpao.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: *Renato Roscoe*

Secretário-Executivo: *Júlio Cesar Salton*

Membros: *Augusto César Pereira Goulart, Clarice Zanoni Fontes, Edvaldo Sagrilo, Eli de Lourdes Vasconcelos, Francisco Marques Fernandes, Guilherme Lafourcade Asmus, Márcia Mayumi Ishikawa e Walder Antonio de Albuquerque Nunes*

Supervisão editorial, Revisão de texto e Editoração eletrônica:

Eliete do Nascimento Ferreira

Normalização bibliográfica: *Eli de Lourdes Vasconcelos*

Foto da capa: *Renato Roscoe*

1ª edição

(2006): online

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei N° 9.610).

CIP-Catálogo-na-Publicação.

Embrapa Agropecuária Oeste.

Aproveitamento agrícola de resíduos de frigorífico como fertilizante orgânico sólido / Renato Roscoe ... [et al.]. — Dourados : Embrapa Agropecuária Oeste, 2006.

30 p. : il. color. ; 21 cm. — (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, Embrapa Agropecuária Oeste, ISSN 1679-0456 ; 35).

1. Fertilizante orgânico sólido - Frigorífico - Resíduo.
2. Frigorífico - Resíduo - Fertilizante orgânico sólido. I. Roscoe, Renato. II. Embrapa Agropecuária Oeste. III. Título. IV. Série.

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução	9
Material e Métodos	10
Resultados	14
Conclusão	28
Referências	29

Aproveitamento Agrícola de Resíduos de Frigorífico como Fertilizante Orgânico Sólido

Renato Roscoe¹

Walder Antonio Gomes de Albuquerque Nunes²

Edvaldo Sagrilo³

Auro Akio Otsubo⁴

Resumo

O uso de subprodutos oriundos da industrialização de produtos agropecuários, como insumo na produção primária, é uma prática comum, possibilitando a redução de custos e a mitigação de eventuais problemas ambientais.

No entanto, a grande variedade de formas e concentração em nutrientes exige que sejam realizados ensaios de campo, levando em conta as culturas nas quais esses produtos serão utilizados. Visando preencher essa lacuna, desenvolveu-se um trabalho de campo que objetivou avaliar o potencial de uso agrícola de um fertilizante orgânico sólido, produzido a partir de resíduos do Frigorífico Independência, empresa do grupo Independência Alimentos Ltda., localizado no Município de Nova Andradina, Mato Grosso do Sul. Esta publicação relata os resultados obtidos em rendimentos de soja e de mandioca, além dos efeitos da utilização deste produto, por três anos, nas

¹Eng. Agrôn., Ph.D., *Embrapa Agropecuária Oeste*, Caixa Postal 661, 79804-970 Dourados, MS. E-mail: roscoe@cpao.embrapa.br.

²Eng. Agrôn., Dr., *Embrapa Agropecuária Oeste*. E-mail: walder@cpao.embrapa.br

³Eng. Agrôn., M.Sc., *Embrapa Agropecuária Oeste*. E-mail: sagrilo@cpao.embrapa.br

⁴Eng. Agrôn., M.Sc., *Embrapa Agropecuária Oeste*. E-mail: auro@cpao.embrapa.br

propriedades químicas do solo. Também são apontadas novas atividades a serem desenvolvidas.

Houve resposta positiva à aplicação do fertilizante orgânico testado para as culturas de soja e de mandioca. Doses em torno de 4.000 kg ha⁻¹ trouxeram respostas satisfatórias para a cultura da soja. Para a mandioca, a máxima produtividade também foi atingida com a mesma dose, entretanto, doses maiores não foram testadas, não permitindo concluir sobre respostas a maiores doses do produto. Em geral, para ambas as culturas, a adubação orgânica se mostrou tão ou mais eficiente quanto a mineral.

Termos para indexação: Restos de frigorífico; composto orgânico; liberação de nutrientes; avaliação de produtividade; características do solo.

Agricultural Exploitation of Residues of Meat Processing as Organic Solid Fertilizer

Abstract

The use of by-product as input in the primary production and originated from industrialization of farming products is a common practice, which can reduce costs and mitigate eventual environmental problems.

However, the great variability among by-products with regard to forms and nutrient concentration demand field experiments with the crops they are intended to be applied. Aiming at filling this gap, we carried out a field experiment with the aim to evaluate the potential agricultural use of one solid organic fertilizer produced from residues of Frigorífico Independência, a company of Independência Foods Ltda., in Nova Andradina City, Mato Grosso do Sul State. This bulletin shows some results about cassava and soybean yields and the effect on soil chemical properties of using by-product during three years.

We found positive response to the application of organic fertilizer in soybean and cassava. Amounts in the range of 4.000 kg ha⁻¹ can increase soybean yield. With regard to cassava, the maximum yield was obtained with the same amount of organic fertilizer although higher amounts were not tested, therefore, we can not conclude if there would be crop response to higher amounts of organic fertilizer.

Index terms: meat processing residues; solid organic fertilizer; nutrients release; crop productivity assesment; soil characteristics.

Introdução

Em diversas atividades de produção e processamento de produtos agropecuários a geração de resíduos constitui-se em problema sério a ser resolvido, geralmente envolvendo custos adicionais. A prática de transformar resíduos em novos insumos pode gerar ganhos ecológicos e econômicos, mas deve ser de fácil operacionalização e aceitação entre os usuários, com efeitos benéficos comprovados.

Deve-se considerar também que existe uma forte demanda por adubos alternativos, tanto pelo elevado custo dos fertilizantes minerais, quanto pela crescente procura por produtos orgânicos. Sistemas orgânicos de produção e sistemas com baixo uso de insumos químicos externos representam uma linha de pesquisa especialmente destinada a produtores familiares e assentados da reforma agrária.

A forma mais usualmente recomendada para a destinação de resíduos orgânicos consiste na disposição sobre o solo, proporcionando o aproveitamento dos nutrientes na produção agropecuária e transformando uma fonte potencial de poluição em um insumo agrícola. O processo de compostagem é freqüentemente utilizado para a estabilização dos resíduos, melhorando a qualidade dos mesmos ao eliminar eventuais patógenos. O uso dos compostos deve proporcionar ganhos de produção e/ou melhoramento da qualidade do solo, razão pela qual deve ser testado em diversas condições, de modo a comprovar sua efetividade.

A aplicação de matéria orgânica e nutrientes ao solo, via restos agroindustriais e compostos orgânicos, é prática comum na agropecuária, trazendo como ganhos o aumento da CTC (Melo et al., 1994), suprimento de nitrogênio (Mantovani et al., 2005; Vieira et al., 2005), de fósforo (Rocha et al., 2004) e de potássio, cálcio e magnésio (Simonete et al., 2003). Esse efeito é diferenciado em função da composição e da cinética de decomposição desses materiais, sendo influenciada regionalmente pelo clima e solo locais.

No entanto, não há registros de uso, no solo, de compostos orgânicos elaborados a partir de restos de frigoríficos, embora se saiba que a aplicação sistemática de compostos tenha efeito sobre propriedades químicas e físicas do solo, bem como na produção das culturas.

