

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA

ELTON WILLIAM ZEMKE

**MÉTODOS ALTERNATIVOS DE CORREÇÃO DA ACIDEZ DO SOLO
E DE ADUBAÇÃO PARA O FEIJOEIRO, POR MEIO DO USO DE CALXISTO,
CAMA DE AVIÁRIO, FOSFATO NATURAL E INOCULANTE NATURAL**

PONTA GROSSA – PR
FEVEREIRO - 2009

ELTON WILLIAM ZEMKE

**MÉTODOS ALTERNATIVOS DE CORREÇÃO DA ACIDEZ DO SOLO
E DE ADUBAÇÃO PARA O FEJJOEIRO, POR MEIO DO USO DE CALXISTO,
CAMA DE AVIÁRIO, FOSFATO NATURAL E INOCULANTE NATURAL**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual
de Ponta Grossa para obtenção do título de
Mestre em Agronomia – Área de Concentração:
Agricultura.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Fávero Caires

**PONTA GROSSA – PR
FEVEREIRO – 2009**

Ficha Catalográfica Elaborada pelo Setor de Processos Técnicos BICEN/UEPG

Z53m Zemke, Elton William
Métodos alternativos de correção da acidez do solo e de adubação para o feijoeiro, por meio do uso de calxisto, cama de aviário, fosfato natural e inoculante natural. / Elton William Zemke. Ponta Grossa, 2009.
53f.
Dissertação (Mestrado em Agronomia – Área de Concentração : Agricultura), Universidade Estadual de Ponta Grossa.
Orientador: Prof. Dr. Eduardo Fávero Caires

1. Acidez do solo. 2. Calxisto. 3. Calcário. 4. *Phaseolus vulgaris* L. 5. IPR 113 Graúna. 6. Adubação NPK. I. Caires, Eduardo Fávero. II. T.

CDD: 631.82



SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIA
Coordenação de Colegiado de Curso de Mestrado em Agronomia

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título da Dissertação: **“MÉTODOS ALTERNATIVOS DE CORREÇÃO DA ACIDEZ DO SOLO E DE ADUBAÇÃO PARA O FEIJOEIRO, POR MEIO DO USO DE CALXISTO, CAMA DE AVIÁRIO, FOSFATO NATURAL E INOCULANTE NATURAL”.**

Nome: Elton William Zemke

Orientador: Eduardo Fávero Caires

Aprovado pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Eduardo Fávero Caires

Dra. Maria Izabel Radomski

Dr. Francisco Skora Neto

Data da Realização: 27 de fevereiro de 2009.

Debulhar o trigo
Recolher cada bago do trigo
Forjar no trigo o milagre do pão e se fartar de pão

Decepar a cana
Recolher a garapa da cana
Roubar da cana a doçura do mel, se lambuzar de mel

Afagar a terra
Conhecer os desejos da terra
Cio da terra, propícia estação de fecundar o chão.

Composição: Milton Nascimento / Chico Buarque

Aos agricultores familiares

OFEREÇO

**A minha esposa Josy, minha filhinha Manoella e a meus pais Wiegand e Catarina
Zemke**

Pelo carinho e ajuda, pela alegria e pela formação nesta nova caminhada.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida e por todas as coisas maravilhosas que “Ele” nos dá.

Ao Professor Eduardo, pela acolhida como seu orientado e pelos **ensinamentos** prontamente **compartilhados**, mostrando ser além de orientador, um verdadeiro AMIGO.

A todos os servidores públicos do IAPAR do Pólo de Ponta Grossa, em especial à Maria de Fátima Ribeiro, Francisco Skora Neto e Dirk Ahrens, pelo incentivo, apoio e compreensão nos momentos de ausência no trabalho.

A PETROBRÁS pelo apoio financeiro.

À Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), por possibilitar a realização do curso de mestrado.

A toda equipe do Laboratório de Fertilidade do Solo da UEPG, em especial ao Hélio e à Verônica pelo auxílio nas análises do experimento.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram na realização deste trabalho.

MÉTODOS ALTERNATIVOS DE CORREÇÃO DA ACIDEZ DO SOLO E DE ADUBAÇÃO PARA O FEIJOEIRO, POR MEIO DO USO DE CALXISTO, CAMA DE AVIÁRIO, FOSFATO NATURAL E INOCULANTE NATURAL

RESUMO

O aproveitamento do descarte de mineração para uso na agricultura vem sendo apontado como uma alternativa sustentável para minimizar passivos ambientais. Com o objetivo de estudar a viabilidade do uso de calxisto (descarte de mineração) como corretivo da acidez do solo em comparação ao calcário, e de adubos orgânico e mineral, em presença de inoculante natural, para a produção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), realizou-se um experimento em casa de vegetação, utilizando um Cambissolo Háplico distrófico textura argilosa, em Ponta Grossa (PR). O experimento foi conduzido em vasos de 5 dm³, com dois cultivos sucessivos de feijão. O delineamento experimental empregado foi o de blocos completos ao acaso, em esquema fatorial 2 x 2 x 2, com uma testemunha e cinco repetições. Os tratamentos foram: T1: Testemunha; T2: Calxisto + cama de aviário + fosfato natural + inoculante natural; T3: Calxisto + cama de aviário + fosfato natural; T4: Calcário + cama de aviário + fosfato natural + inoculante natural; T5: Calcário + cama de aviário + fosfato natural; T6: Calxisto + NPK + inoculante natural; T7: Calxisto + NPK; T8: Calcário + NPK + inoculante natural; e T9: Calcário + NPK. O cultivar de feijão utilizado no experimento foi o IPR 113 Graúna. Avaliaram-se os atributos químicos do solo, a produção de grãos e os componentes de produção: número de vagens por planta, número de grãos por vagem, número de grãos por planta e massa de 100 grãos. Os teores de N, P, K, Ca, Mg e S nos grãos foram determinados após a colheita. Os resultados obtidos foram submetidos às análises de variância, excluindo-se a testemunha devido ao fraco desenvolvimento das plantas em solo natural. Os resultados mostraram que o uso de calxisto pode ser uma alternativa para a correção da acidez do solo em substituição ao calcário, considerando que a aplicação do produto proporcionou elevação da saturação por bases para 64%, valor próximo ao calculado de 70%, recomendado para a cultura do feijoeiro. A substituição da adubação mineral com NPK pela adubação com cama de aviário + fosfato natural não prejudicou a produção de grãos do feijoeiro. A aplicação de calxisto proporcionou maior teor de S nos grãos do que o calcário, somente no primeiro cultivo do feijoeiro. O efeito residual da adubação com cama de aviário + fosfato natural foi maior do que com NPK mineral na concentração de N, K e S nos grãos de feijão. No entanto, a adubação mineral com NPK teve maior efeito residual do que a adubação com cama de aviário + fosfato natural na produção de grãos de feijão, devido ao melhor aproveitamento de P pelas plantas. A aplicação do inoculante natural não proporcionou modificações significativas nos atributos químicos do solo, mas ocasionou aumento na massa de 100 grãos e na concentração de N nos grãos no primeiro cultivo de feijão.

Palavras-chaves: acidez do solo, calxisto, calcário, *Phaseolus vulgaris* L., IPR 113 Graúna, adubação NPK.

SOIL ACIDITY CONTROL AND FERTILIZATION ALTERNATIVE METHODS ON THE COMMON BEAN CROP BY USE OF CALXISTO, POULTRY LITTER, ROCK PHOSPHATE AND NATURAL INOCULANT

ABSTRACT

The use of industrial waste in agriculture is being provided as a sustainable alternative to minimize environmental liabilities. In order to study the feasibility of using calxisto (disposal of mining) as corrective of soil acidity compared to lime, and organic and mineral fertilizers in the presence of natural inoculant for the production of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.), an experiment was carried out in a greenhouse, using a dystrophic clayey Haplic Cambisol in Ponta Grossa, Parana State, Brazil. The experiment was conducted in pots of 5 dm³ in two consecutive sowings. A randomized complete block design in a factorial 2 x 2 x 2 scheme was used with a control and five replications. The treatments were: T1: control; T2: Calxisto + poultry litter + rock phosphate + natural inoculant; T3: Calxisto + poultry litter + rock phosphate; T4: Lime + poultry litter + rock phosphate + natural inoculant; T5: Lime + poultry litter + rock phosphate; T6: NPK + Calxisto + natural inoculant; T7: Calxisto + NPK; T8: Lime + NPK + natural inoculant; and T9: Lime + NPK. The common bean cultivar used was Graúna IPR 113. We evaluated the soil chemical attributes, grain yield and components of production: number of pods per plant, number of grains per pod, number of grains per plant, and weight of 100 grains. The levels of N, P, K, Ca, Mg, and S in the grains were determined after harvest. The data were submitted to analysis of variance, excluding the control treatment because of plants weak development in natural soil conditions. The results showed that the use of calxisto may be an alternative to replace the lime for the soil acidity control, as soon as the application of this product increased the soil base saturation to 64%, close to the calculated value of 70%, recommended for the common bean crop. The substitution of NPK mineral fertilizers by poultry litter + rock phosphate did not impair the grain yield of common bean. Higher content of S in the grains was obtained with calxisto than lime application, only the first crop of beans. The residual effect of fertilization with poultry litter + rock phosphate was higher than with NPK mineral on the concentration of N, K, and S in the grains. However, the mineral fertilization with NPK provided a higher residual effect than with poultry litter + rock phosphate on the common bean yield due to better utilization of P by the plants. Natural inoculant application caused no significant changes in soil chemical attributes, but it caused an increase in mass of 100 grains and concentration of N in the grains at the first crop of common bean.

Keywords: soil acidity, calxisto, lime, *Phaseolus vulgaris* L., IPR 113 Graúna, NPK fertilization.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Mapa das principais unidades geológicas do Estado do Paraná (MINEROPAR, 2008).....	14
FIGURA 2 - Ocorrência do xisto no território brasileiro (TESSARO, 1998).....	21
FIGURA 3 - Desenvolvimento das plantas de feijão no tratamento testemunha (vaso 5) e nos tratamentos com calcário + NPK (vaso 42) e com calcário + NPK + inoculante natural (vaso 30). Foto do autor.....	35
FIGURA 4 - Folhas de feijão no tratamento testemunha (TRAT 01) e nos tratamentos com calcário e NPK + inoculante natural (TRAT 08) e com calcário + NPK (TRAT 09). Foto do autor.....	36
FIGURA 5 - Vagem de feijão colhida do tratamento testemunha. Foto do autor.....	36

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 -	Atributos químicos e granulométricos do solo, da camada de 0-20 cm, antes da instalação do experimento.....	29
TABELA 2 -	Tratamentos utilizados no experimento em casa de vegetação. Ponta Grossa (PR), 2007.....	30
TABELA 3 -	Atributos químicos de solo após a aplicação de calxisto e calcário, cama de aviário (CA) + fosfato natural (FN) e NPK mineral, e de inoculante natural, após a segunda colheita.....	37
TABELA 4 -	Resultados médios de componentes de produção e produtividade de feijão IPR 113 Graúna, obtidos no primeiro cultivo, em função da aplicação de calxisto e calcário, cama de aviário (CA) + fosfato natural (FN) e NPK mineral, e de inoculante natural.....	39
TABELA 5 -	Resultados médios de componentes de produção e produtividade de feijão IPR 113 Graúna, obtidos no segundo cultivo, em função da aplicação de calxisto e calcário, cama de aviário (CA) + fosfato natural (FN) e NPK mineral, e de inoculante natural.....	41
TABELA 6 -	Teores médios de nutrientes nos grãos de feijão, cv. IPR 113 Graúna, do primeiro cultivo, em função da aplicação do calxisto e calcário, cama de aviário (CA) + fosfato natural (FN) e NPK mineral, e de inoculante natural.....	42
TABELA 7 -	Teores médios de nutrientes nos grãos de feijão, cv. IPR 113 Graúna, do segundo cultivo, em função da aplicação do calxisto e calcário, cama de aviário (CA) + fosfato natural (FN) e NPK mineral, e de inoculante natural.....	43

SUMARIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	14
2.1 Caracterização de solo e clima da região de estudo.....	14
2.2 Acidez do solo – um enfoque geral.....	15
2.2.1 Tipos de acidez do solo.....	16
2.2.2 Corretivos usualmente utilizados para corrigir a acidez do solo.....	18
2.3 Calxisto como uma alternativa para a agricultura familiar.....	20
2.3.1 Origem, forma de extração e distribuição do calxisto no território nacional.....	20
2.3.2 Características químicas e físicas do calxisto.....	21
2.4 Práticas utilizadas por agricultores familiares da região Centro Sul do Paraná.....	22
2.4.1 Uso de inoculante natural líquido na solubilização de adubos orgânicos e minerais.....	22
2.4.2 Utilização da cama de aviário na produção agrícola.....	24
2.4.3 Uso de fosfato natural na agricultura.....	25
2.5 Efeito residual de corretivos da acidez e de fertilizantes.....	26
2.6 Importância da produção de feijão no Estado do Paraná e região Centro Sul.....	28
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	29
3.1 Características do local e solo utilizado no estudo.....	29
3.2 Delineamento experimental e tratamentos.....	29
3.3 Características agronômicas do cultivar IPR 113 Graúna.....	31
3.4 Instalação e condução do experimento.....	32
3.5 Avaliações.....	33
3.6 Análises estatísticas.....	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
4.1 Atributos químicos do solo.....	37
4.2 Componentes de produção e produtividade de feijão.....	39
4.3 Concentração de nutrientes nos grãos de feijão	41
5. CONCLUSÕES.....	45
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46

1. INTRODUÇÃO

A preferência do agricultor pelo padrão agrícola baseado na “Revolução Verde” instituída na década de 1950 e 1960, a qual se baseava em um amplo programa para aumentar a produção agrícola no mundo por meio de melhorias genéticas em sementes, e uso intensivo de insumos industriais, direcionou-se para uma atual situação de desequilíbrio ambiental. Segundo Centurion *et al.* (2001), a alteração de ecossistemas naturais ocorre na medida em que eles vão sendo substituídos por atividades voltadas para fins industriais ou para produção de alimentos, provocando degradação dos solos pelo uso e manejos inadequados.

É inegável o aumento da produção e da produtividade agrícola nas últimas décadas, mas também é inegável que esses objetivos foram conquistados às custas de maiores danos ao meio ambiente e ao próprio homem. A sobrevivência do sistema agrícola atual depende do conhecimento de práticas conservacionistas que possibilitem minimizar a degradação dos solos objetivando a sustentabilidade.

A partir desse conhecimento somado às inovações tecnológicas e os avanços das pesquisas agrícolas na busca de maiores aumentos de produtividade, defronta-se, algumas vezes, com certas limitações, como por exemplo, a acidez do solo. A acidez do solo é um dos fatores que mais limita a produtividade das culturas em várias partes do mundo, inclusive no Brasil. Os solos da região Centro Sul do Paraná apresentam níveis tóxicos de alumínio (Al) e/ou manganês (Mn), baixo conteúdo de bases e de fósforo (P). Por conseqüência, a produtividade das culturas nesses solos é baixa (FAGERIA & STONE, 1999; SILVEIRA *et al.* 2000).

A elevação do pH do solo tem influência direta na redução da toxidez por Al e pode alterar a disponibilidade de nutrientes no solo para as plantas (AZEVEDO *et al.*, 1996; MIRANDA & MIRANDA, 2000). Segundo Miranda & Miranda (2000), o uso da dose adequada de corretivos de acidez possibilita, com o tempo, correção da camada subsuperficial. Essa condição favorece o crescimento do sistema radicular em maiores profundidades e causa reflexos diretos na produtividade das culturas.

A calagem é uma prática obrigatória para o alcance de altas produtividades das culturas, sem a necessidade de abertura de novas áreas, com intuito de preservação do meio ambiente (LOPES, 1994). Estudos realizados com as culturas de feijão e soja, em função da calagem na superfície e incorporada, mostraram que o calcário aplicado na dose calculada, independentemente do modo de aplicação (superficial ou incorporado), aumentou o pH e elevou os teores de Ca e Mg trocáveis das camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade (BARBOSA FILHO *et al.*, 2005). Barbosa Filho & Silva (2000), em experimentos realizados a campo testando doses de calcário (0, 3, 6, 9, 12 e 15 t ha⁻¹) para a cultura do feijoeiro irrigado, em solos do cerrado, concluíram que a calagem proporcionou aumentos no rendimento de grãos de feijão que variaram de 19 a 37% de acordo com o aumento da dose de calcário aplicada. Apesar de a calagem ser uma das práticas menos dispendiosas e efetivas na correção da acidez do solo, os agricultores descuidam da importância desta prática, o que resulta em menor eficiência na correção da acidez do solo (QUAGGIO, 2000).

Na busca de novas alternativas para a sustentabilidade agrícola, ambiental e econômica dos agricultores familiares da região Centro Sul do Paraná, parcerias entre a PETROBRAS, o Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), foram realizadas a partir de 2003, visando demonstrar, através da pesquisa, o potencial do uso de calcário para na correção da acidez do solo. De forma semelhante, o uso de fosfato natural, e de resíduos animais, como a cama de aviário, a qual muitas vezes é produzida

no próprio estabelecimento rural, e de inoculante líquido natural à base da levedura *Saccharomyces cerevisiae* em processos de compostagem para auxiliar na disponibilidade de nutrientes, vêm se tornando prática comum entre os agricultores familiares da Região Centro Sul do Paraná, como opção aos fertilizantes solúveis. Isto se deve basicamente a quatro motivos, relatados por agricultores e técnicos que atuam nessa região: (i) aos bons resultados de produtividade alcançada com o uso desses insumos; (ii) à possibilidade de recuperação da fertilidade do solo; (iii) a fatores de ordem econômica, pois o uso desses insumos abre novas perspectivas de renda e diminuição de custos de produção para os produtores, garantindo a sua permanência na atividade agrícola; (iv) e às experiências bem sucedidas de organizações não governamentais (ONG's) que apóiam e divulgam alternativas técnicas para produção na agricultura familiar .

Considerando esses aspectos, o presente trabalho de pesquisa teve os objetivos de (i) avaliar o potencial de correção de acidez do solo do calxisto em comparação ao calcário, (ii) verificar a possibilidade de substituir a adubação mineral com NPK pela adubação com cama de aviário + fosfato natural para a produção do feijoeiro, (iii) avaliar se a adição de inoculante líquido natural ao calxisto e ao fosfato natural e cama de aviário melhora a eficiência da aplicação desses produtos para o feijoeiro; e (iv) analisar a influência da correção da acidez com calcário e calxisto, e da adubação com cama de aviário + fosfato natural e com NPK mineral, sem e com inoculante líquido natural, na produtividade e na qualidade de grãos do feijoeiro.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Caracterização de solo e clima da região de estudo

Na Região Centro Sul do Paraná são encontrados os mais variados tipos de solos, em função da diversa geologia formada por materiais da Era Paleozóica (Figura 1) do Período Permiano, dos grupos “Passa Dois”, “Guatá” e “Itararé” e do Período Carbonífero que, por sua vez, deram origem a rochas do tipo arenito, siltito, argilito e folhelhos (PARANÁ, 2008).

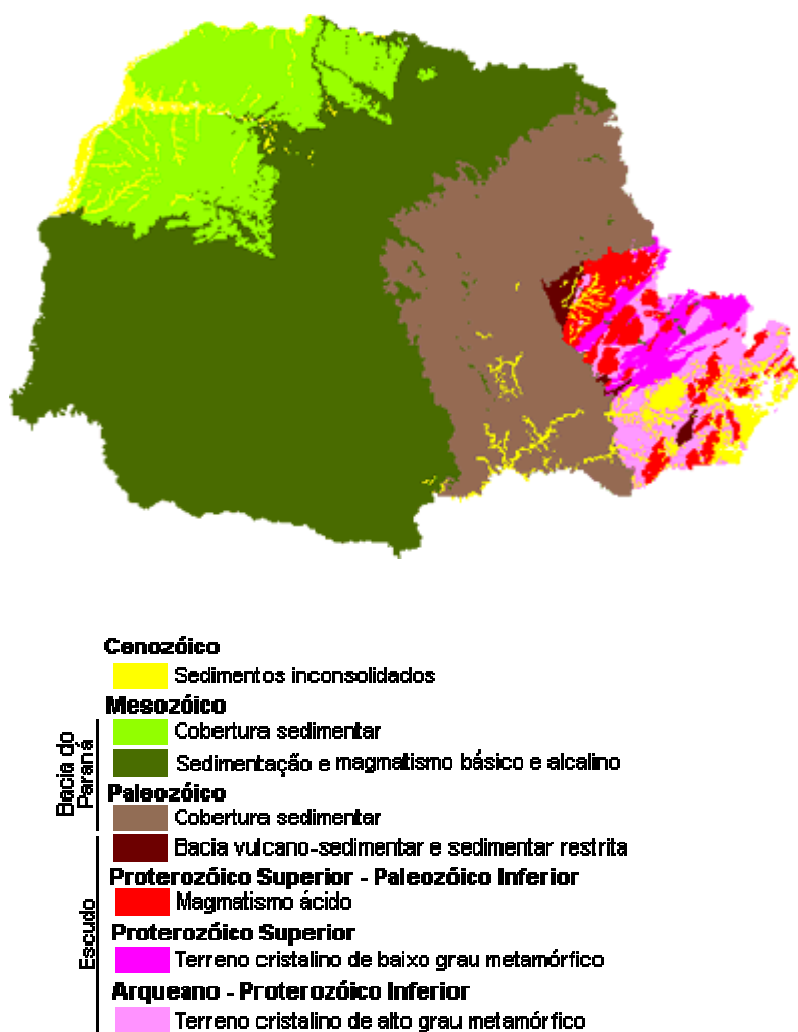


Figura 1. Mapa das principais unidades geológicas do Estado do Paraná (Mineropar, 2008).

Segundo Ribeiro *et al.* (1994), os solos formados a partir destes materiais apresentam limitações de fertilidade em função da baixa disponibilidade de fósforo, cálcio e magnésio e da presença de teores médios a elevados de alumínio trocável.

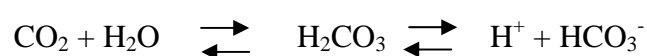
O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfb (subtropical com chuvas bem distribuídas durante o ano e verões amenos). As temperaturas médias anuais variam em torno de 17°C. A precipitação pluvial anual varia de 1.200 a 1.800 mm. O verão costuma ser quente e chuvoso, o inverno é rigoroso, em geral úmido e com ocorrência de geadas entre os meses de maio e setembro.

2.2 Acidez do solo – um enfoque geral

A acidez do solo é um dos fatores que mais limita a produção agrícola. Segundo Cattani & Gallo (1955) e Raij (1991), os solos são ácidos devido à pobreza de cátions básicos, como cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K) e sódio (Na) no material de origem, ou a processos pedogenéticos que favorecem a perda dos cátions.

Silva (2006) relata a acidez do solo como um processo que ocorre à medida que os cátions básicos adsorvidos no complexo coloidal vão sendo deslocados para a solução do solo por íons H^+ e, de alguma forma, removidos do meio. Desta maneira, quanto menos a capacidade de troca de cátions for ocupada por cátions básicos, mais ácido será o solo.

Conforme Sposito (1989), um solo é considerado ácido quando seu pH é inferior a 7,0. Em condições naturais de clima úmido há uma tendência constante para a acidificação do solo. Isto se dá basicamente pelo suprimento contínuo de íons H^+ , originados principalmente da dissociação do ácido carbônico, através da seguinte reação:



A entrada de ácido carbônico pelas águas das chuvas só é evidenciada em solos com pH elevados, tornando-se menos importante à medida que os solos vão se acidificando e, provavelmente, torna-se inexpressiva em pH menor que 5,2.