Visando preencher essa lacuna, desenvolveu-se trabalho de campo que objetivou avaliar o potencial de uso agrícola, nas culturas de soja e mandioca, de um fertilizante orgânico sólido produzido a partir de resíduos de frigorífico.

Material e Métodos

Caracterização do produto

O produto estudado é um fertilizante orgânico sólido, produzido a partir de resíduos orgânicos gerados pelas atividades produtivas do Frigorífico Independência, empresa do grupo Independência Alimentos Ltda., localizado no Município de Nova Andradina, Mato Grosso do Sul. Trata-se de um composto de materiais provenientes do abate (conteúdo ruminal e resíduos de graxaria), do processamento do couro (produtos da depilação e aparas, antes dos tratamentos com cromo), resíduos vegetais (podas de grama e árvores), carvão das caldeiras, serragem, pó de basalto, fosforita e talco. O processo de compostagem é acelerado por “catalisadores biológicos”, estando o produto estabilizado em aproximadamente uma semana. A composição do produto por ocasião dos ensaios foi fornecida pela empresa: 1,17 dag kg⁻¹ de N; 1,36 dag kg⁻¹ de P₂O₅ (ác. cítrico); 0,12 dag kg⁻¹ de K₂O; 4,83 dag kg⁻¹ de Ca; 0,59 dag kg⁻¹ de Mg; 0,28 dag kg⁻¹ de S; 4,77 dag kg⁻¹ de Fe; 0,22 dag kg⁻¹ de Mn; 117,5 mg kg⁻¹ de Cu; 122,5 mg kg⁻¹ de Zn; 190,0 mg kg⁻¹ de B; 0,45 dag kg⁻¹ de Na; 7,50 mg kg⁻¹ de Co; 40,2 dag kg⁻¹ de umidade (a 65°C); 38,30 dag kg⁻¹ de matéria orgânica; densidade de 0,53 dag cm⁻³; relação C:N de 18,2; pH 8,6; 1,23 dag kg⁻¹ de Al; 0,23 dag kg⁻¹ de Cl.

Caracterização das áreas experimentais

Os experimentos com as culturas de soja e mandioca foram implantados na Fazenda Primavera, Município de Bataiporã, MS, em área anteriormente utilizada como pastagem de capim braquiária. O solo é um Argissolo Vermelho Amarelo (Embrapa, 1999), com as seguintes características químicas e físicas, na profundidade de 0 a 20 cm:

pH (água) - 5,32; pH (CaCl₂) - 4,55; Ca - 1,12 cmol_c dm⁻³; Mg - 0,45 cmol_c dm⁻³; K - 0,15 cmol_c dm⁻³; Al - 0,18 cmol_c dm⁻³; (H + Al) - 3,82 cmol_c dm⁻³; CTC - 5,53 cmol_c dm⁻³; P - 11,37 mg dm⁻³; argila - 170 g kg⁻¹; silte - 40 g kg⁻¹; areia - 790 g kg⁻¹.

Arranjo experimental e tratamentos

Experimento 1. Doses de adubo orgânico sólido na cultura da soja

Local: Fazenda Primavera, Município de Bataiporã, MS (Fig. 1)

Arranjo experimental e procedimentos estatísticos: constituiu de cinco tratamentos e quatro blocos inteiramente casualizados. Quando possível, ajustaram-se equações a 1% (**) ou a 5% (*) de probabilidade. Caso contrário, utilizou-se o teste t a 5% de probabilidade para comparar as médias.

Tratamentos: em área de lavoura foi semeada a soja (BRS 181) no dia 5 de novembro, em sistema plantio direto, após a dessecação de milheto plantado dois meses antes, sendo testados os seguintes tratamentos na safra 2002/2003:

- T0 - testemunha sem adubo;
- T1 - 1.000 kg ha⁻¹ de adubo orgânico;
- T2 - 2.000 kg ha⁻¹ de adubo orgânico;
- T3 - 4.000 kg ha⁻¹ de adubo orgânico;
- T4 - 240 kg ha⁻¹ da formulação 0-25-25.

Nas safras 2003/2004 e 2004/2005, os tratamentos foram alterados para:

- T0 - testemunha sem adubo;
- T1 - 2.000 kg ha⁻¹ de adubo orgânico;
- T2 - 4.000 kg ha⁻¹ de adubo orgânico;
- T3 - 8.000 kg ha⁻¹ de adubo orgânico;
- T4 - 240 kg ha⁻¹ da formulação 0-25-25.



Fig. 1: Aspecto de parcela do experimento com a cultura da soja, na Fazenda Primavera.

Experimento 2. *Doses de adubo orgânico sólido na cultura de mandioca*

Local: Fazenda Primavera, Município de Bataiporã, MS

Arranjo experimental e procedimentos estatísticos: constituiu de cinco tratamentos e quatro blocos inteiramente casualizados. Quando possível, ajustaram-se equações a 1% (**) ou a 5% (*) de probabilidade. Caso contrário, utilizou-se o teste t a 5% de probabilidade para comparar as médias.

Tratamentos: em 18/06/2003 foram plantadas as manivas de mandioca de mesa (IAC 576), em sistema convencional de preparo do solo (uma aração e duas gradagens), sendo testados os seguintes tratamentos:

- T0 - testemunha sem adubo;
- T1 - 1000 kg ha⁻¹ de adubo orgânico;
- T2 - 2000 kg ha⁻¹ de adubo orgânico;
- T3 - 4000 kg ha⁻¹ de adubo orgânico;
- T4 - 300 kg ha⁻¹ da formulação 4-20-20.

As parcelas foram compostas por quatro linhas com dez plantas, com espaçamento de 0,70 x 1,30 m, sendo portanto de 5,20 x 7,00 m (Fig. 2a e 2b). Entre as parcelas foram deixados 2 m para circulação (Fig. 2c). A mandioca foi colhida em maio de 2004.



Fig. 2: Aspectos de parcela do experimento com a cultura da mandioca, na Fazenda Primavera. a, b) implantação; c) condução da cultura.

Análises de solo

Nas áreas cultivadas com soja, foram retiradas amostras compostas de solo nas profundidades de 0 -10 cm, em cada uma das parcelas, sendo realizadas análises de rotina no Laboratório de Solos e Plantas da *Embrapa Agropecuária Oeste*, segundo metodologia Claessen (1997). As amostras foram retiradas antes da implantação do experimento, em novembro de 2002, após o primeiro ano de cultivo, em setembro de 2003 e após o terceiro ano de cultivo, em setembro de 2005.

Resultados e Discussão

Experimento 1 - Soja

Na safra 2002/2003, as condições climáticas foram extremamente favoráveis, havendo uma produtividade média da soja no experimento de 4.136 kg ha^{-1} . Observou-se uma tendência quadrática de resposta ao adubo orgânico (Fig. 3). A diferença entre as produtividades médias da testemunha e do tratamento que recebeu a maior dose de fertilizante orgânico (4.000 kg ha^{-1}) foi de 358 kg ha^{-1} . A resposta à adubação mineral esteve dentro do intervalo das produtividades das diferentes doses de adubo orgânico, com uma média de 4.047 kg ha^{-1} , o que representa uma diferença de apenas 83 kg ha^{-1} em relação à testemunha. Segundo o modelo quadrático ajustado aos dados, a dose para máxima produtividade seria de 4.700 kg ha^{-1} de adubo orgânico, estando fora do intervalo estudado e portanto não podendo ser considerada.