Segundo Wutke & Garhantini (1992), a acidez do solo também pode ser resultante de (a) reações de troca por contato entre o hidrogênio permutável das raízes das plantas e as bases de troca do solo, (b) oxidação microbiológica do nitrogênio (N) e enxofre (S), (c) radicais ácidos de certos fertilizantes (principalmente os fertilizantes nitrogenados amoniacais), (d) dissolução de grupos $-\text{COOH}$ e $-\text{OH}$ da matéria orgânica, e (e) dissociação de íons H^+ expostos em radicais OH^- nas arestas de fratura de minerais de argila.

Quaggio (1986) relata que a acidificação pelos fertilizantes nitrogenados está associada com a proporção do N aplicado que é perdido por lixiviação após a nitrificação.

Quanto à acidificação do solo por adição de compostos orgânicos, Helyar (2003) relata que a acidez somente ocorrerá quando o balanço final das reações ácidas e alcalinas que ocorrem durante a decomposição da matéria orgânica tender para a formação de produtos ácidos.

Segundo Quaggio & Raij (2001), a acidez do solo é representada de duas maneiras, através da acidez ativa (H^+ presente na solução do solo) e da acidez potencial ($\text{H} + \text{Al}$), a qual é dividida em acidez trocável (Al^{3+} trocável + H^+ trocável) e acidez não trocável (H^+ de ligação covalente).

2.2.1 Tipos de acidez do solo

a) Acidez ativa

A acidez ativa é representada pela atividade de íons hidrogênio (H^+) que se encontram livres ou dissociados na solução do solo (CATANI & GALLO, 1955). Esse hidrogênio está em equilíbrio com a acidez da fase sólida e é representado pelo logaritmo proposto por Sørensen, denominado índice pH ($\text{pH} = \log 1/[\text{H}^+]$). Assim, para concentrações neutras, $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7}$,

o pH = 7,0. Soluções com pH < 7,0 indicam acidez e, com pH > 7,0, alcalinidade (SPOSITO, 1989).

O pH do solo pode ser determinado em água e em solução de CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹. De modo generalizado, o pH determinado em água é cerca de 0,6 unidades maior que o pH determinado em solução de CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹. A determinação do pH em solução de CaCl₂ é considerada mais precisa do que em água porque apresenta menor influência do efeito salino da solução do solo (QUAGGIO & RAIJ, 2001).

b) Acidez potencial

A acidez potencial é aquela que envolve não apenas os íons Al³⁺ trocável, mas também íons H⁺ trocável e ainda íons H⁺ combinados nos colóides por ligação covalente e que poderão se dissociar com o aumento do pH do solo (QUAGGIO & RAIJ, 2001).

A acidez está envolvida por aspectos de intensidade e quantidade, considerando que uma parte do H⁺ está em equilíbrio na solução do solo e outra parte está adsorvida aos colóides (SILVA, 2006). A acidez potencial faz parte da capacidade de troca de cátions (CTC) a pH 7,0 e, quanto mais elevada a sua concentração, maior a quantidade de íons H⁺ e Al³⁺ que poderão vir para a solução do solo.

A determinação da acidez potencial pode ser feita por meio de extração com solução de acetato de cálcio 1 mol L⁻¹ ou através do uso da solução tampão SMP (PAVAN *et al.*, 1992).

b 1) Acidez trocável

O Al³⁺ trocável é praticamente o único responsável pela acidez trocável, pois a concentração de H⁺ trocável presente nos solos tropicais é muito baixa. O Al³⁺ em altas concentrações é tóxico para as plantas e inibe o crescimento das raízes (CHAO & HARWARD, 1962; HUE *et al.*, 1986). Em condições de elevado teor de Al³⁺ e baixo pH pode também ocorrer teores solúveis de outros metais, como manganês (Mn) e ferro (Fe), também tóxicos para as plantas se absorvidos em quantidades excessivas (RAIJ, 1991).

O Al^{3+} quando predominante nos solos, e por ser um íon de alta valência, compete com outros cátions, como Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ , na adsorção do complexo de troca catiônica (THOMAS & HARGROVE, 1984 citados por SILVA, 2006, p. 20).

b 2) Acidez não trocável

Os íons H^+ ligados às hidroxilas dos colóides, tais como minerais 2:1 e 1:1, óxidos de ferro e alumínio, polímeros de alumínio e matéria orgânica, estão retidos por ligação covalente, caracterizando a acidez não trocável. A avaliação da acidez não-trocável é feita subtraindo-se os valores da acidez potencial e da acidez trocável. Essa acidez reflete a concentração de H^+ da fase sólida que pode ser dissociada com a elevação do pH do solo por meio da calagem.

2.2.2 Corretivos usualmente utilizados para corrigir a acidez do solo

Segundo Alcarde (1992), o sucesso da prática da calagem depende fundamentalmente de três fatores: (i) da dosagem adequada, (ii) do produto, ou melhor, das características do corretivo utilizado e (iii) da aplicação correta.

Atualmente, o mercado dispõe para o agricultor de diversos tipos de corretivos de acidez com características e efeitos distintos. Os corretivos de acidez são classificados em:

a) Calcário: produto obtido pela moagem da rocha calcária. Seus constituintes são os carbonatos de cálcio (CaCO_3) e de magnésio (MgCO_3). Em função do teor de MgO (ALCARDE, 1992), os calcários são classificados em: calcítico (menos de 5% de MgO), magnésiano (5-12% de MgO) e dolomítico (mais de 12% de MgO). Considerando a natureza geológica, os calcários são também classificados em sedimentares e metamórficos. Os sedimentares são mais friáveis ou “moles”, enquanto os metamórficos são mais “duros”. Porém, ambos têm comportamento agrônômico relativamente semelhante.

b) Cal virgem agrícola: produto obtido industrialmente na forma de pó fino pela calcinação ou queima completa do calcário. Seus constituintes são os óxidos de cálcio (CaO) e de magnésio (MgO).

c) **Cal hidratada agrícola ou cal extinta:** produto obtido industrialmente pela hidratação da cal virgem. Seus constituintes são os hidróxidos de cálcio $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ e de magnésio $[\text{Mg}(\text{OH})_2]$, e se apresenta na forma de pó fino.

d) **Calcário calcinado:** produto obtido industrialmente pela calcinação parcial do calcário. Seus constituintes são CaCO_3 e MgCO_3 não decompostos do calcário, CaO e MgO , e também $\text{Ca}(\text{OH})_2$ e $\text{Mg}(\text{OH})_2$ resultantes da hidratação dos óxidos pela umidade do ar. Apresenta-se na forma de pó fino.

e) **Escória básica de siderurgia:** subproduto da indústria do ferro e do aço. Seus constituintes são os silicatos de cálcio (CaSiO_3) e de magnésio (MgSiO_3).

f) **Calcário de conchas:** obtido pela moagem de margas (depósito terrestre de carbonato de cálcio), corais e sambaquis (depósitos marinhos de carbonato de cálcio, também denominado de calcário marinho). Sua ação neutralizante é semelhante à do carbonato de cálcio dos calcários.

g) **Calxisto:** Segundo a Portaria nº 66, de 5 de abril de 1994, que alterou a Portaria nº 3, de 12 de junho de 1986, da Secretaria de Fiscalização Agropecuária, o calxisto passou a vigorar como produto corretivo de acidez do solo. A mesma Portaria ainda define: I - O produto calxisto deverá possuir as seguintes características físicas mínimas: passar 100% em peneira de 2 mm - ABNT 10, 70% em peneira de 0,84 mm - ABNT 20 e 50% em peneira de 0,30 mm - ABNT 50, sendo permitida tolerância de 5% somente na peneira ABNT 10. II - O produto calxisto poderá a ser comercializado de acordo com suas características próprias e com valores mínimos de 60% para PN (equivalente em CaCO_3); 45% para PRNT e 30% para a soma dos óxidos (% CaO + MgO) (SEAB, 2008). Essas exigências são as mesmas praticadas para os calcários comerciais e há carência de estudos a respeito da necessidade da aplicação de tais exigências para o calxisto.

2.3 Calxisto como uma alternativa para a agricultura familiar

2.3.1 Origem, forma de extração e distribuição do calxisto no território nacional

O xisto é uma rocha formada há aproximadamente 250 milhões de anos. É originário da Formação Irati, constituída por argilitos¹ e folhelhos pirobetuminosos², associados a níveis de calcário margoso³ bastante silicificados em superfície, a partir da deposição de sedimentos, especialmente algas e animais marinhos (INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E FLORESTAS, 1987).

Um componente bastante importante na rocha de xisto é o querogênio, um complexo organico que se decompõe termicamente e produz óleo e gás. O xisto gera uma infinidade de subprodutos e rejeitos que podem ser aproveitados pelos mais diversos segmentos industriais (ATANÁSIO, 2002). Durante o processo de mineralização do xisto, um dos produtos de descarte é o calxisto, o qual pode ser empregado na agricultura para corrigir a acidez do solo.

Segundo Tessaro, (1998), o xisto está presente desde o Planalto Central brasileiro até o Uruguai. No Brasil, a rocha aflora em todos os Estados do Sul, além de Goiás, Mato Grosso e São Paulo (Figura 2).

O Brasil tem um dos maiores volumes mundiais de xisto com reservas de 1,9 bilhões de barris de óleo, 25 milhões de toneladas de gás liquefeito, 68 bilhões de metros cúbicos de gás combustível e 48 milhões de toneladas de enxofre, só na formação Irati. (TESSARO, 1998).

A unidade da Petrobrás em São Mateus do Sul (PR) tem hoje a mais avançada tecnologia de pesquisa e uso do xisto no mundo. Atualmente, mais de 8 mil toneladas de xisto são processadas diariamente (AGROSOFT, 2007).

¹ Argilito: rocha sedimentar formada pela consolidação de argilas.

² Pirobetuminoso: Folhelho rico em óleo, que pode ser extraído por meio de aquecimento e altas temperaturas.

³ Calcário margoso: Rochas sedimentares formadas a base de carbonato de cálcio, mas rico em impurezas de origem detrítica, tais como areia, silte e argila.

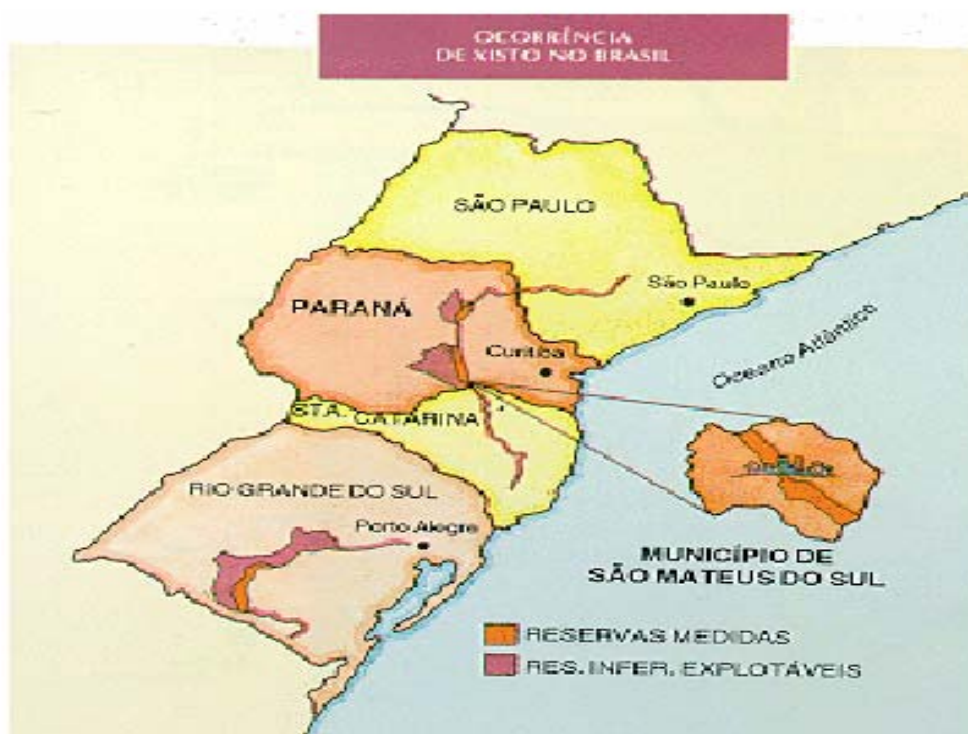


Figura 2. Ocorrência do xisto no território brasileiro (TESSARO, 1998).