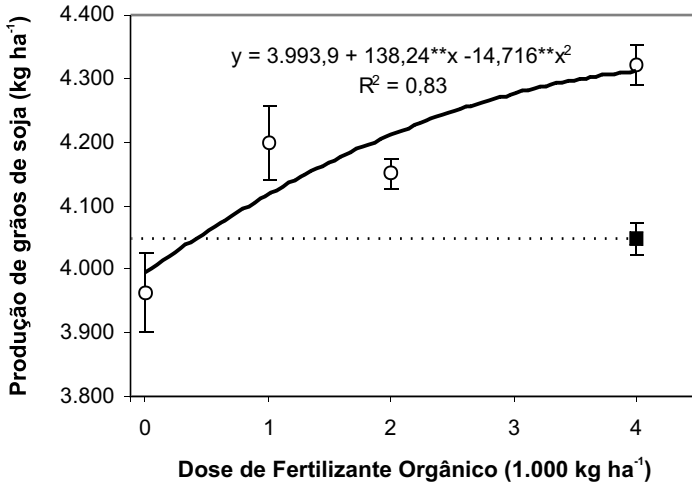


Fig. 3. Produção de grãos de soja em função da dose de fertilizante orgânico aplicado na Fazenda Primavera, em Bataiporã, MS, na safra 2002/2003.

(**) significativa a 1% de probabilidade. As linhas verticais representam o erro padrão da média das observações para cada dose de fertilizante orgânico e mineral. O quadrado representa a produtividade obtida com o adubo mineral (240 kg ha^{-1} da formulação 0-25-25).

As condições climáticas desfavoráveis durante a safra de verão 2003/2004 afetaram drasticamente a produção de soja no experimento, fato ocorrido de forma generalizada na região. Ao longo dos meses de janeiro a março houve registro de precipitação pluviométrica de 138,9 mm, enquanto a média histórica do período, na região de Dourados, é de 430,9 mm (Fietz et al., 2002). Os rendimentos médios observados variaram entre 696 kg ha⁻¹ e 935 kg ha⁻¹ (Fig. 4), muito abaixo dos valores observados na mesma área no ano agrícola de 2002/2003 (Fig. 3). O forte estresse hídrico durante toda a fase de desenvolvimento da cultura foi, provavelmente, a causa das baixas produtividades.

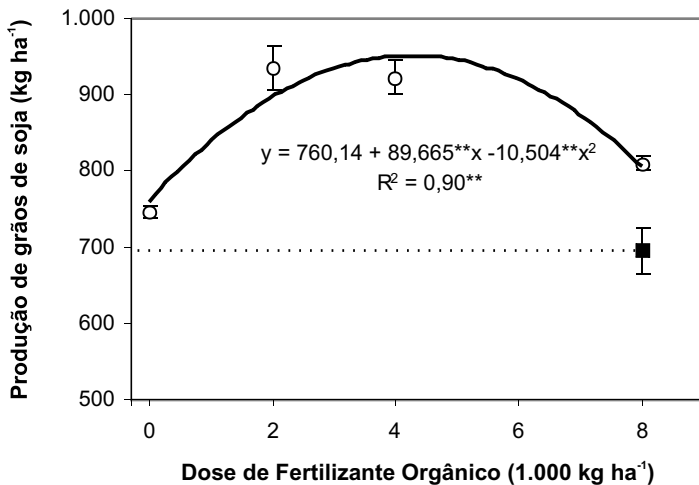


Fig. 4. Produção de grãos de soja em função da dose de fertilizante orgânico aplicado, na Fazenda Primavera, em Bataiporã, MS, na safra 2003/2004.

(**) significativa a 1% de probabilidade. As linhas verticais representam o erro padrão da média das observações para cada uma das doses de fertilizante orgânico. O quadrado representa a produtividade obtida com o adubo mineral (240 kg ha⁻¹ da formulação 0-25-25).

Nessas condições, observou-se uma resposta significativa ao uso do fertilizante orgânico, com uma maior diferença entre os tratamentos do que a observada para o ano anterior (Fig. 3). Vale ressaltar que, em função dos resultados verificados em 2002/2003, optou-se por aplicar doses mais elevadas do fertilizante orgânico, passando para 2, 4 e 8 toneladas por hectare,

dois meses antes do plantio, quando foi semeado o milho utilizado como cobertura. Segundo o modelo ajustado aos dados, a máxima produtividade seria obtida com a dose de 4.300 kg ha⁻¹, sendo estimada em 951 kg ha⁻¹. A produtividade obtida para o sistema que recebeu adubação mineral foi em média de 696 kg ha⁻¹, não diferindo estatisticamente, pelo teste t, da testemunha absoluta, que alcançou a produtividade média de 746 kg ha⁻¹.

Na safra 2004/2005, embora as condições climáticas não tenham sido completamente favoráveis, as produtividades foram substancialmente superiores às observadas na safra anterior, com médias variando entre 2.016 e 2.797 kg ha⁻¹ (Fig. 5). Observou-se uma tendência de resposta linear ao fertilizante orgânico aplicado, não sendo possível identificar uma dose de máxima produtividade no intervalo estudado. A resposta à adubação mineral foi intermediária entre as produtividades registradas para as diferentes doses do fertilizante orgânico. Mesmo tendo sido 24% superior à testemunha, a produtividade obtida pela adubação mineral não diferiu estatisticamente, pelo teste t, da testemunha, nem da média das produtividades obtidas com as diferentes doses de adubos orgânicos.

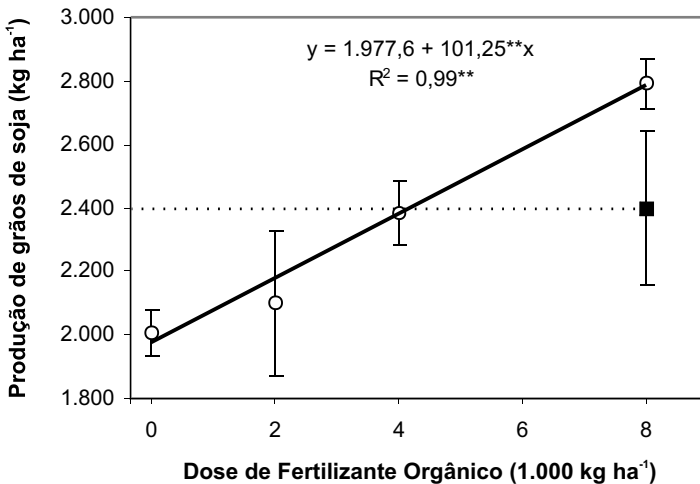


Fig. 5. Produção de grãos de soja em função da dose de fertilizante orgânico aplicado, na Fazenda Primavera, em Bataiporã, MS na safra 2004/2005.