2.3.2 Características químicas e físicas do calxisto

O calxisto apresenta, em média, PRNT (23%) e PN (45%) bem inferior aos encontrados nos calcários comerciais. Levando-se em consideração o PRNT para fins de cálculo para correção da acidez do solo, pode-se inferir que a dose de calxisto a ser aplicada no solo seria cerca de quatro vezes superior, em média, à dos calcários comerciais.

Outro fator a ser considerado refere-se à maior granulometria e menor eficiência relativa (RE = 52%) do calxisto comparado com os calcários comerciais. Isto deve resultar em reação mais lenta do calxisto em relação ao calcário porque as partículas mais grosseiras dificultam o contato com o solo e a solubilização do produto. Por outro lado, é provável que o calxisto tenha maior efeito residual no solo em relação aos calcários comerciais. Primavesi (1985) destaca que a única maneira de se conseguir uma reserva de cálcio no solo é por meio de corretivos com granulometria grosseira de dissolução lenta.

2.4 Práticas utilizadas por agricultores familiares da região Centro Sul do Paraná

2.4.1 Uso de inoculante natural líquido na solubilização de adubos orgânicos e minerais

O uso de microrganismos eficazes (ME) na solubilização de nutrientes para as plantas, surgiu no Japão em 1935, pelos praticantes da Agricultura Natural Messiânica. Segundo OLIVEIRA (2006), essa técnica agrícola, criada por Mokiti Okada, baseia-se em trabalhar o solo seguindo os princípios da natureza ou, como se pode dizer atualmente, utilizando-se conceitos ecológicos e menos impactantes ao meio ambiente para a produção de alimentos.

Os ME são formados por um conjunto de microrganismos naturalmente encontrados em plantas e em solos férteis, e que podem auxiliar a produção agrícola. Microorganismos Eficazes não são fertilizantes nem hormônios, mas agem no solo fazendo com que a sua capacidade natural de produção se manifeste plenamente. (OLIVEIRA, 2006).

Conforme Pegorer *et al.* (1995) e Corales & Higa (2002), os microrganismos constituintes dos ME são divididos em quatro grupos (leveduras, actinomicetos, bactérias produtoras de ácido láctico e bactérias fotossintéticas) que ajudam na decomposição da matéria orgânica, facilitando a mineralização de nutrientes essenciais para o crescimento e a produção vegetal. Além disso, eles aumentam a diversidade e a atividade microbiana quando aplicados no solo.

Medeiros *et al.* (2004) citam que no processo de decomposição da matéria orgânica, podem-se distinguir na vida dos microrganismos em quatro fases: (i) a fase de latência, na qual ocorre a adaptação dos microrganismos; (ii) a fase de crescimento exponencial, caracterizada pela intensificação da divisão celular, com a produção de biomassa e liberação dos metabólitos primários; (iii) a fase estacionária, caracterizada quando as células param de se dividir e ao formarem colônias iniciam a produção de metabólitos secundários (substâncias de defesa), tais como antibióticos, fenóis, ácidos orgânicos, auxinas e micotoxinas; e (iv) a fase de morte celular ou de degradação biológica, caracterizada pelo esgotamento das reservas de energia das células, quando estas começam a morrer.

Costa (2001) afirma que a atividade biológica dos solos vem demonstrando potencial na biodisponibilização de nutrientes necessários ao crescimento vegetal. Sendo assim, fontes minerais de fertilizantes poderiam ser utilizadas se associadas a um manejo que incrementasse e favorecesse a atividade biológica.

Segundo Whitelaw *et al.* (1999), diversos microrganismos do solo solubilizam diferentes formas de fosfatos inorgânicos. Reyes *et al.* (1999) encontraram correlação positiva entre *Penicillium rugulosum* e a produção de ácido glucônico ou cítrico para a solubilização de fosfatos.

Estirpes dos gêneros *Pseudomonas*, *Bacillus* e *Rhizobium* estão entre as bactérias mais eficientes na solubilização de P (RODRIGUES & FRAGA, 1999), enquanto nas populações fúngicas destacam-se os gêneros *Aspergillus* e *Penicillium* (SILVA FILHO *et al.*, 2002).

Severino *et al.* (2004), em trabalho realizado com torta de mamona e bagaço de cana de açúcar para mineralização de nutrientes através de microrganismos, verificaram que houve grande atividade microbiana no solo, indicando que a decomposição destes materiais foi rápida e que seus nutrientes foram rapidamente disponibilizados para as plantas logo após sua adição ao solo. Com o intuito de reproduzir os efeitos no solo, semelhantes aos obtidos nas pesquisas, os agricultores familiares da região Centro Sul do Paraná adaptaram a metodologia original utilizada pela fundação Mokiti Okada, com a introdução de microrganismos, especificamente leveduras *Saccharomyces cerevisiae*, no processo de biodisponibilização, por meio de fermentação anaeróbica. O uso deste inoculante natural líquido poderá se refletir no favorecimento da disponibilidade de nutrientes para as plantas e, por conseqüência, na melhoria da produção de grãos. Entretanto, as informações sobre a eficiência de misturas de adubos orgânicos e minerais solúveis com calxisto e calcário, na presença deste inoculante natural líquido, são praticamente desconhecidas na literatura.

2.4.2 Utilização da cama de aviário na produção agrícola

O expressivo aumento nas exportações de aves tem levado à criação intensiva, gerando grandes quantidades de resíduos que necessitam de destinação viável. Estes resíduos, devido ao alto teor de nutrientes e de matéria orgânica e por estarem disponíveis nas propriedades a um baixo custo, podem ser viabilizados pelos produtores na adubação das culturas comerciais e na recuperação física e química de solos degradados (COSTA, 2005).

A adoção de sistemas de manejo do solo que visam o aumento de matéria orgânica e do pH, e também a maior atividade da microbiota do solo, pode contribuir para reduzir a adsorção de P no solo e aumentar a sua disponibilidade para as plantas (SOUZA, 2006).

As camas de aviário constituem em excelente fertilizante agrícola na propriedade rural. É neste sentido que, a utilização de cama de aviário é de grande importância para a agricultura familiar, tanto do ponto de vista econômico, com redução dos custos de produção, como também do ponto de vista ambiental, com aproveitamento integral e racional de todos os recursos disponíveis dentro da propriedade rural.

Paiva (2008) relata que a qualidade da cama de aviário que será disposta no ambiente depende das práticas utilizadas na criação das aves, no manejo da própria cama dentro do aviário e ainda do manejo da cama fora dele, ao ser preparada para ser utilizada como fertilizante.

Uma dificuldade na utilização da cama de aviário diz respeito à definição de doses e intervalos de aplicação para as diferentes culturas nos diferentes ambientes edáficos.

Souza (2004) verificou que para se obter a produção máxima acumulada em três cultivos sucessivos de milho, sem a ocorrência de efeitos tóxicos para as plantas, seria adequada a aplicação de uma dose de cama de aviário equivalente a 70 t ha^{-1} , para solo argiloso e, em torno de 60 t ha^{-1} , para solo de textura média. Estas doses diferem da realidade da região Centro Sul do Paraná, onde a quantidade normalmente aplicada chega a aproximadamente 15 t ha^{-1} . Quando os agricultores não dispõem da quantidade necessária desse material na propriedade, esta dose ainda

pode ser dividida em quatro ou cinco vezes, conforme o planejamento das lavouras.

Os resultados obtidos por Borges (2001) mostraram que a dosagem ótima de cama de aviário para a produção comercial de mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) foi de 12 t ha⁻¹. De acordo com Konzen (2003), doses de 3,6 a 5,0 t ha⁻¹ de cama de aves foram técnica e economicamente mais adequadas para a produção de milho em plantio direto.

2.4.3 Uso de fosfato natural na agricultura

Os solos da região Centro Sul do Paraná são normalmente pobres em P disponível. O uso de fertilizantes solúveis em água, aliado ao seu alto custo de aquisição, principalmente para os agricultores familiares menos capitalizados, tem levado alguns agricultores para uma situação econômica pouco estável em suas propriedades.

Os fosfatos solúveis em água passam rapidamente para a forma lábil e, com o passar do tempo, são adsorvidos pelo solo na forma não-lábil, tornando-se indisponíveis para as plantas. (GOEDERT & SOUZA, 1984). Particularmente no caso do P, por ser um dos nutrientes com menor taxa de recuperação imediata pelas plantas, é necessário otimizar a utilização de fontes alternativas de P menos solúveis. Segundo Quispe (2004), a lenta liberação de P por fontes pouco solúveis em água pode torná-las mais eficientes do que as fontes de alta solubilidade para o uso em solos com elevada capacidade de adsorção de P.

Os fosfatos naturais aumentam sua eficiência com o passar do tempo devido ao acréscimo em sua solubilização (GOEDERT & SOUZA, 1984), mas necessitam de certa acidez e contato com o solo para que a solubilização ocorra. Com isso, para sua utilização deve haver incorporação ao solo e certo período de incubação (MAGALHÃES et al., 1987).

Os solos das regiões tropicais, além da deficiência generalizada em P, apresentam alta capacidade de fixação de P (adsorção e precipitação), limitando a produtividade das culturas nessas áreas (RAIJ, 1991). A magnitude desse fenômeno é influenciada pela natureza e

quantidade dos sítios de adsorção, os quais variam de acordo com os fatores intrínsecos e extrínsecos ao próprio solo (SOUZA, 2006). Dentre esses fatores, destacam-se a mineralogia, a textura, o pH, o balanço de cargas, a matéria orgânica, o tipo de ácidos orgânicos e a atividade microbiana do solo (BAHIA FILHO *et al.*, 1983).

Quispe (2004) relata que, embora a capacidade de fixação e a eficiência agronômica de fosfatos sejam assuntos amplamente discutidos na literatura, a eficiência agronômica relativa de fontes de P de baixa solubilidade em relação às fontes solúveis em solos com alta capacidade de adsorção de P, ainda tem sido pouco estudada. O interesse pelo uso de fontes de P de baixa solubilidade em água tem aumentado na agricultura em decorrência do menor custo da aplicação e também porque, muitas vezes, os fosfatos menos solúveis podem apresentar eficiência agronômica equivalente à dos superfosfatos. Encontrar alternativas para a utilização de fertilizantes fosfatados de baixa solubilidade em água representa melhor uso dos recursos naturais com possível diminuição dos passivos ambientais (eutrofização de mananciais) e adequação dos custos de fertilizantes a partir de rochas de baixa qualidade (QUISPE, 2004).

2.5 Efeito residual de corretivos da acidez e de fertilizantes

As altas produtividades obtidas com o uso intensivo de capital, de fertilizantes solúveis e de agrotóxicos têm sido questionadas não só por suas contradições econômicas e ecológicas, mas também por desprezar aspectos qualitativos importantes da produção vegetal (SANTOS, 1993; SANTOS *et al.*, 1994). Neste contexto, o aproveitamento residual de fertilizantes e corretivos da acidez pode gerar benefícios diretos para o agricultor, pois o mesmo tem a possibilidade de obter maior diversificação de culturas subseqüentes e também redução de custos de produção.

O efeito residual da calagem pode variar de acordo com as doses e as características dos corretivos, as condições climáticas, o tipo de solo, a rotação de culturas e o manejo de fertilizantes acidificantes. Em um solo Glei Pouco Húmico Argiloso, no Cerrado, Miranda & Miranda (2000) verificaram que a aplicação de até 8 t ha⁻¹ de calcário, em cultivos sucessivos de

milho rotacionados com soja, apresentou efeito residual durante sete anos. A resposta do milho até o quarto cultivo e da soja até o sexto cultivo foi significativamente maior a partir de 2 t ha⁻¹ de calcário. No quinto e no sétimo ano de cultivo, a produtividade do milho foi significativamente maior a partir das doses de 4 e 6 t ha⁻¹ de calcário, respectivamente. Porém, a partir do quarto ano da aplicação do calcário, a perda anual média de Ca⁺² e Mg⁺² trocáveis no solo, nos tratamentos com calcário, foi de 2 mmol_c dm⁻³.

Barbosa Filho *et al.* (2005), em um estudo realizado durante três anos com feijão e soja, em um Latossolo Vermelho distroférico textura franco-argilosa, verificaram que a aplicação de calcário aumentou significativamente o rendimento médio de grãos do feijoeiro, o mesmo acontecendo com o rendimento de grãos da soja em sucessão, devido ao seu efeito residual.

Em sistema plantio direto, CAIRES *et al.* (2005) observaram efeito residual de até 10 anos após a aplicação superficial de calcário em um Latossolo Vermelho textura média da região Centro Sul do Paraná.

Segundo Rao *et al.* (1991), Ramamurthy & Schivashankar (1996) e Masthan *et al.* (1998), o P aplicado no solo tem demonstrado efeito residual positivo e significativo para diversas culturas. A eficiência residual dos nutrientes sobre o rendimento das culturas depende das condições climáticas, do tipo de solo e da capacidade de absorção de nutrientes pelas plantas (MATOCHA *et al.*, 1970; MALAVOLTA *et al.*, 1974; FASSBENDER, 1980).

Filgueira (1981) destaca que o feijoeiro aproveita bem o efeito residual da adubação. Normalmente, os agricultores familiares da região Centro Sul do Paraná utilizam o efeito residual dos adubos solúveis da cultura do fumo nos cultivos subseqüentes. Porém, os mesmos não possuem informações suficientes de como podem aproveitar melhor os fertilizantes e corretivos da acidez para a cultura do feijão.

2.6 Importância da produção de feijão para o Estado do Paraná e região Centro Sul

O feijão é um alimento básico na mesa dos brasileiros. Seu consumo é quase diário. A média atual per capita de consumo de feijão é de, aproximadamente, 13 kg ano⁻¹ (EMBRAPA, 2008). O feijoeiro comum é cultivado ao longo de todo o ano na maioria dos Estados brasileiros, proporcionando constante oferta no mercado. Seu cultivo pode ser tanto de subsistência como também comercial, em áreas mais tecnificadas.

Segundo dados de acompanhamento da safra 2007/08 da Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2008), o Estado do Paraná ocupou a segunda colocação em área cultivada (501,5 mil ha) para a produção de feijão, perdendo apenas para o Estado do Ceará (591,6 mil ha). Porém, o Estado do Paraná ficou na primeira colocação em produção de feijão (763,8 mil toneladas), ficando o Estado de Minas Gerais na segunda posição, com aproximadamente 570 mil toneladas.

A região Centro Sul do Paraná, composta por 21 municípios e compreendendo um território de 13.000 km², com aproximadamente 420.000 habitantes, dos quais 65,6% se encontram na área rural (FUNBIO, 2008), responde por 20% da produção total de feijão do Estado (MAPA, 2008). O feijão é sem dúvida, um dos principais alimentos na mesa dos agricultores familiares do Paraná, contribuindo também para a renda dessas famílias.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Características do local e do solo utilizado no estudo

O experimento foi realizado no município de Ponta Grossa (PR), na Unidade Regional de Pesquisa do Centro Sul (25°09'20"S e 50°09'18"W), em casa de vegetação parcialmente climatizada, com temperaturas variando de 18,5°C a 33,5°C.

O solo utilizado no experimento foi classificado como Cambissolo Háptico distrófico textura argilosa, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999). Amostras de solo, da camada de 0-20 cm, foram coletadas para caracterização química e física. O solo coletado foi seco ao ar, destorroado, passado em peneira com malha de 4 mm e colocado em vasos de plástico de 5 dm³. Os resultados das análises químicas e físicas do solo, antes da instalação do experimento, estão apresentados na tabela 1. O solo caracterizava-se por apresentar alta acidez, teor médio de K⁺ trocável e baixo teor de P disponível (Mehlich-1).

TABELA 1. Atributos químicos e granulométricos do solo, da camada de 0-20 cm, antes da instalação do experimento.

pH em CaCl ₂	H + Al	Al	Ca	Mg	K	P (Mehlich-1)	C	Argila	Silte	Areia
	-----cmol _c dm ⁻³ -----					mg dm ³	g dm ⁻³	----- g kg ⁻¹ -----		
4,3	9,01	1,4	1,6	1,3	0,26	0,7	32,2	610	240	150

3.2. Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental empregado foi o de blocos completos ao acaso, em esquema fatorial 2 x 2 x 2, com uma testemunha e cinco repetições. Os produtos empregados foram: calxisto e calcário, cama de aviário + fosfato natural, NPK mineral e inoculante natural,

além de uma testemunha com solo natural, arranjados nos tratamentos que constam na Tabela 2.

TABELA 2. Tratamentos utilizados no experimento em casa de vegetação. Ponta Grossa (PR).

T1	Testemunha - Solo natural
T2	Calxisto + cama de aviário + fosfato natural + inoculante natural
T3	Calxisto + cama de aviário + fosfato natural
T4	Calcário + cama de aviário + fosfato natural + inoculante natural
T5	Calcário + cama de aviário + fosfato natural
T6	Calxisto + NPK + inoculante
T7	Calxisto + NPK
T8	Calcário + NPK + inoculante
T9	Calcário + NPK

O calxisto tinha 23,8 g kg⁻¹ de CaO, 9,6 g kg⁻¹ de MgO, PN de 44,6% e PRNT de 23,2%. O calcário tinha 28,5 g kg⁻¹ de CaO, 20,5 g kg⁻¹ de MgO, PN de 100,5% e PRNT de 75,1%. A cama de aviário apresentava 29,0 g kg⁻¹ de N, 24,5 g kg⁻¹ de P, 1,0 g kg⁻¹ de K, 47,5 g kg⁻¹ de Ca, 14,6 g kg⁻¹ de Mg e 487 g kg⁻¹ de umidade. O fosfato natural utilizado foi o Alvorada, com 160 g kg⁻¹ de P₂O₅ total, oriundo da cidade de Registro - SP. As fontes de NPK mineral empregada foram: uréia (450 g kg⁻¹ de N), superfosfato triplo (420 g kg⁻¹ de P₂O₅) e cloreto de potássio (600 g kg⁻¹ de K₂O). O inoculante natural líquido foi aplicado na dose de 50 mL kg⁻¹ de solo. O inoculante natural líquido continha a levedura *Saccharomyces cerevisiae* e foi obtido por meio de fermentação anaeróbica de uma mistura contendo batata inglesa (*Solanum tuberosum*), fermento de pão, água e melaço de cana-de-açúcar, em garrafas PET (Polietileno Tereftalato), seguindo uma metodologia própria dos agricultores familiares.

As quantidades de calxisto e calcário utilizadas foram calculadas visando elevar a saturação por bases do solo a 70%. Os vasos receberam o equivalente a 23 t ha⁻¹ de calxisto e 7 t ha⁻¹ de calcário. A adubação mineral empregada foi baseada nos trabalhos de Fernandes *et al.* (2001) e Dutra *et al.* (1995) para a cultura do feijoeiro, tendo sido aplicados 50 mg kg⁻¹ de N, 150

mg kg⁻¹ de P e 50 mg kg⁻¹ de K. A adubação com fosfato natural foi equivalente a 150 mg kg⁻¹ de P, com base no teor de P₂O₅ total (CAMARGO & SILVEIRA, 1998). A quantidade de cama de aviário empregada no estudo foi equivalente a 13,75 t ha⁻¹ (massa seca), com base no teor de N e estimativa de 25% de mineralização.

3.3. Características agrônômicas do cultivar IPR 113 Graúna

O cultivar IPR 113 Graúna foi desenvolvido pelo IAPAR e apresenta ampla adaptação e alto potencial de rendimento de grãos. É originado do cruzamento entre os progenitores EP 173/2/ Rio Iguaçu / Great Northern Nebraska 1 sel #27/3/ Rio Tibagi/Cornell 49242/4/ IAPAR BAC 25/5/ IAPAR BAC 26. Este cultivar foi desenvolvido visando também atender as necessidades da agricultura familiar, com base na produção agroecológica.

Após avaliações efetuadas em 19 locais do Paraná, sendo 11 na safra das águas (1998/1999, 1999/2000 e 2000/2001) e oito na safra das secas (1999, 2000 e 2001), foi registrada em agosto de 2002 no Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC/MAPA) sob nº 04163, para cultivo em todo o Estado do Paraná. São algumas características do cultivar: porte ereto, altura média de cobertura (medida até a altura máxima da folhagem) de 0,60 m, número de dias até o florescimento em torno de 38 e ciclo médio em torno de 86 dias (da emergência até a colheita).

O cultivar IPR 113 Graúna apresenta reação resistente no campo à ferrugem (*Uromyces phaseoli*) e ao oídio (*Erysiphe polygoni*), e tem reação intermediária ao crestamento bacteriano comum (*Xantomonas campestris pv phaseoli*) e à mancha angular (*Isariopsis griseola*). Porém, é um cultivar suscetível à antracnose (*Colletotrichum lindemutianum*).

A produtividade média de grãos do cultivar obtida no Paraná, em 19 ensaios nas safras das águas e das secas (1998 a 2001), ficou em torno de 2400 kg ha⁻¹, mas esse genótipo tem potencial produtivo de, aproximadamente, 3800 kg ha⁻¹. São também características tecnológicas

e nutricionais do cultivar: tempo médio de 30 minutos para o cozimento e teor médio de proteína em torno de 22,1 g kg⁻¹.

3.4. Instalação e condução do experimento

A incubação do solo com inoculante líquido natural, a incorporação da cama de aviário, do fosfato natural, do calxisto e do calcário foi realizada 30 dias antes da semeadura do feijão. A adubação com NPK mineral foi efetuada em dose única, no momento da semeadura.

Foram realizados dois cultivos consecutivos de feijão, em 29/11/2007 e 18/02/2008. O segundo cultivo foi realizado sete dias após a colheita do primeiro cultivo e teve o objetivo de avaliar o efeito residual da correção da acidez e da adubação efetuada por ocasião do primeiro cultivo. Em cada época de cultivo, os vasos receberam cinco sementes de feijão preto, cultivar Graúna (IPR 113) e, aos 25 dias após emergência (DAE), realizou-se o desbaste, permanecendo apenas duas plantas por vaso.

Os vasos foram colocados aleatoriamente sobre bancada de metal de altura de 1,0 m, sendo feito o rodízio dos mesmos a cada sete dias. Durante todo ciclo da cultura, nos dois cultivos, os vasos foram mantidos com umidade de aproximadamente 80% do teor de água retido na capacidade de campo, sendo feita irrigação com regador, utilizando-se água destilada. A temperatura média do ar dentro da casa de vegetação, durante o período de condução do experimento, oscilou entre 22,0°C e 30,4°C, no primeiro cultivo, e 18,5°C e 33,5°C, no segundo cultivo. As temperaturas máximas ocorridas dentro da casa de vegetação foram um pouco elevadas para o adequado desenvolvimento e produção do feijoeiro (LEMOS *et al.*, 2004).