(**) significativa a 1% de probabilidade. As linhas verticais representam o erro padrão da média das observações para cada dose de fertilizante orgânico e mineral. O quadrado representa a produtividade obtida com o adubo mineral (240 kg ha⁻¹ da formulação 0-25-25).

A aplicação do fertilizante orgânico proporcionou respostas significativamente positivas na cultura da soja, nos três anos estudados. Observa-se, no entanto, uma grande diferença entre os anos, resultante de condições climáticas variáveis. Principalmente na safra 2003/2004, as condições de déficit hídrico prejudicaram bastante a produtividade da cultura. Nos demais anos agrícolas, a adubação mineral, baseada na recomendação oficial, proporcionou respostas intermediárias aos diferentes níveis de adubação orgânica.

As respostas positivas à aplicação de fertilizantes orgânicos foram proporcionais aos teores de P aplicados ao solo, visto que não se espera respostas às doses de N (12 kg por tonelada de fertilizante orgânico) e às doses de K aplicadas (pouco mais de 1 kg por tonelada). Respostas à aplicação de N seriam pouco prováveis, uma vez que há evidência de uma boa fixação de N, resultante da boa nodulação nas raízes da soja nos anos sem déficit hídrico pronunciado (2002/2003 e 2004/2005). As doses máximas de N aplicadas pelos fertilizantes orgânicos foram de 48 kg ha⁻¹ em 2002/2003 e de 91 kg ha⁻¹ em 2003/2004 e 2004/2005, não sendo suficiente para atender a exportação de N nos grãos, estimada em 212, 41 e 142 kg ha⁻¹, respectivamente nas três safras (Tecnologias..., 2005).

As doses de K aplicadas pelo fertilizante orgânico foram muito pequenas diante das necessidades da cultura. Estima-se que os grãos de soja exportem, em média, 20 kg de K₂O por tonelada (Tecnologias..., 2005). Nestas condições, as exportações médias de K₂O, considerando todos os tratamentos, seriam de 83, 16 e 47 kg ha⁻¹ respectivamente para 2002/2003, 2003/2004 e 2004/2005. Observa-se, no entanto, que este não foi um elemento limitante à produção, o que é sugerido pela baixa resposta a doses de 60 kg ha⁻¹, aplicadas anualmente pelo adubo mineral. Embora os teores iniciais de K no solo fossem considerados médios, a baixa reposição deste elemento pelo fertilizante orgânico pode colocar em risco a sustentabilidade das produções. As variações dos teores de K no solo, observadas no final da safra de verão de 2005, não permitem conclusões sobre essa possível tendência (Fig. 6). Entretanto, seria desejável que o produto tivesse um maior teor de K, visando evitar problemas futuros.

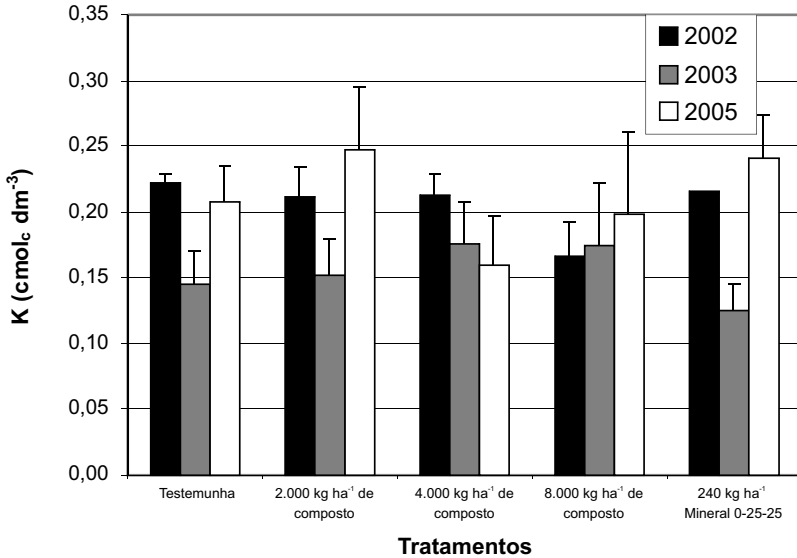


Fig. 6. Teores de potássio no solo (cmol_c dm⁻³) na camada 0-10 cm de um PVA cultivado com soja na Fazenda Primavera, em Bataiporã, MS, em função dos tratamentos aplicados e o ano de amostragem.

As linhas verticais representam o erro padrão da média das observações para cada dose de fertilizante orgânico e mineral.

As quantidades de P aplicadas no solo foram mais expressivas, chegando a superar as quantidades recomendadas de P₂O₅ por ano. Como o fertilizante orgânico contém 14 kg de P₂O₅ por tonelada, as doses aplicadas chegam a 28, 56 e 112 kg de P₂O₅ por ano. A exportação de P₂O₅ nos grãos de soja atinge, em geral, cerca de 10 kg por tonelada (Tecnologias..., 2005), o que geraria exportações de 41, 8 e 24 kg ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente para 2002/2003, 2003/2004 e 2004/2005. Nessas condições, as entradas de P no sistema seriam maiores do que as saídas em doses superiores a 4.000 kg ha⁻¹ ano⁻¹. Os resultados das análises de solo indicam um acentuado aumento nos teores de P no solo (Fig. 7). Os valores atingiram médias em torno de 40 mg dm⁻³ para as doses de 4.000 e 8.000 kg ha⁻¹ ano⁻¹. Seguramente as quantidades de P aplicadas ao solo pelo fertilizante orgânico foram bem elevadas, entretanto a sua disponibilidade para as plantas não pode ser tomada nas mesmas proporções dos aumentos observados na Fig. 7. Isso se deve ao fato de o extrator utilizado pelo Laboratório de Solos e Plantas da

Embrapa Agropecuária Oeste ser o Mehlich 1. Esse extrator solubiliza formas de P ligadas a Ca que não estão prontamente disponíveis para as plantas (Silva & Raji, 1996). Mesmo considerando esse possível viés da metodologia de determinação de P, os elevados teores no solo corroboram com a resposta ao fertilizante orgânico, sendo o coeficiente de correlação entre as médias de produtividade da soja em 2005 (Fig. 5) e os teores de P no solo em 2005 (Fig. 7) de 0,86 ($P > 0,01$).

O fertilizante orgânico contém quantidades expressivas de outros macronutrientes importantes, como S, Ca e Mg. As doses de S aplicadas variaram de 2,8 a 22,4 kg ha⁻¹, respectivamente para as doses de 1.000 e 8.000 kg de fertilizante orgânico por hectare. Somente a última dose, no entanto, seria capaz de repor as exportações de S nos grãos de soja, estimadas em 22, 4 e 13 kg ha⁻¹, respectivamente nas safras 2002/2003, 2003/2004 e 2004/2005.