Para efetuar o controle químico de oídio (*Erysiphe polygoni*) utilizou-se propiconazol na concentração de 250 g L⁻¹ e na dosagem de 300 mL ha⁻¹, nos dois cultivos de feijão.

Ao final do primeiro cultivo, as plantas de feijão foram cortadas na região do colo para determinação dos componentes de produção. Nessa ocasião, não foram coletadas amostras de

solo. No segundo cultivo de feijão, após a colheita do experimento para uma nova avaliação dos componentes de produção, coletaram-se amostras do solo de todos os vasos para fins de análise química.

3.5. Avaliações

Os parâmetros avaliados relacionados à produção do feijoeiro, nos dois cultivos, foram: número de vagens por planta, número de grãos por planta, número de grãos por vagem, produção de grãos e massa de 100 grãos. A massa de 100 grãos foi estimada por regra de três simples, em decorrência do número insuficiente de grãos produzidos pelas plantas cultivadas nos vasos.

Depois de avaliados os parâmetros de produção, os grãos de feijão foram colocados para secar em estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 65° a 70°C, e moídos em moinho de aço inoxidável, passando a amostra em peneira de malha de 1 mm. Determinaram-se os teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), de acordo com os métodos descritos em Malavolta *et al.* (1997). O teor de N foi determinado por meio de digestão sulfúrica e destilação por arraste de vapor (método Kjeldhal). Os teores de P, K, Ca, Mg e S foram determinados por digestão nítrico-perclórica e leitura em fotolorímetro para P e S, em fotômetro de chama para K e em espectrofotômetro de absorção atômica para Ca e Mg.

Nas amostras de solo coletadas, determinaram-se o pH em solução de CaCl_2 0,01 mol L⁻¹ e os teores de H⁺Al, Al, Ca, Mg, K, P (Mehlich-1) e C-orgânico, de acordo com os métodos descritos por Pavan *et al.* (1992).

3.6. Análises estatísticas

Os resultados obtidos foram submetidos às análises de variância, de acordo com o delineamento em blocos completos ao acaso, no esquema fatorial 2 x 2 x 2. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5%. No caso de interações significativas ($P < 0,05$) entre os tratamentos, foi realizado o desdobramento. As análises estatísticas foram realizadas por meio do programa ESTAT 2.0.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desenvolvimento das plantas de feijão em solo natural foi muito prejudicado pela alta acidez e baixo teor de P (Figuras 3, 4 e 5). Por esse motivo, o tratamento testemunha foi excluído das análises estatísticas.



Figura 3. Desenvolvimento das plantas de feijão no tratamento testemunha (vaso 5) e nos tratamentos com calcário + NPK (vaso 42) e com calxisto + NPK + inoculante natural (vaso 30). Foto do autor.



Figura 4. Folhas de feijão no tratamento testemunha (TRAT 01) e nos tratamentos com calcário e NPK + inoculante natural (TRAT 08) e com calcário + NPK (TRAT 09). Foto do autor.



Figura 5. Vagem de feijão colhida do tratamento testemunha. Foto do autor.

4.1 Atributos químicos do solo

Os valores médios de pH, Ca, Mg e K trocáveis, P disponível (Mehlich-1), C-orgânico e saturação por bases (V%), obtidos após a aplicação dos tratamentos encontram-se na tabela 3.

TABELA 3. Atributos químicos de solo após a aplicação de calxisto e calcário, cama de aviário (CA) + fosfato natural (FN) e NPK mineral, e de inoculante natural, após o segundo cultivo de feijão.

Corretivo	Adubação	Inoc.	P mg dm ⁻³	C g dm ⁻³	pH	Ca -----cmol c dm ⁻³ -----	Mg	K	V %
Calxisto			27,96	31,30	5,33	4,37	3,91	0,20	64,00
Calcário			25,69	30,99	5,38	4,34	3,86	0,20	63,52
Valor F			4,43*	0,47ns	4,08*	0,11ns	0,20ns	0,00ns	0,26ns
	CA+FN		43,79	32,49	5,31	4,26	3,90	0,27	64,76
	NPK		9,87	29,81	5,39	4,45	3,88	0,12	62,77
Valor F			988,1**	33,18**	10,44**	5,48*	0,05ns	134,9**	4,32*
		Com	27,24	31,43	5,31	4,39	3,92	0,21	63,78
		Sem	26,42	30,87	5,39	4,32	3,85	0,19	63,75
Valor F			0,58ns	1,44ns	10,44**	0,74ns	0,60ns	1,75ns	0,007ns
C.V (%)			12,72	4,71	1,46	6,12	7,34	21,83	4,77

ns: não significativo; *: $P < 0,05$; **: $P < 0,01$.

A aplicação de calxisto e calcário, nas doses de 23 e 7 t ha⁻¹ respectivamente, calculados para elevar a saturação por base do solo a 70%, proporcionou elevação da saturação por bases, em média, a 64% (Tabela 3), após 7 meses. Os teores de Al trocável foram insolubilizados por meio da elevação do pH do solo proporcionada pela aplicação de calcário e calxisto. Esses resultados mostraram que a reação do calxisto foi semelhante à do calcário, mesmo com o calxisto apresentando PRNT bem mais baixo (23,2%) do que o calcário (75,1%). Como a saturação por bases obtida (64%) chegou próxima da calculada (70%), o calxisto poderia ser utilizado com eficiência para correção da acidez do solo em substituição ao calcário. O pequeno aumento no pH obtido com a aplicação de calcário em comparação ao calxisto não teve reflexo na saturação por bases. Isto pode ter acontecido devido à presença de enxofre no calxisto, o qual pode ter ocasionado pequena acidificação durante o processo de oxidação para a forma de sulfato. O pequeno aumento no teor de P disponível (Mehlich-1) com o uso de calxisto em comparação com

o calcário também pode estar relacionado com a presença de P ($1,4 \text{ g kg}^{-1}$) na composição do calxisto. A aplicação de calxisto e calcário proporcionaram alterações semelhantes nos teores de Ca e Mg trocáveis e não foram observadas modificações nos teores de C-orgânico e de K trocável com a utilização dos corretivos.

O pH do solo e o teor de Ca trocável foram significativamente mais baixos com a adubação orgânica + fosfato natural do que com a adubação NPK mineral (Tabela 3). Brito *et al.* (2005), em pesquisa sobre alterações de atributos químicos de um Latossolo Vermelho distroférrico submetido a tratamentos com diferentes resíduos orgânicos, verificaram que houve maior acidificação do solo tratado com cama de frango, provavelmente, por causa da liberação de compostos nitrogenados e ácidos orgânicos durante o processo de decomposição da matéria orgânica. Além disso, o poder tampão que a matéria orgânica exerce sobre o solo confere maior estabilidade no pH (EBELING *et al.*, 2008). Como efeito prático para as raízes das plantas, a diferença de 0,05 a 0,08 unidades no pH (corretivos e adubação) é muito pouco expressiva, sendo que os dois corretivos foram eficientes na correção da acidez do solo.

A adubação com cama de frango + fosfato natural proporcionou teores de P (Mehlich-1), K trocável e C-orgânico no solo mais elevados do que a adubação com NPK mineral (Tabela 3). Vale destacar que a determinação de P foi feita com a solução de Mehlich-1, a qual pode ter solubilizado parte do fosfato natural ainda não disponível para as plantas. O aumento na saturação por bases do solo ocorrido com a aplicação da cama de aviário + fosfato natural foi reflexo do aumento ocasionado no teor de K trocável. Aumentos significativos nos teores de K trocável, P e C-orgânico e na saturação por bases do solo com o uso de cama de frango também foram observadas por Brito *et al.* (2001). Cassol *et al.* (2001) relataram que o uso de esterco de aves (cama de frango e de poedeira) pode contribuir para o aumento no teor de P no solo, pois grande parte do P adicionado na ração não é hidrolisada pelo sistema digestivo das aves, sendo então liberada nas fezes ou esterco, tornando-se disponível para as plantas.

A aplicação do inoculante natural não ocasionou modificações significativas nos atributos químicos do solo (Tabela 3). Em um estudo *in-vitro* com estirpes de *Saccharomyces cerevisiae*, Falih (1995) verificou que leveduras poderiam estimular processos benéficos como a S-oxidação e P-solubilização, mas isso não ocorreu no presente estudo.

4.2 Componentes de produção e produtividade de feijão

Os componentes de produção e a produtividade de grãos obtidos no primeiro cultivo de feijão estão apresentados na tabela 4. A correção da acidez do solo com calcário proporcionou

TABELA 4. Resultados médios de componentes de produção e produtividade de feijão IPR 113 Graúna, obtidos no primeiro cultivo, em função da aplicação de calcário e calcário, cama de aviário (CA) + fosfato natural (FN) e NPK mineral, e de inoculante natural.

Corretivo	Adubação	Inoculante	N.V.P ¹	N.G.V ²	N.G.P ³	P.G.P ⁴	100 G ⁵
							-----g-----
Calcário			5,65	4,25	23,85	4,21	17,78
Calcário			6,18	4,56	27,85	5,11	18,30
Valor F			2,52ns	2,19ns	6,92*	6,49*	0,85ns
	CA+FN		6,20	4,18	25,90	4,67	17,98
	NPK		5,62	4,62	25,80	4,65	18,11
Valor F			3,02ns	4,29*	0,004ns	0,002ns	0,05ns
		Com	5,97	4,26	25,35	4,87	19,21
		Sem	5,85	4,55	26,35	4,46	16,88
Valor F			0,15ns	1,78ns	0,43ns	1,37ns	16,97**
C.V (%)			17,69	15,20	18,60	24,00	9,91

ns: não significativo; *: $P < 0,05$; ** $P < 0,01$.

¹N.V.P = Número de vagens por planta

²N.G.V = Número de grãos por vagem

³N.G.P = Número de grãos por planta

⁴P.G.P = Produção de grãos por planta

⁵100 G = Estimativa de massa de 100 grãos

maior número de grãos por planta (N.G.P) e maior produção de grãos por planta (P.G.P) do que com calcário, possivelmente pela granulometria mais fina do calcário proporcionando um efeito mais rápido na correção da acidez do solo e refletindo diretamente no número de grãos por planta e na produção final. Os componentes de produção e a produtividade de grãos foram semelhantes para adubação com cama de aviário + fosfato natural e NPK mineral. O uso de inoculante natural somente aumentou a massa de 100 grãos. Esses resultados mostraram que, em solo de baixa fertilidade natural, como o do presente estudo, a calagem em níveis adequados aumenta a produtividade de grãos de feijão. Porém, Moraes *et al.* (1998), trabalhando com diferentes doses de calcário e gesso na cultura do feijoeiro, cv. Carioca-80, verificaram que os componentes de produção e a produtividade de grãos não foram influenciados pela calagem e/ou gessagem. Destaca-se ainda que, de acordo com os resultados obtidos, a adubação mineral com NPK poderia ser substituída pela adubação com cama de aviário + fosfato natural, sem prejudicar a produtividade de grãos do feijoeiro. Este é um aspecto relevante, considerando que o solo estudado apresentava baixo teor de P disponível.

Os componentes de produção e a produtividade de grãos obtidos no segundo cultivo de feijão estão apresentados na tabela 5. A produtividade de feijão no segundo cultivo realizado sem adubação, aproveitando somente o efeito residual, foi quase que 50% menor do que no primeiro cultivo. Isso mostra que a ausência de nova adubação, seja orgânica ou mineral, em cultivo seqüencial, prejudica o desenvolvimento e a produção do feijão, mesmo quando se trata de aplicação de cama de aviário e fosfato natural. A adubação mineral com NPK mostrou maior efeito residual do que a adubação com cama de aviário + fosfato natural para a produção de grãos de feijão. Figueroa (2008) também observou que a adubação com cama de aviário não contribuiu para o incremento dos componentes de produção em um segundo cultivo de feijão, sem nova aplicação da cama de aviário.

TABELA 5. Resultados médios de componentes de produção e produtividade de feijão IPR 113 Graúna, obtidos no segundo cultivo, em função da aplicação de calxisto e calcário, cama de aviário (CA) + fosfato natural (FN) e NPK mineral, e de inoculante natural.

Corretivo	Adubação	Inoculante	N.V.P ¹	N.G.V ²	N.G.P ³	P.G.P ⁴	100 G ⁵
							-----g-----
	Calxisto		3,65	3,69	12,85	2,69	20,91
	Calcário		3,58	3,55	12,32	2,69	21,74
	Valor F		0,10ns	0,25ns	0,50ns	0,000ns	1,35ns
	CA+FN		3,42	3,62	11,92	2,41	20,07
	NPK		3,80	3,62	13,25	2,98	22,58
	Valor F		2,42ns	0,00ns	3,13ns	8,96**	12,44**
		Com	3,75	3,61	13,25	2,83	21,31
		Sem	3,48	3,63	11,93	2,55	21,34
	Valor F		1,30ns	0,002ns	3,09ns	2,19ns	0,001ns
	C.V (%)		21,10	25,71	18,88	22,58	10,53

ns: não significativo; ** $P < 0,01$.

¹N.V.P = Número de vagens por planta

²N.G.V = Número de grãos por vagem

³N.G.P = Número de grãos por planta

⁴P.G.P = Produção de grãos por planta

⁵100 G= Estimativa de massa de 100 grãos

A adubação mineral com NPK também proporcionou maior estimativa da massa de 100 grãos do que a adubação com cama de aviário + fosfato natural (Tabela 5). A correção da acidez do solo com calxisto ou calcário e a presença de inoculante natural não alteraram os componentes de produção e a produtividade de grãos de feijão no segundo cultivo.

4.3 Concentração de nutrientes nos grãos de feijão

Os teores médios de nutrientes nos grãos de feijão do primeiro cultivo estão apresentados na tabela 6. A aplicação de calxisto proporcionou maior teor de S nos grãos do que o calcário. Isto dever ter ocorrido devido à presença de S (31,3 g kg⁻¹) na composição química do calxisto. Segundo Marschner (1995), por se tratar de uma leguminosa que apresenta elevado teor de proteína, o feijoeiro exige quantidades elevadas de S para o seu desenvolvimento, pois o nutriente, além de estar envolvido em processos enzimáticos e em reações de oxi-redução, é um

TABELA 6. Teores médios de nutrientes nos grãos de feijão, cv. IPR 113 Graúna, do primeiro cultivo, em função da aplicação do calxisto e calcário, cama de aviário (CA) + fosfato natural (FN) e NPK mineral, e de inoculante natural.

Corretivo	Adubação	Inoculante	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Enxofre
			-----g kg ⁻¹ -----					
Calxisto			35,74	4,60	15,06	5,70	8,60	2,60
Calcário			36,26	4,37	15,44	6,10	8,90	2,27
Valor F			0,21ns	0,92ns	0,49ns	1,59ns	0,82ns	11,36**
	CA+FN		36,55	4,78	15,04	5,70	8,80	2,48
	NPK		35,45	4,18	15,46	6,10	8,80	2,38
Valor F			0,92ns	6,44*	0,59ns	1,11ns	0,00ns	0,98ns
		Com	38,16	4,49	14,87	5,80	8,50	2,37
		Sem	33,84	4,47	15,63	6,00	9,10	2,50
Valor F			14,19**	0,007ns	1,88ns	0,43ns	2,87ns	1,66ns
C.V (%)			10,07	16,97	11,43	20,41	12,76	13,10

ns: não significativo; *: $P < 0,05$; **: $P < 0,01$.

constituente dos aminoácidos cisteína e metionina. O teor de Ca nos grãos de feijão foi influenciado pela interação entre corretivos e inoculante. A aplicação de calxisto com inoculante proporcionou maior teor de Ca nos grãos ($1,24 \text{ g ka}^{-1}$) do que com calcário ($0,75 \text{ g kg}^{-1}$). O inoculante proporcionou a adubação orgânica maiores teores de Ca nos grãos ($1,12 \text{ g kg}^{-1}$) do que a adubação mineral ($0,73 \text{ g kg}^{-1}$). Os demais nutrientes não foram influenciados pelo tipo de corretivo.

A adubação com cama de aviário + fosfato natural proporcionou maior teor de P nos grãos de feijão do que a adubação com NPK mineral (Tabela 6). Este efeito deve ter sido ocasionado pelo aumento na concentração de fósforo no solo após a adição de cama de aviário + fosfato natural (Tabela 3). Esses resultados mostram que a adubação cama de aviário + fosfato natural foi uma fonte eficiente para a nutrição de P do feijoeiro. Andrade *et al.* (1999) observaram que o N quando associado ao P, em níveis adequados, potencializa a resposta da cultura do feijão ao P, melhorando sua absorção. Os demais nutrientes não foram influenciados de forma significativa pelo tipo de adubação orgânica ou mineral.

O uso de inoculante natural aumentou o teor de N nos grãos de feijão (Tabela 6). É possível que o inoculante tenha acelerado a mineralização da matéria orgânica do solo, liberando N para as plantas.

Os teores médios dos nutrientes nos grãos de feijão do segundo cultivo, ou cultivo residual, estão apresentados na tabela 7. O calxisto e o calcário não influenciaram os teores de nutrientes nos grãos no segundo cultivo. Porém, percebe-se que a concentração de cálcio e magnésio nos grãos no segundo cultivo (Tabela 7) foi superior ao primeiro cultivo (Tabela 6) para todos os tratamentos, possivelmente por causa da menor produção de grãos obtida no segundo cultivo. A adubação residual com cama de aviário + fosfato natural proporcionou maior concentração de N, K e S nos grãos do que com NPK mineral, certamente em decorrência da mineralização da matéria orgânica, liberando mais lentamente estes nutrientes para as plantas. Por outro lado, a adubação residual com NPK mineral garantiu maior concentração de P nos grãos do que com a adubação com cama de aviário + fosfato natural. Esses resultados mostram que a maior produtividade de feijão com adubação mineral NPK no segundo cultivo (Tabela 5) deve ter sido ocasionada pela melhor nutrição de P.

TABELA 7. Teores médios de nutrientes nos grãos de feijão, cv. IPR 113 Graúna, do segundo cultivo, em função da aplicação do calxisto e calcário, cama de aviário (CA) + fosfato natural (FN) e NPK mineral, e de inoculante natural.

Corretivo	Adubação	Inoculante	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Enxofre
			-----g kg ⁻¹ -----					
Calxisto			35,74	5,04	13,02	10,3	12,3	2,36
Calcário			35,89	5,18	12,96	9,90	13,3	2,32
Valor F			0,05ns	0,71ns	0,027ns	0,15ns	0,95ns	0,17ns
	CA+FN		37,10	4,48	13,81	9,30	12,6	3,39
	NPK		34,53	5,73	12,17	11,0	12,9	1,29
Valor F			15,85**	65,27**	23,85**	2,90ns	0,05ns	605,38**
		Com	35,36	5,13	13,21	9,20	12,7	2,35
		Sem	36,28	5,09	12,77	11,0	12,7	2,34
Valor F			2,03ns	0,07ns	0,0002ns	3,33ns	0,00ns	0,0034ns
C.V (%)			5,69	9,57	8,20	30,68	25,50	11,49

ns: não significativo; *: $P < 0,05$; **: $P < 0,01$.

O inoculante natural não influenciou a concentração de nutrientes nos grãos no segundo cultivo de feijão (Tabela 7). Os teores médios de nutrientes nos grãos de feijão obtidos no presente trabalho se mantiveram próximos dos obtidos em outros estudos (LIMA, 1997; PESSOA, 1998; ANDRADE *et al.* 2004).

5. CONCLUSÕES

- O uso de calxisto, com 44,6% de poder neutralizante (PN) e 23,2% de poder relativo de neutralização total (PRNT), proporcionou satisfatória elevação da saturação por bases, mostrando ser uma alternativa viável em substituição ao calcário para a correção da acidez do solo.

- A adubação mineral com NPK pode ser substituída pela adubação com cama de aviário + fosfato natural, sem prejudicar a produção e a qualidade nutricional do feijoeiro. Porém, a adubação mineral com NPK teve maior efeito residual do que a adubação com cama de aviário + fosfato natural na produtividade de grãos do feijoeiro.

- A utilização de inoculante natural não beneficiou a produtividade de grãos do feijoeiro.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROSOFT. **Especialistas defendem uso de xisto na agricultura** Disponível em <<http://www.agrosoft.org.br/>>. Acesso em: 02/07/2007.

ALCARDE, J. C. **Corretivos da acidez dos solos**. São Paulo: ANDA, 1992. 26p.

ANDRADE, C. A de B. et al. Produtividade e qualidade nutricional de cultivares de feijão em diferentes adubações. **Ciência e Agrotecnologia**, v.28, p.1077-1086, 2004.

ANDRADE, W. E. B. et al. Produtividade e qualidade fisiológica do feijoeiro submetido à adubação NPK. **In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO. Resumos Expandidos...** p.846-849, 1999.

ATANÁSIO, G. **Relatório de Graduação**. Florianópolis, UFSC, 89p. 2002.

AZEVEDO, A. C.; KÄMPF, N.; BOHNEN, H. Alterações na dinâmica evolutiva de Latossolo Bruno pela calagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.20, p.191-198, 1996.

BAHIA F, A.F.C. et al. Relação entre adsorção de fósforo e componentes mineralógicos da fração argila de Latossolos do Planalto Central. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.7, p.221-226, 1983.

BARBOSA FILHO, M. P.; SILVA, O. F. Adubação e calagem para feijoeiro irrigado em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.1317-1324, 2000.

BARBOSA FILHO. *et al.* Atributos de fertilidade do solo e produtividade do feijoeiro e da soja influenciados pela calagem em superfície e incorporada **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, p.507-514, 2005

BORGES, E. L. **Combinação de doses de fósforo e de cama-de-aviário na produção de mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) cv. Amarela de Carandaí**. Campo Grande, 2001. 68p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Mato Grosso do Sul.

BRITO, O. R.; VENDRAME P. R. S; BRITO, R. M. Alterações das propriedades químicas de um latossolo vermelho distroférico submetido a tratamentos com resíduos orgânicos. **In: SEMINARIO SOBRE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**, 2005, Londrina, n.1, p.33-40.

BRITO, M.E.C. et al. Rendimento e qualidade da fruta do maracujazeiro amarelo adubado com potássio, esterco de frango e de ovino, **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.27, p.260-263, 2001.

CAIRES, E. F.; ALLEONI, L. R. F.; CAMBRI, M. A.; BARTH, G. Surface application of lime for crop grain production under a no-till system. **Agronomy Journal**, v.97, p.791-798, 2005.

CASSOL, P. C; GIANELLO, C.; COSTA, V. E. U. Fração de fósforo em estrumes e sua eficiência como adubo fosfatado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.636-644, 2001.

CAMARGO, M.S; SILVEIRA, R.I. Efeito dos fosfatos naturais Alvorada, Catalão, Patos e Arad na produção de massa seca de milho em casa de vegetação. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 55, p.1-14, 1998.

CATTANI, R. A.; GALLO, J. R. Avaliação da exigência em calcário dos solos do Estado de São Paulo mediante correlação entre pH e a porcentagem de saturação por bases. **Revista de Agricultura**, v.30, p.49-60, 1955.

CENTURION J. F.; CARDOSO J. P.; NATALE, W. Efeito de formas de manejo em algumas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho em diferentes agroecossistemas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.5, p.254-258, 2001.

CHAO, T. T.; HARWARD, M. E. Nature of acid clays and relationships to ion activities and ion ratios in equilibrium solutions. **Soil Science**, v.93, p.246-253, 1962.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira – Grãos 2007/2008**. Disponível em <<[http:// www.conab.gov.br](http://www.conab.gov.br)>> Acesso em 8/10/2008.