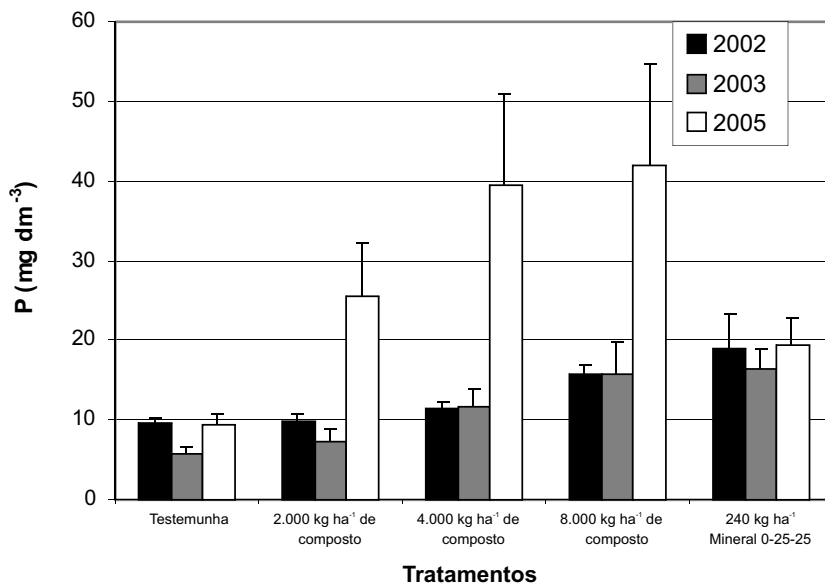


Fig. 7. Teores de fósforo no solo (mg dm⁻³) na camada 0-10 cm de um PVA cultivado com soja na Fazenda Primavera, em Bataiporã, MS, em função dos tratamentos aplicados e o ano de amostragem.

As linhas verticais representam o erro padrão da média das observações para cada dose de fertilizante orgânico e mineral.

As quantidades de Ca aplicadas variaram entre 48 e 386 kg ha⁻¹ e as de Mg entre 6 e 47 kg ha⁻¹. Esses valores estão muito acima das exportações estimadas desses nutrientes que foram de 12, 2 e 7 kg ha⁻¹ de Ca e 8, 2 e 5 kg ha⁻¹ de Mg. Observa-se uma tendência de aumento nos teores de Ca no solo para as maiores doses (Fig. 8), enquanto para o Mg não há uma tendência clara (Fig. 9). As quantidades desses elementos aplicadas pelas doses de fertilizante orgânico utilizadas são suficientes para manter as produtividades e elevar seus teores no solo. A utilização de óxido de cálcio durante os processos de depilação e na aplicação de cal virgem nas pilhas de compostagem para evitar moscas explicam os elevados teores de Ca no fertilizante. As formas de Ca adicionadas no fertilizante pelos resíduos utilizados contêm apreciável proporção de óxidos e hidróxidos, gerando um pH de 8,6. De fato, foi observado um efeito neutralizador da acidez do solo, com tendência de elevação do pH com o aumento da dose aplicada, após três anos de fertilizações (Fig. 10) e conseqüente redução nos teores de Al trocável (Fig. 11).

Observa-se que para a testemunha os valores de pH e Al trocável não sofreram grandes alterações nos três anos de estudo, enquanto na presença de fertilizante orgânico, houve um gradativo efeito neutralizador da acidez do solo com o aumento da dose. O fertilizante mineral chegou a apresentar uma tendência de elevação gradual dos teores de Al trocável com o tempo (Fig. 11).

Ressalta-se que o excesso de Ca e Mg, combinado com os baixos teores de K do fertilizante, podem gerar um desbalanço nutricional no solo, o que reforçaria a necessidade de se trabalhar na elevação dos teores de K do produto estudado.

Embora tenha sido menor a variação na CTC efetiva do solo, observou-se uma tendência de aumento com as doses de fertilizante orgânico (Fig. 12). Observa-se uma tendência de redução gradual da CTC efetiva com a aplicação do fertilizante mineral, resultante, provavelmente, da não reposição de Ca e Mg extraídos pela soja ao longo do tempo.

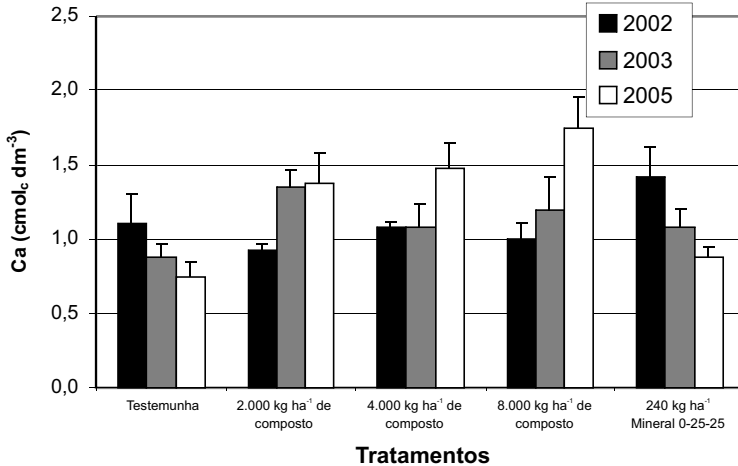


Fig. 8. Teores de cálcio no solo (cmol_c dm⁻³) na camada 0-10 cm de um PVA cultivado com soja na Fazenda Primavera, em Bataiporã, MS, em função dos tratamentos aplicados e o ano de amostragem.

As linhas verticais representam o erro padrão da média das observações para cada dose de fertilizante orgânico e mineral.

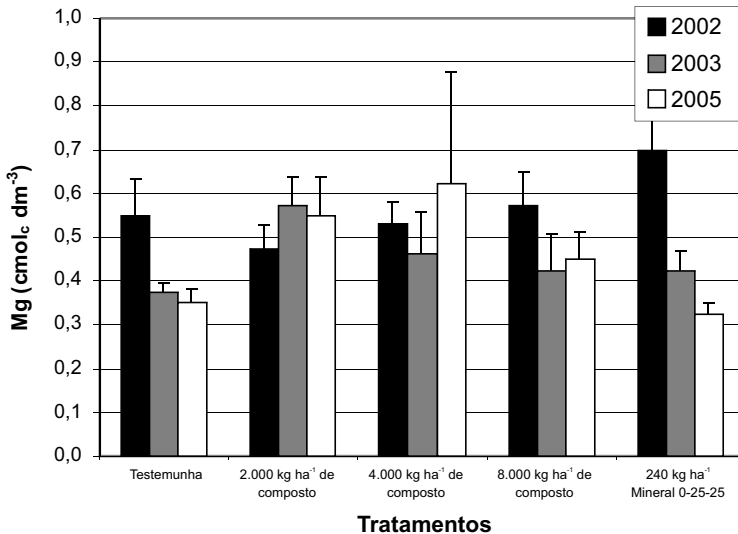


Fig. 9. Teores de magnésio no solo (cmol_c dm⁻³) na camada 0-10 cm de um PVA cultivado com soja na Fazenda Primavera, em Bataiporã, MS, em função dos tratamentos aplicados e o ano de amostragem.

As linhas verticais representam o erro padrão da média das observações para cada dose de fertilizante orgânico e mineral.

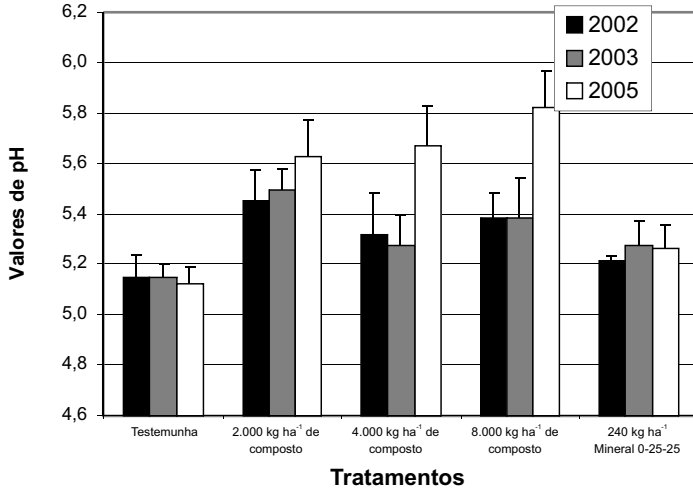


Fig. 10. Valores de pH na camada 0-10 cm de um PVA cultivado com soja na Fazenda Primavera, em Bataiporã, MS, em função dos tratamentos aplicados e o ano de amostragem.

As linhas verticais representam o erro padrão da média das observações para cada dose de fertilizante orgânico e mineral.

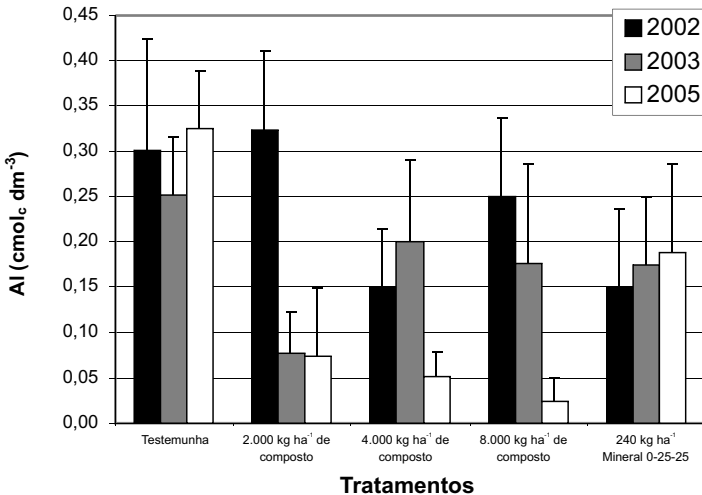


Fig. 11. Teores de alumínio trocável no solo ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) na camada 0-10 cm de um PVA cultivado com soja na Fazenda Primavera, em Bataiporã, MS, em função dos tratamentos aplicados e o ano de amostragem.

As linhas verticais representam o erro padrão da média das observações para cada dose de fertilizante orgânico e mineral.

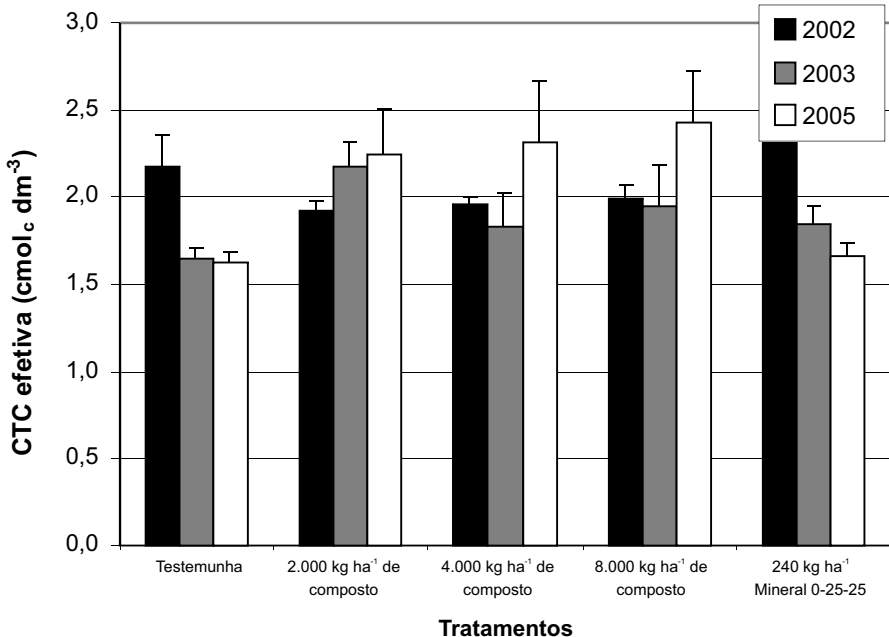


Fig. 12. Capacidade de troca de cátions efetiva no solo ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) na camada 0-10 cm de um PVA cultivado com soja na Fazenda Primavera, em Bataiporã, MS, em função dos tratamentos aplicados e o ano de amostragem.

As linhas verticais representam o erro padrão da média das observações para cada dose de fertilizante orgânico e mineral.

Os teores de matéria orgânica do solo não tiveram alterações significativas em três anos de experimento, mesmo com a aplicação de $8.000 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ do fertilizante orgânico (Fig. 13). As características do fertilizante orgânico utilizado sugerem que o mesmo possui uma elevada taxa de decomposição. Sua relação C:N varia em torno de 18:1, o que favorece uma rápida decomposição. O solo estudado apresenta baixa capacidade de proteção da matéria orgânica, uma vez que tem textura bastante arenosa. As elevadas temperaturas típicas da região, aliadas à baixa restrição por umidade, também contribuem para essa elevada taxa de decomposição. Desta forma, alterações nos teores de matéria orgânica do solo nas condições do experimento seriam pouco prováveis, mesmo com doses mais elevadas do fertilizante orgânico. Entretanto, a mesma pode melhorar as condições químicas, físicas e biológicas do solo, tendo um efeito condicionador

(Mielniczuk et al., 2003). A tendência de melhores respostas em produtividade e as melhores condições químicas são evidências de tal fato, mas necessitam estudos complementares para a obtenção de resultados mais conclusivos.

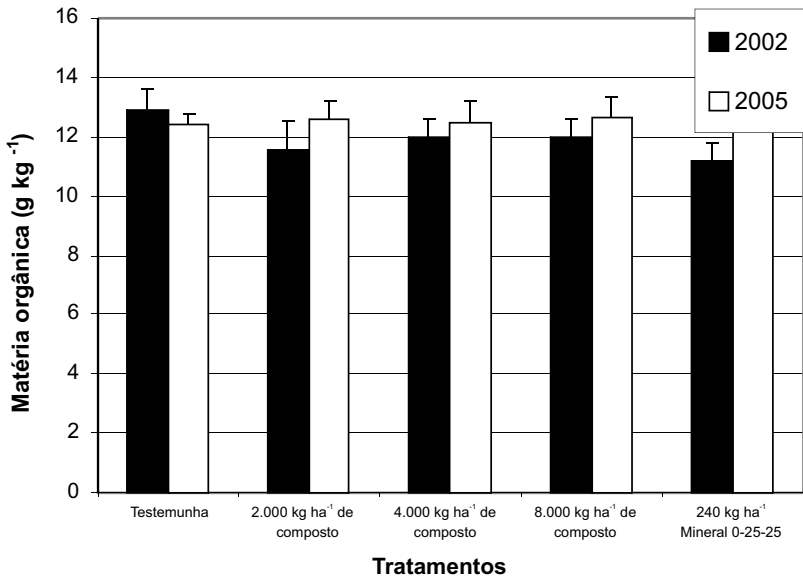


Fig. 13. Teor de matéria orgânica do solo (g kg⁻¹) na camada 0-10 cm de um PVA cultivado com soja na Fazenda Primavera, em Bataiporã, MS, em função dos tratamentos aplicados e o ano de amostragem.