CORALES, R. G; HIGA, T. **Rice production with effective microorganisms: impact on rice and soil**. In: SANGKKARA, U.R. et al. (ed.) Seventh International conference on Kyusei Nature Farming. New Zealand, Christchurch Polytechnic, Christchurch. 2002. p.72-76.

COSTA. A. M. **Recuperação física de um Latossolo Vermelho influenciada pela aplicação de camas de aviário**. Uberlândia, 2005. 111p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Uberlândia.

COSTA, P. C. **Alteração biogeoquímica de minerais do carbonatito do complexo de catalão**. Goiás, 2001. 76p Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Goiás.

DUTRA, L. F. *et al.* Resposta do feijoeiro ao fósforo em dois níveis de umidade no solo. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.1, p.91-96, 1995.

EBELING A. G. *et al.* Relação entre acidez e outros atributos químicos em solos com teores elevados de matéria orgânica. **Bragantia**, v.67, p.429-439, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos**, Brasília, 1999. 412p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Tecnologia e desenvolvimento social**. Disponível em <<[http:// www.cnpaf.embrapa.br](http://www.cnpaf.embrapa.br). >> Acesso em 8/10/2008.

FAGERIA, N. K.; STONE, L. F. **Manejo da acidez dos solos de cerrado e de várzea do Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa-CNPAP, 1999. 42 p.

FALIH A. M. Nitrification, S-oxidation and P-solubilization by the soil yeast *Williopsis californica* and *Saccharomyces cerevisiae*. **Mycological Research**, v.99, p.200-204. 1995.

FASSBENDER, H. W. **Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina**. San José, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas, 398 p. 1980.

FERNANDES, L.A. *et al.* Produção e níveis críticos de fósforo do feijoeiro cultivado em solos de várzea. **Ciência e Agrotecnologia**, v.25, p.1133-1141, 2001.

FILGUEIRA, F. A. R. **Manual de Olericultura**: cultura e comercialização de hortaliças. São Paulo, Agronômica Ceres, 1981. 357p.

FIGUEROA. E. A. **Efeito imediato e residual de esterco de ave poedeira em culturas de grãos**. Passo Fundo, 2008. 122p. Dissertação (Mestrado). Universidade de Passo Fundo.

FUNDO NACIONAL PARA A BIODIVERSIDADE – FUNBIO. Disponível em <<<http://www.funbio.org.br>. Parcerias>>. Acesso em 10/10/2008.

GOEDERT, W. J.; SOUSA, D. M. G. Uso eficiente de fertilizantes fosfatados. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Brasília, 1984. **Anais...** Brasília: EMBRAPA, 1984. p.206-255.

HELYAR, K. **Manejo da acidez do solo a curto e a longo prazos.** POTAFOS - Encarte Técnico. Informações Agronômicas, Piracicaba, n.104, 2003.

HUE, N. V; GRADDOCK, G. R.; ADAMS, F. Effect of organic acids on aluminum toxicity in subsoils. **Soil Science Society of America Journal**, v.50, p.28-34, 1986.

INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E FLORESTAS. Curitiba, PR. **Atlas do Estado do Paraná.** Curitiba: SEAB, 73p. 1987

KONZEN, E. A; Fertilização de lavoura e pastagem com dejetos de suínos e cama de aves. In: V SEMINÁRIO TÉCNICO DA CULTURA DE MILHO – Videira.– 2003. Disponível em <http://www.cnpms.embrapa.br>. Acesso em 27/10/2008

LEMOS, L. B. OLIVEIRA, R. S; SILVA, T. R. B. Características agronômicas e tecnológicas de genótipos de feijão do grupo comercial Carioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.319-326, 2004.

LIMA, S. F. **Comportamento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris L.*) submetido à aplicação foliar de doses de boro, molibdênio e zinco.** Lavras, 1997. 76p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Lavras.

LOPES, A.S. Uso de tecnologia moderna na preservação do meio ambiente. In: I SIMPÓSIO NACIONAL DO SETOR DE FERTILIZANTES, São Paulo, 1997, **Anais...** São Paulo: ANDA, IBRAFOS, 1994. p.247-280.

MAGALHÃES, J. C. A. J.; MELLO, F. A. F.; THOMAZI, M. D. Avaliação agronômica de fosfatos naturais com ênfase para solos sob vegetação de cerrado: **Revista de Agricultura**, v.62, p.61-89, 1987.

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

MALAVOLTA, E.; HAAG, H. P.; MELLO, F. A. F.; BRASIL SOBRINHO, M. O. C. **Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas.** São Paulo, Ed. Pioneira, 1974. 727p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** Orlando: Academic, 1995. 889p.

MASTHAN, S. C.; MOHAMMAD, S.; REDDY, S. N. Influence of phosphorous application rates on nutrient uptake by crops and balance of soil phosphorous in rice-groundnut-green-gram intensive cropping system. **Crop Research Hisar**, v.16, p.10-16, 1998.

MATOCHA, J.E.; CONRAD, B.E.; REYES, L.; THOMAS, G.W. Residual value of phosphorus fertilizer on a calcareous soil. **Agronomy Journal**, v.62, p.572-574, 1970.

MEDEIROS, M. B *et al.* Trofobiose e proteção de plantas com biofertilizantes. **In: CURSO DE CAPACITAÇÃO EM AGRICULTURA ORGÂNICA**, São Paulo, 2004. p.79-87.

MIRANDA, L. N.; MIRANDA, J. C. C. Efeito residual do calcário na produção de milho e soja em solo Glei Pouco Húmico. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v.24, p.209-215, 2000.

MINEROPAR, Geologia do Paraná. Disponível em: <<<http://www.mineropar.pr.gov.br>>> Acesso em 10/07/2008

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. **Notícias**. Disponível em: <<<http://www.agricultura.gov.br>>> Acesso em 12/10/2008

MORAES, J.F.L.; BELLINGIERI, P.A.; FORNASIERI FILHO, D. and GALON, J.A.. Efeito de doses de calcário e de gesso na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. carioca-80. **Sciencia. agricola**. v. 55, p. 438-447, 1998.

OLIVEIRA, S. A. S. **Aplicação foliar de nitrato e de microorganismos eficazes (EM) e seus efeitos sobre a partição de nutrientes em variedades de milho (*Zea mays* L.) cultivadas com resíduos industriais**. Rio de Janeiro, 2006.70p. Dissertação (Mestrado)Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

PAIVA, D. P. Reutilização da cama de aviário e suas implicações ambientais. **In: Tema de Painel**. Florianópolis, 2005. Disponível em www.embrapa.gov.br/imprensa/noticias/2005/folder. Acesso em 25/10/2008

PARANÁ. **Mapa dos depósitos minerais no Estado do Paraná**. Secretaria de Estado da Indústria e Comércio. MINEROPAR, 1986. Disponível em <http://www.mineropar.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo>. Acesso em 16/07/2008.

PAVAN, M. A. et al. **Manual de análise química de solo e controle de qualidade**. IAPAR, Londrina, 1992. 40p.

PEGORER, et al. Informações sobre o uso de E.M (Microorganismos Eficazes) – **In: AGRICULTURA NATURAL MESSIÂNICA** – Fundação Mokiti Okada – Rio de Janeiro, 1995. 14p.

PESSOA, A. C. S. **Atividade de nitrogenase e redutase do nitrato e produtividade do feijoeiro em resposta à adubação com molibdênio e fósforo.** Viçosa, 1998. 151p. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Viçosa.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico de solos: a agricultura em regiões tropicais.** São Paulo: Nobel, 1985. 269p.

QUAGGIO, J. A. Métodos de aplicação do calcário em culturas anuais e perenes. In: SIMPÓSIO SOBRE APLICAÇÃO DE CALCÁRIO NA AGRICULTURA, 1986, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1986. p.21.

QUAGGIO, J. A. **Acidez e calagem em solos tropicais.** Campinas, Instituto Agrônomo, 2000. 111p.

QUAGGIO, J.A.; RAIJ, B. van. Determinação do pH em cloreto de cálcio e da acidez total. In: RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. (Ed.). **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais.** Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. p.181-188.

QUISPE, J.F.S. **Eficiência agronômica de fosfatos com solubilidade variável em água em solos distintos quanto a capacidade de fixação de fósforo.** Piracicaba: 2004. 57p. Dissertação (Mestrado), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação.** Piracicaba, Ceres, 1991. 343p.

RAMAMURTY, V.; SHIVASHANKAR, K. Residual effect of organica matter and phosphorous on growth, yield and quality of maize (*Zea mays*). **Indian Journal of Agronomy**, v.41, p.247-251, 1996.

RAO, P. G. et al. Residual effects of phosphorous sources and levels in cereal-legumes sequence. **Indian Journal of Agronomy**, v.36, p.169-172, 1991.

REYES, I. et al. Effect of nitrogen source on the solubilization of different inorganic phosphates by an isolate of *Penicillium rugulosum* and two UV-induced mutants. **FEMS Microbiology Ecology**, v.28, p.281-290, 1999.

RIBEIRO, M. de F. dos S. et al. Caracterização da Região In: MERTEN, G. H . **Manejo de solos de baixa aptidão agrícola no Centro – Sul do Paraná.** Londrina: IAPAR, 1994. p.7-21.

RODRIGUEZ, H.; FRAGA, R. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. **Biotechnology Advances**, v.17, p.319-339, 1999.

SANTOS, R. H. S. **Crescimento, produção e qualidade de alface (*Lactuca sativa*) cultivada com composto orgânico**. Viçosa, 1993. 114p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa.

SANTOS, R. H. S.; CASALI, V. W. D.; CONDÉ, A. R.; MIRANDA, L. C. G. de. Qualidade de alface cultivada com composto orgânico. **Horticultura Brasileira**, v.12, p.29-32, 1994 .

SEAB – SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO. **Normativa sobre uso de calxisto**. Disponível em <<http://www.seab.pr.gov.br/arquivos/File/PDF/port_66_94.pdf>> Acesso em 16/07/2008

SEVERINO, L. S. et al. Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. v.5, p. 650-655 2004.

SILVA, V. **Variáveis de acidez em função da mineralogia do solo**. Curitiba, 2006. 98p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná.

SILVA FILHO, G.N.; NARLOCH, C.; SCHARF, R. Solubilização de fosfatos naturais por microrganismos isolados de cultivos de *Pinus* e *Eucalyptus* de Santa Catarina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.847-854, 2002.

SILVEIRA, P. M. et al. Amostragem e variabilidade espacial de características químicas de um latossolo submetido a diferentes sistema de preparo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.2057-2064, 2000.

SIX – Superintendência de Industrialização do Xisto. Disponível em <<<http://www2.petrobras.com.br/minisite/refinarias/portugues/six>>> Acesso em 10/09/2008.

SOUZA, C. R. **Biodisponibilidade e transformações de formas de fósforo em camas de aviário por meio de fracionamento químico e ressonância magnética nuclear do P**. Viçosa, 2004. 84p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa.

SOUZA, J.L. **Agricultura Orgânica**. Vitória, EMCAPA, 1998. Tecnologias para produção de alimentos saudáveis, v.1, 2006. 176p.

SPOSITO, G. **The chemistry of soils**. New York, Oxford University Press, 1989. 277p.

TESSARO, C. L. **Preparação de fertilizante potássico de liberação lenta a partir de rejeito de xisto**. Curitiba, 1998. 76p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Paraná.

WHITELAW, M. A.; HARDEN, T. J.; HELYAR, K. R. Phosphate solubilization in solution culture by the soil fungus *Penicillium radicum*. **Soil Biology and Biochemistry**, v.31, p.655-665, 1999.

WUTKE, A. C. P. & GARHANTINI, H. Avaliação das possibilidades de escórias de siderúrgica como corretivos de acidez dos solos. **Bragantia**, v.46, 795-805p, 1992.