As linhas verticais representam o erro padrão da média das observações para cada dose de fertilizante orgânico e mineral.

Experimento 2 - Mandioca

Na safra 2003/2004, a mandioca foi colhida com um ano de idade e apresentou produtividades altamente satisfatórias de raízes, ramas e cepas (Lorenzi et al., 2002), conforme pode ser visto nas Fig. 14, 15 e 16, respectivamente. Os rendimentos de raízes variaram entre 35.200 kg ha⁻¹ para a testemunha e 46.000 kg ha⁻¹ para a maior dose de fertilizante orgânico aplicada (Fig. 14). Observou-se um crescimento linear da produtividade com a aplicação do fertilizante orgânico. A adubação mineral não afetou significativamente, pelo teste t a 5%, a produtividade de raízes, sendo a produção de 38.300 kg ha⁻¹ ligeiramente superior à testemunha.

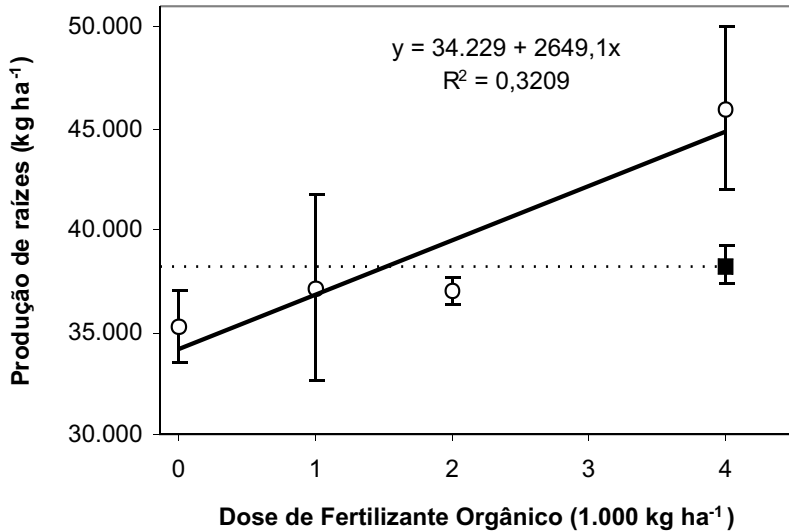


Fig. 14. Produção de raízes de mandioca (kg ha⁻¹) em função da dose de fertilizante orgânico aplicada.

As linhas verticais representam o erro padrão da média das observações para cada dose de fertilizante orgânico e mineral. O quadrado representa a produtividade obtida com o adubo mineral (240 kg ha⁻¹ da formulação 0-25-25).

Os rendimentos de ramos variaram entre 35.700 kg ha⁻¹ e 51.100 kg ha⁻¹, também crescendo linearmente com a dose de fertilizante orgânico aplicada (Fig. 15). A adubação mineral não afetou significativamente, segundo o teste t, a produtividade de ramos, sendo estatisticamente igual à testemunha.

O comportamento da produção de cepas foi similar ao observado para raízes e ramos, variando linearmente com a dose de fertilizante orgânico, saindo de 7.200 kg ha⁻¹ na dose zero para 9.500 kg ha⁻¹ para a maior dose (Fig. 16). A adubação mineral não afetou a produtividade.

O índice de colheita, determinado pela razão entre a produção econômica e a produção biológica da planta, variou entre 43% e 46% (Fig. 17), não sendo afetado por nenhum dos tratamentos. Os valores estão próximos aos observados para a variedade (IAC 576), conforme Lorenzi et al. (2002).

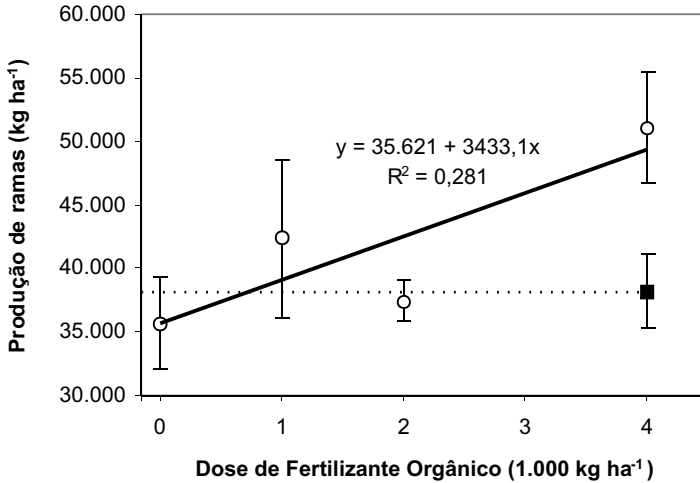


Fig. 15. Produção de ramas de mandioca (kg ha^{-1}) em função da dose de fertilizante orgânico aplicada.

As linhas verticais representam o erro padrão da média das observações para cada dose de fertilizante orgânico e mineral. O quadrado representa a produtividade obtida com o adubo mineral (240 kg ha^{-1} da formulação 0-25-25).

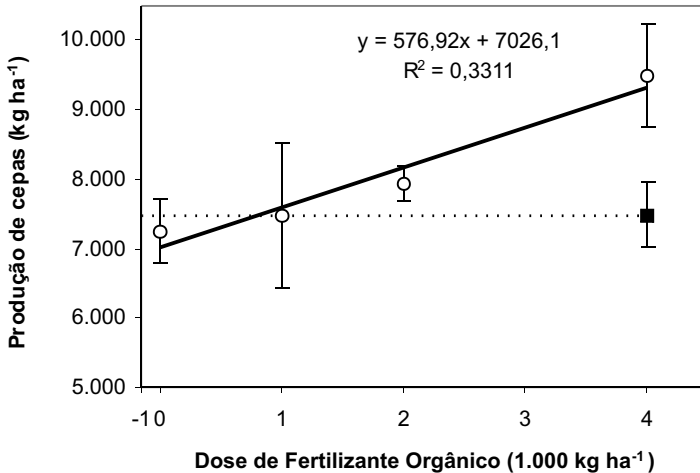


Fig. 16. Produção de cepas de mandioca (kg ha^{-1}) em função da dose de fertilizante orgânico aplicada.

As linhas verticais representam o erro padrão da média das observações para cada dose de fertilizante orgânico e mineral. O quadrado representa a produtividade obtida com o adubo mineral (240 kg ha^{-1} da formulação 0-25-25).

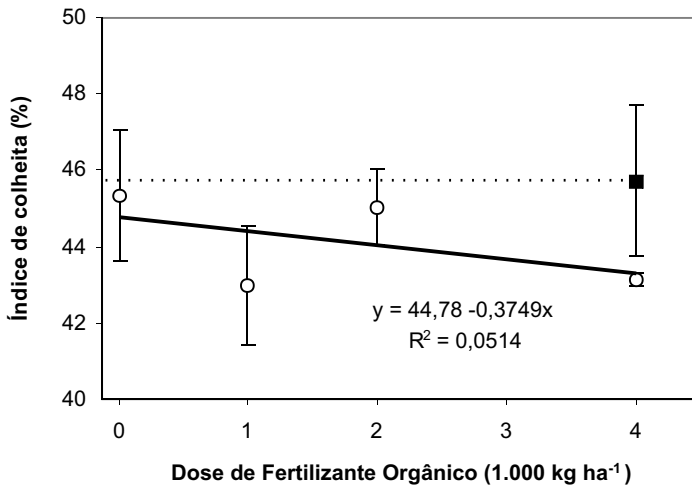


Fig. 17. Índice de colheita de mandioca em função da dose de fertilizante orgânico aplicada.

As linhas verticais representam o erro padrão da média das observações para cada dose de fertilizante orgânico e mineral. O quadrado representa o índice de colheita obtido com o adubo mineral (240 kg ha⁻¹ da formulação 0-25-25).

Conforme podem ser observadas, as produtividades de mandioca foram muito boas, mesmo em um ano no qual houve um grande déficit hídrico, evidenciando o potencial da cultura para resistência à seca. Observou-se, ainda, uma resposta linear à aplicação de adubo orgânico, não sendo observado um patamar de produtividade com doses abaixo de 4.000 kg ha⁻¹. Para que esse patamar seja alcançado, doses superiores à máxima utilizada devem ser aplicadas.

Conclusões

Os experimentos conduzidos nas safras 2002/2003, 2003/2004 e 2004/2005 mostraram uma resposta positiva à aplicação do fertilizante orgânico testado para a cultura de soja e, na safra 2003/2004, para a mandioca. Embora os resultados tenham sido prejudicados por adversidades climáticas, há evidências de que doses em torno de 4.000 kg ha⁻¹ trariam respostas satisfatórias para a cultura da soja. Para a mandioca, a máxima produtividade também foi atingida com a mesma dose; entretanto, doses maiores não foram testadas, não se permitindo concluir se haveria resposta a maiores quantidades de fertilizantes orgânicos. Em geral, para ambas as culturas, a adubação mineral se mostrou menos eficiente ou tão eficiente quanto a orgânica.

O fertilizante orgânico apresenta teores muito baixos de K, combinado com teores relativamente elevados de Mg e, principalmente, Ca. Embora não tenha sido observada limitação alguma ao desenvolvimento da cultura por deficiência em K, destaca-se que essa possibilidade poderá ocorrer no futuro, uma vez que as exportações desse nutriente superam as entradas e as quantidades de Ca e Mg aplicadas podem provocar um desbalanço no complexo sortivo do solo, reduzindo ainda mais a disponibilidade de K. As análises de solo antes e após os três anos de experimentos demonstram tendência de elevação nos teores de Ca e Mg, sem que haja uma tendência clara quanto ao K. Recomenda-se a correção dos teores de K no fertilizante orgânico, para que tal problema seja evitado.

De forma geral, o solo na área cultivada com culturas anuais apresentou melhorias qualitativas significativas, com a aplicação do fertilizante orgânico. Houve um aumento nos teores de Ca, Mg e, sobretudo, de P. O pH e a CTC efetiva elevaram-se e o Al trocável apresentou significativa redução, evidenciando um caráter corretivo do fertilizante orgânico. Em contraste, no sistema com adubação mineral, houve tendência inversa. Reduziram-se os teores de Ca, Mg e a CTC efetiva, elevaram-se as concentrações de Al trocável, mantendo-se estável o pH e os teores de P. Conclui-se, portanto, que o fertilizante orgânico em doses iguais ou superiores a 4.000 kg ha⁻¹ ano⁻¹ manteve produtividades iguais e até superiores às obtidas pela adubação mineral recomendável para a cultura da soja, ao mesmo tempo em que possibilitou melhorias nas qualidades químicas do solo estudado.

Referências

CLAESSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997. 212 p. (Embrapa-CNPS. Documentos, 1).

FIETZ, C.R.; URCHEI, M.A.; COMUNELLO, E. **Probabilidade de ocorrência de chuva na Bacia do Rio Dourados, MS**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2002. 32p.

LORENZI, J. O.; OTSUBO, A. A.; MONTEIRO, D. A.; VALLE, T. L. Aspectos fitotécnicos da mandioca em Mato Grosso do Sul. In: OTSUBO, A. A.; MERCANTE, F. M.; MARTINS, C. S. (Ed.). **Aspectos do cultivo da mandioca em Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Campo Grande, MS: UNIDERP, 2002. 219 p.

MANTOVANI, J. R.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. da; BARBOSA, J. C. Alterações nos atributos de fertilidade em solo adubado com composto de lixo urbano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, n. 5, p. 817-824, set./out. 2005.

MELO, W. J.; MARQUES, M. O.; SANTIAGO, G.; CHELLI, R. A.; LEITE, S. A. S. Efeito de doses crescentes de lodo de esgoto sobre frações da matéria orgânica e CTC de um Latossolo cultivado com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, n. 3, p. 449-455, set./dez. 1994.

MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F.M.; LOVATO, T.; FERNANDES, F.F.; DEBARBA, L. Manejo de solo e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio do solo. In: CURI, N. et al. (Eds.) **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003, v.3; p.209-248.

ROCHA, G.N.; GONÇALVES, J.L.M.; MOURA, I.M. Mudanças da fertilidade do solo e crescimento de um povoamento de *Eucalyptus grandis* fertilizado com biossólido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, n. 4, p. 623-639, jul./ago. 2004.

SILVA, F. C.; RAIJ, B. van. Avaliação da disponibilidade de fósforo, por diversos extratores, em amostras de solos cultivados com cana -de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, n. 1, p. 83-90, jan./abr. 1996.

SIMONETE, M. A.; KIEHL, J. C.; ANDRADE, C. A.; TEIXEIRA, C. F. A. Efeito do lodo de esgoto em um Argissolo e no crescimento e nutrição de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 10, p. 1187-1195, out. 2003.

SISTEMA Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, DF: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

TECNOLOGIAS de produção de soja - Região Central do Brasil 2006. Londrina: Embrapa Soja; Planaltina: Embrapa Cerrados; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2005. 220 p. (Embrapa Soja. Sistemas de produção, 9).

VIEIRA, R. F.; TANAKA, R. T.; TSAI, S. M.; PÉREZ, D. V.; SILVA, C. M. M. S. Disponibilidade de nutrientes no solo, qualidade de grãos e produtividade da soja em solo adubado com lodo de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 40, n. 9, p. 919-926, set. 2005.



Agropecuária Oeste

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

BR 163, km 253,6 - Trecho Dourados-Caarapó

Caixa Postal 661 - 79804-970 Dourados, MS

Telefone (67) 3425-5122 Fax (67) 3425-0811

www.cpao.embrapa.br

APOIO:



**Fazenda
Primavera**

